

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**Posouzení vlivu vybraných faktorů na kostní denzitu a geometrii proximálního femuru
u postmenopauzálních žen**

Diplomová práce
(Magisterská)

Autor: Bc. Adéla Jeřábková, Učitelství pro základní školy, tělesná výchova – učitelství
českého jazyka

Vedoucí práce: Mgr. Aleš Gába, Ph.D.

Olomouc 2013

Jméno a příjmení autora: Bc. Adéla Jeřábková

Název diplomové práce: Posouzení vlivu vybraných faktorů na kostní denzitu a geometrii proximálního femuru u postmenopauzálních žen

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí práce: Mgr. Aleš Gába, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2013

Abstrakt: Hlavním cílem této diplomové práce je vyšetření a analýza stavu kostní tkáně proximálního femuru, pohybové aktivity, tělesného složení a svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu u skupiny postmenopauzálních žen. Výzkumný soubor tvořilo 53 postmenopauzálních žen, průměrný věk probandek byl $62,00 \pm 4,92$ let. Kostní denzita (BMD) a tělesné složení byly měřeny pomocí přístroje Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) s továrním softwarem GE enCORE verze 12.20.023. Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčelního kloubu byla měřena použitím izokinetického dynamometru IsoMed 2000. Týdenní pohybová aktivita (PA) byla zaznamenána pomocí akcelerometru ActiGraph GT1M. Pearsonova korelační analýza ($p < 0,05$) prokázala, že se BMD s narůstajícím věkem snižuje. Statisticky významný vztah nebyl zjištěn mezi BMD a PA střední intenzity. Statisticky významný vztah jsme zaznamenali mezi BMD a tělesným tukem (BFM), naopak signifikantní závislost nebyla nalezena mezi BMD a štíhlou tělesnou hmotou (LBM). Signifikantní závislost nebyla registrována ani mezi BMD a silou extenzorů kyčelního kloubu.

Klíčová slova: kostní tkáň, osteoporóza, DXA, tělesné složení, pohybová aktivita, svalová síla

Diplomová práce byla zpracována v rámci řešení výzkumného grantu IGA FTK UP v Olomouci FTK_2012:025 „Izokinetická síla jako faktor kvality kostní tkáně proximálního femuru u žen po menopauze“.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb.

Autor's first name and surname: Bc. Adéla Jeřábková

Title of the bachelor thesis: Impact assessment of selected factors on bone mineral density and geometry of the proximal femur in postmenopausal women

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Aleš Gába, Ph.D.

The year of presentation: 2013

Abstract: The aim of the thesis is to examine and analyse the condition of bone tissue of proximal femur, physical activity, body composition and muscle strength of the hip flexors and extensors among postmenopausal women. The research was conducted on 53 postmenopausal women whose average age is 62.00 ± 4.92 years. Bone mineral density (BMD) and body composition were measured by Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) machine with GE enCORE engineering software version 12.20.023. Unilateral concentric strength of flexors and extensors of hip bone was measured by isokinetic dynamometer IsoMed 2000. A week-long physical activity was recorded by accelerometer ActiGraph GT1M. Pearson Correlation ($p < 0,05$) proved the fact that the BMD decreased with age. As for statistics, there was not found any significant relation between BMD and PA of the middle intensity. However, the significant relation between BMD and body fat mass (BFM) was recorded. The significant dependency between BMD and lean body mass (LBM) was not found. Significant dependency between BMD and strength of hip extensors was not registered neither.

Keywords: bone tissue, proximal femur, osteoporosis, DXA, body composition, physical activity, muscle strength

The diploma thesis was elaborated under the research grant IGA FTK UP in Olomouc FTK_2012:025 "The influence of isokinetic strength on bone tissue of proximal femur in postmenopausal women".

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Aleše Gáby, Ph.D. a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 1. 7. 2013

.....

Děkuji především vedoucímu mé diplomové práce Mgr. Aleši Gábovi, Ph. D. za odborné vedení, cenné rady a především vstřícný přístup po celou dobu zpracovávání diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat za finanční podporu výzkumné části diplomové práce, která byla finančně podpořena výzkumným projektem „Izokinetická síla jako faktor kvality kostní tkáně proximálního femuru u žen po menopauze (FTK_2012:025)“. A v neposlední řadě patří poděkování mé nejbližší rodině a přátelům za podporu nejen během studia.

OBSAH:

1 ÚVOD	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ	9
2.1 Kosterní soustava	9
2.1.1 Stavba kosti	9
2.1.2 Osifikace.....	11
2.1.3 Kostní věk	12
2.1.4 Osteoporóza.....	13
2.1.5 Diagnostika osteoporózy	13
2.1.6 Denzita kostní tkáně	14
2.1.7 Geometrie proximálního femuru	15
2.2 Faktory ovlivňující kvalitu kostní tkáně.....	18
2.2.1 Genetické faktory	18
2.2.2 Věk	19
2.2.3 Výživa	20
2.2.4 Pohybová aktivita.....	22
2.2.5 Tělesné složení	25
2.2.6 Svalová síla	28
3 CÍLE A HYPOTÉZY	31
3.1 Hlavní cíl	31
3.2 Dílčí cíle	31
3.3 Hypotézy	32
4 METODIKA VÝZKUMU	35
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	35
4.2 Měření kostní denzity a posouzení tělesného složení	35
4.3 Monitorování pohybové aktivity	36
4.4 Hodnocení svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu	37
4.5 Statistické zpracování dat	38
5 VÝSLEDKY	39
5.1 Základní charakteristika souboru	39
5.2 Vliv věku probandek na hustotu kostní tkáně proximálního femuru	40
5.3 Vliv pohybové aktivity na hustotu kostní tkáně proximálního femuru.....	42
5.4 Vliv tělesného složení na hustotu kostní tkáně proximálního femuru	46

5.5 Vliv svalové síly na hustotu kostní tkáně proximálního femuru.....	48
6 DISKUZE.....	51
7 ZÁVĚRY.....	56
8 SOUHRN.....	57
9 SUMMARY.....	59
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	61

1 ÚVOD

V současné době dochází k neustálému prodlužování lidského věku. Stárnutí je doprovázeno involučními změnami, které mohou významně ovlivnit kvalitu lidského života. Tyto změny jsou především geneticky zakódovány, ale významný vliv mají i další vnější faktory. Důležitým mezníkem v životě ženy je klimakterium, které je spojeno s řadou hormonálních a tělesných změn. Tyto změny se mohou projevit nejen v kvalitě kostní tkáně, tělesném složení, ale i v aktivním či inaktivním životním stylu žen. V prezentované diplomové práci se zaměříme na posouzení vlivu vybraných faktorů na kostní tkáň u postmenopauzálních žen. Na období života po menopauze a faktory, které jej výrazně ovlivňují, se orientuje mnoho studií, což svědčí o aktuálnosti tohoto tématu.

Při predikci rizika vzniku osteoporózy je nutné zaměřit se na vztah mezi věkem, pohybovou aktivitou, tělesným složením, svalovou silou a denzitou kostní tkáně. Kvalitu kostní tkáně můžeme výrazně zvýšit pomocí pohybové aktivity, která následně ovlivňuje v rámci tělesného složení zastoupení jednotlivých tělesných frakcí. Pro kvalitu kostní tkáně je význam pohybové aktivity zásadní již od dětství. Čím více kostní hmoty si v tomto období vytvoříme, tím menší je riziko vzniku osteoporózy. S postupným stárnutím se však objem a intenzita pohybové aktivity snižuje. Pro populaci postmenopauzálních žen představuje deficit pohybové aktivity zásadní faktor, který ovlivňuje kvalitu jejich života. Nedostatek pohybové aktivity může vést k obezitě a inaktivitě.

Předpokladem prevence osteoporózy je znalost faktorů, které mohou přispívat k vzniku tohoto onemocnění. V rámci diplomové práce se snažíme prezentovat přehled jednotlivých faktorů a následně předkládáme jejich působení na kostní tkáň.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Kosterní soustava

Kosterní soustava spolu se soustavou svalovou tvoří jeden celek, poskytuje oporu a umožňuje pohyb (Křivánková & Hradová, 2009). Lidská kostra obsahuje asi 220 kostí a tvoří 15% podíl z celkové tělesné hmotnosti (Bartl & Frisch, 2009).

Pohybový systém lze dle Binovského (2003) rozčlenit na čtyři funkčně nedělitelné složky pohybového systému:

opěrnou (pasivní) – kosti a klouby,

výkonnou (aktivní) – svaly a šlachy,

řídící (regulační) – centrální nervová soustava a periferní nervový systém,

zásobovací (infrastrukturální) – cévy zabezpečující přísun látek potřebných pro činnost pohybového systému.

Kosterní soustavu tvoří soubor kostí. Kostí jsou pevné, tvrdé a v určitém rozmezí i pružné orgány, jež mají žlutobílou barvu. Kostí spolu s chrupavkami, kloubními a vazivovými spoji vytváří pasivní pohybový aparát (Čihák, 2011). Kost představuje metabolicky aktivní orgán, plní funkci mechanické opory, vytvářející prostor pro kostní dřev, zajišťující homeostázu kalcia a účastnící se úpravy acidobazické rovnováhy (Kalvach et al., 2004).

2.1.1 Stavba kostí

Kost se skládá z buněk a mezibuněčné hmoty. Mezibuněčná hmota obsahuje dvě složky: ústrojná složka, ossein, kterou tvoří svazky kolagenních fibril stmelené základní amorfní hmotou. Do této ústrojné složky se ukládá druhá složka, jež je neústrojná. Ta je tvořena krystaly solí, dodává kosti tvrdost a pevnost při zachování jisté pružnosti. Během života se poměr mezi osseinem a minerální složkou mění. Neústrojných solí postupně přibývá, proto jsou kosti v mládí pružnější, kdežto v pozdním věku jsou křehké (Čihák, 2011).

Kostní tkáň (textus osseus) je tvořena nepravidelným pletivem nebo je uspořádána v lamely. Podle tohoto uspořádání pak rozlišujeme substantia spongiosa neboli vláknitá, houbovitá kostní trámčina, jež se u člověka vyskytuje v prvotních stádiích ontogeneze (Přidalová & Riegerová, 2008). Fibrilární, vláknitá, kost je v dospělosti zachována pouze

ve stěně vnitroušního labyrintu, při švech lebečních kostí a také v místech kostních drsnatin při úponech svalů a vazů (Čihák, 2011).

Substantia compacta neboli tkáň hutná, plášťovitá, vytváří u člověka kost lamelární, která je uspořádána do soustředných nebo trubicovitých lamel (Přidalová & Riegerová, 2008). Tato tkáň tvoří vnější vrstvu dlouhých kostí, je velmi tvrdá a vyznačuje se pomalým metabolismem (Bartl & Frisch, 2009). Až dvacet koncentricky uspořádaných lamel kolem centrálního Haversova kanálku tvoří osteony čili Haversovy systémy. Haversovy systémy představují základní stavební a funkční jednotku kompaktní kosti. Mezi lamelami se nachází lakuny pro osteocyty. Osteocyty přežívají ze všech kostních buněk nejdéle a jsou asi 1 000krát četnější než osteoklasty a 10krát četnější než osteoblasty. V průběhu stárnutí dochází k úbytku osteocytů. Začínají se tvořit právě výše zmíněné lakuny, dále dochází k mineralizaci perilakunárních prostor a vyplnění kanálků mineralizovaným pojivem, následně se zvyšuje křehkost kostí (Blahoš, 2011). Haversův kanálek je vyplněn řídkým vazivem a různými typy pojivových buněk, středem kanálku probíhají jedna až dvě cévy doprovázené nervovými vlákny. Haversovy kanálky jsou propojeny příčnými a šikmými spojkami, zvanými Volkmannovy kanálky, jimiž do nich vstupují cévy a nervy (Přidalová & Riegerová, 2008).

Dutiny uvnitř kostí vyplňuje kostní dřev (medulla ossium). Jedná se o měkkou tkáň, jejíž hlavní funkcí je tvorba krve. Červená kostní dřev se skládá ze sítě retikulárního vaziva, které je protkané širokými krevními vlásečnicemi (Čihák, 2011). Do této sítě jsou vloženy mateřské buňky pro tvorbu erytrocytů, granulocytů a část lymfocytů. Taktéž zde vznikají krevní destičky. Červená kostní dřev se nachází ve spongiose kloubních konců dlouhých kostí, ve spongiose krátkých kostí, v žebrech, sternu, kostech pánevních a diploe. Z červené kostní dřevě vzniká kostní dřev žlutá, kdy je retikulární vazivo červené dřevě prostupováno tukovými buňkami, tím se červená kostní dřev mění na žlutou. Kolem dvacátého roku věku je žlutá kostní dřev v dřevných dutinách dlouhých kostí, tedy kromě proximálního konce humeru a femuru. V procesu stárnutí dochází ke ztrátě tuku a ze žluté kostní dřevě se stává šedá kostní dřev (Přidalová & Riegerová, 2008).

Povrch kosti (kromě míst, kde je kost spojena se svalem a kloubní konce kostí kryté chrupavkou) kryje periost. Jedná se o tuhou, pevnou, vazivovou vrstvu, která je nestejně silná. Ke kosti je pevně přilnuta pomocí kolagenních Sharpeyových vláken. Periost má fibrózní (zevní) a kambiovou (vnitřní) vrstvu. Kambiová vrstva obsahuje osteoblasty, jejichž činností kost přirůstá apozičně do tloušťky. Periost představuje biologicky a mechanicky významnou složku kosti s význačnou kostitvorbou, která se uplatňuje i během regenerace (Přidalová

& Riegerová, 2008). Na pevnosti kosti se podílí jednak množství kostní hmoty, jednak kvalita kosti, v níž je zahrnuta architektura, mineralizace, organická matrix a stav mikropoškození. Integrita skeletu je závislá na remodelaci kosti, permanentní kontrolované resorpci kosti osteoklasty s následnou náhradou kosti pomocí osteoblastů. Kostní remodelační jednotky jsou diskrétní úseky, v nichž dochází k remodelaci. Nerovnováha mezi resorpcí a formací vede k osteoporóze, převažuje-li osteoresorpce. Na celé přestavbě se podílí řada růstových faktorů, cytokinů, systémových peptidů a steroidních hormonů, které regulují diferenciaci nezralých prekurzorových buněk a aktivitu zralých buněk do osteoklastické i do osteoblastické řady. Celý remodelační cyklus trvá přibližně 4 měsíce. U starých osob s osteoporózou je fáze novotvorby kosti zpomalena. Osteoklasty a osteocyty zahajují na podkladě mikrotrhlin ve stárnoucí kosti proces osteoresorpce. V tomto stádiu jsou důležité tzv. lining cells. Lining cells se stáhnou z povrchu kosti a následně vyšlou signály k prekurzorům osteoklastů a dojde ke zvýšení počtu a aktivity osteoklastů. Aktivované osteoklasty působí na kostní minerál, a to tak, že ho rozpouští a degradují osteoid (Kalvach et al., 2004). 60 až 80 % osteoklastů a osteoblastů zanikne apoptózou. Zbylé osteoblasty vytváří lemuující buňky nebo se zabudují jako osteocyty s výběžky do mineralizované kosti (Blahoš, 2011).

2.1.2 Osifikace

Za fylogeneze se zachoval dvojí vznik kostí. Při desmogenní osifikaci vznikaly první kosti v podkožním vazivu jako dermální štíty kryjící tělo. Takové kosti jsou nazývány jako primární, krycí kosti. Následovala osifikace chondrogenní, kdy kosti vznikaly jako součást hlubokého skeletu a zpočátku byly chrupavčité, následně pak byly nahrazeny kostí. Jsou proto nazývány jako kosti sekundární, krycí. V embryonálním vývoji člověka jsou oba typy osifikace zachovány. Osifikace dlouhých kostí začíná jako perichondrální osifikace uprostřed kosti, následuje osifikace enchondrální uvnitř chrupavky příštího těla kosti. Osifikace začíná v osifikačním jádru, odkud se pak šíří k oběma diafýzám. Konce dlouhých kostí mají svá vlastní osifikační jádra, ze kterých osifikují a vznikají tak epifýzy. Z epifyzárních růstových chrupavek, které se nacházejí mezi epifýzami a diafýzou, přirůstá kost do délky (Přidalová & Riegerová, 2008). Kostra se tedy během celého života mění. V průběhu dětství a dospívání se mění její velikost, tvar a další složky během procesu růstu, modelování a přestavby kosti. Tento proces je ukončen uzávěrem epifyzárních štěrbin na konci puberty (Vyskočil & Blahoš, 2011). Epifyzární chrupavky pak mizí mezi 14. až 18. rokem věku (Přidalová & Riegerová, 2008). Po této fázi následuje období konsolidace

po dobu 5–10 let, které závisí na stupni mineralizace skeletu. Konsolidace trvá, dokud není dosaženo maximální definované kostní hmoty (peak bone mass, PBM) (Vyskočil & Blahoš, 2011). K budování PBM dochází od narození do cca 25. až 30. roku věku, jak uvádí Jenšovský (2007). Kostní hmota je důležitý parametr síly kostí. Vztah mezi kostní denzitou (dále jen BMD, bone mineral density, g/cm^2) a strukturální silou kostí se vyskytuje u všech věkových kategorií. Adolescenti s nízkou kostní hmotou mají větší riziko zlomeniny, než mladí s vysokou kostní hmotou (Heaney et al., 2000). Kvalita kostní tkáně ve vyšším věku v podstatě záleží na množství hmoty vytvořené během dospívání. U žen je maximální (BMD) dosažena v 22 letech věku a PBM přibližně o 4 roky později (Teegarden et al., 2005).

2.1.3 Kostní věk

Skutečný stupeň reálného individuálního zestárnutí organismu charakterizujeme pomocí biologického věku. Biologický věk (BV) lze určit pomocí měření funkceschopnosti fyziologických systémů. Lze ho také použít jako indikátor předčasného stárnutí, a tím i indikátor rizika onemocnění. Systémy měření věku byly zpravidla vytvořeny na základě jednorázových studií bez následného ověřování na stejném souboru jedinců. Systémy měření a získané výsledky tedy byly odvozeny z na sobě zcela nezávislých studií na větším počtu lidí. Tyto výsledky byly následně publikovány, aniž by vznikl šíře uznávaný standard pro měření BV (Krátká, 2007). BV charakterizuje celkový stav růstu a vývoje jedince. Lze jej určit několika způsoby, například jako věk růstový, zubní, kostní, vývinový a proporcionální (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Proces stárnutí se však výrazně projevuje i na kostech. V základní testové baterii měření BV by nemělo chybět vyšetření BMD. Výsledky denzitometrického měření jsou v korelaci s věkem kalendářním a případné odchylky by mohly pomoci stanovit individuální BV (Krátká, 2007).

Biologický kostní věk zjišťujeme také na základě osifikace různých oblastí skeletu. Osifikace se děje z osifikačních center a probíhá v relativně přesných časových intervalech vývoje dítěte. 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 difference napovídá o nepřiměřenosti vývoje skeletu (Přidalová & Riegerová, 2008).

2.1.4 Osteoporóza

Osteoporóza je systémové metabolické onemocnění skeletu. Pro toto onemocnění je charakteristická porucha mechanické odolnosti kosti (Štěpán, 2005). V důsledku tohoto onemocnění se zvyšuje riziko fraktury. Dochází k redukci BMD a k porušení mikroarchitektury kosti (Karabulut, Tencer, Karabulut, Hatipoğlu, Nazaroğlu, & Akkuş, 2010). Raná osteoporóza většinou není diagnostikována a je bez symptomů. Klinicky se neprojeví, dokud nedojde k fraktuře. Osteoporóza je třikrát běžnější u žen než u mužů. Částečně proto, že ženy mají nižší maximum kostní hmoty, a částečně proto, že osteoporóza souvisí s hormonálními změnami během menopauzy. Estrogen má důležitou funkci v zachování kostní hmoty během dospělosti. Osteoporóza je tedy definována jako snížení BMD o $\leq 2,5$ směrodatné odchylky (SD) než je průměr u zdravých mladých jedinců stejného pohlaví (World Health Organization, 2003). Za předstupeň osteoporózy označujeme osteopenii, která je definována jako nižší hladina BMD než je norma (Allen, Johnstone, Rice, & Marsh, 2011). Světová zdravotnická organizace (WHO) ji definuje jako BMD v rozmezí 1 až 2,5 SD (World Health Organization, 2003).

2.1.5 Diagnostika osteoporózy

Jakmile byl ukončen růst, zůstává kostní hmota a BMD relativně konstantní, a to přibližně až do 50 let u žen a do 65 let u mužů. Distribuce minerální složky nebo BMD mladých zdravých dospělých je přibližně normální bez ohledu na použité měřicí techniky. Individuální hodnoty BMD jsou vyjádřeny ve vztahu k referenční populaci ve směrodatných odchylkách. Tím se snižuje vliv rozdílů v kalibraci mezi přístroji. Standardní odchylky užívané ve vztahu k mladé zdravé populaci nazýváme *T*-skóre (World Health Organization, 2003). Množství kostní hmoty lze kvantitativně hodnotit měřením BMD v predilekčních místech zlomenin. Avšak stále postrádáme uspokojivou klinickou metodu kvantitativního hodnocení kvality kosti. Diagnostika osteoporózy se tedy omezuje na osteodenzitometrické hodnocení stupně úbytku BMD v porovnání s hodnotami u mladých dospělých jedinců stejného pohlaví (Štěpán, 2005). Pro úplnost uvádíme kritéria klasifikace WHO (2003) pro diagnózu osteoporózy:

- **normální:** *T*-skóre je vyšší ≥ -1 ,
- **osteopenie:** hodnoty *T*-skóre se pohybují mezi < -1 a $> -2,5$,
- **osteoporóza:** hodnoty *T*-skóre $< -2,5$,

- „**těžká osteoporóza**“: T -skóre $< -2,5$ a jedna nebo více osteoporotických zlomenin.

Pomocnou jednotku, která umožňuje srovnání kostní denzity s populací stejného věku a pohlaví, představuje Z -skóre. Pokud je BMD na úrovni populace stejného věku a pohlaví, pak je Z -skóre rovno nule. Je-li hodnota Z -skóre pozitivní, pak je BMD vyšší než u běžné populace. Negativní hodnota Z -skóre poukazuje na sníženou BMD a z hlediska určení možné etiologie je nutné následné dovyšetření.

2.1.6 Denzita kostní tkáně

Kostní denzita může do určité míry predikovat sílu kostí a zároveň riziko zlomenin (Baum, Carballido-Gamio, Huber et al., 2010). Avšak, jak jsme již zmínili výše, výsledky měření kostní denzity korelují s kalendářním věkem a lze jimi stanovit BV. Osteodenzitometrie má tedy své opodstatnění i u osob, které zajímá preventivní zhodnocení stavu skeletu. Jedná se tedy o změření skutečného BV kostí a následné posouzení vlivu opatření a prostředků pro zpomalení stárnutí (Krátká, 2007). Lidská kostra dosahuje maximálních hodnot BMD mezi 25–30 roky věku (Bartl & Frisch, 2009). Přibližně 60–80 % je determinováno geneticky (Bartl & Frisch, 2009; Brown, Streeten, Shapiro et al., 2005; Vyskočil & Blahoš, 2011). Zbývajících 20–40 % ovlivňují další činitelé, jako je stravování a pohybová aktivita. Kolem 30. roku věku nastává negativní kostní bilance, kdy dochází ke ztrátě kostní tkáně o 1 % každý rok nezávisle na pohlaví. Měření denzity trabekulární kosti ve věkovém rozmezí 20 až 80 let vykazuje ztrátu přibližně až 50 %. Tato ztráta je podle všeho geneticky naplánovaná. Avšak vyskytují se i výrazné rasové rozdíly, vyšší hodnoty byly naměřeny u Američanek černé pleti než u bělošek, nejnižší hodnoty byly zjištěny Asiatické a Japonek (Bartl & Frisch, 2009). Hwang, Park, Lee, Han a Ro (2012) uvádí ve své studii rozdíly mezi BMD proximální části pravého a levého femuru. Za důvody rozdílů považují například genetické faktory, imobilizaci, osteoartritidu, ale i vliv dominantní končetiny či jednostranné zatížení končetiny v rámci určitého sportu.

Měření kostní denzity v různých částech kosterního skeletu umožňuje predikovat riziko pozdějších zlomenin u jedinců trpících osteoporózou (Gnudi, Malavolta, Testi, & Viceconti, 2004). Již 10% pokles BMD zdvojnásobí riziko zlomeniny těla obratlů a až ztrojnásobí riziko zlomeniny collum femoris. Jestliže k zlomenině dojde, pak vyšetření kostní denzity potvrdí diagnózu osteoporózy a determinuje její stupeň (Bartl & Frisch, 2009). BMD měříme pomocí duální rentgenové absorpciometrie (dále jen DEXA) a je vyjádřena

v gramech na centimetr čtvereční. Diagnóza se určuje, jak již zmiňujeme výše, podle nejnižšího *T*-skóre. Získaná data vycházejí ze screeningových měření, proto má tento způsob klasifikace jistá omezení. V osteopenické skupině lze totiž nalézt absolutně vyšší počet jedinců se zlomeninami, naproti tomu se v osteoporotické skupině vyskytuje část jedinců, kteří zlomeniny nemají a ani je v budoucnosti neutrpí (Vyskočil & Pavelka, 2011). Vyšetřuje se obvykle proximální femur, bederní obratle a oblast předloktí. Toto vyšetření se však z časových a finančních důvodů provádí pouze na jedné straně (Hwang et al., 2012). Pomocí DEXA lze změřit tedy libovolnou část těla, eventuálně celotělový obsah minerálu. Ve většině případů se měří obratlová těla L₁–L₄, předloktí, kyčelní kloub, collum femoris a přilehlé oblasti (Vyskočil & Kutílek, 2000). Avšak pomocí hodnot BMD nelze zachytit všechny faktory přispívající k pevnosti kosti. Těmito faktory jsou: makrostruktura kortikální kosti, trabekulární kostní mikroarchitektura, kumulace mikropoškození a stupeň mineralizace kosti či úroveň kostního obratu. Snaha vytvořit funkční hodnocení, které odpovídá riziku klinických zlomenin, vedla k vývoji FRAX (Fracture Risk Assessment Tool) a k hledání zobrazovacích metod, jako je například mikroQCT a kvantitativní MRI s vysokým rozlišením, 3D zobrazení trabekulární architektury. K hodnocení trabekulární kostní mikroarchitektury lze použít také dvou-rozměrnou 2D projekci. Tu lze získat při použití standardních RTG snímků nebo ze snímků DXA (Vyskočil, & Pavelka, 2011). V České republice v podstatě neexistuje systematický primární ani sekundární screening osteoporózy, kdežto v USA je vyšetření BMD doporučeno u všech žen nad 65 let. Také zkoumají vhodnou délkou intervalu, po kterém je nutné opakovat denzitometrické vyšetření (www.osteoporoza.cz).

2.1.7 Geometrie proximálního femuru

Geometrie proximálního femuru představuje rozhodující faktor pro rozložení zátěže u kyčelního kloubu a dokáže predikovat riziko zlomenin v oblasti collum femoris a trochanter major (Koudela, Kasal, Matějka, & Vyskočil, 2009). Femur je nejmohutnější a nejdelší kost lidského těla (Dylevský, Druga, & Mrázková, 2000). Skládá se z caput femori, collum femoris, corpus femori a z kondylů, condylus medialis a condylus lateralis, které nesou kloubní plochy (Naňka & Elišková, 2009).

Proximální konec femuru tvoří caput femoris. Caput femoris má tvar koule, v jejím zadním kvadrantu je různě hluboká trojbohá jamka fovea capitis. K tělu se hlavice připojuje oploštělým collum femoris. Laterálně vybíhá velký chocholík (trochanter major femoris), který představuje významný orientační bod na dolní končetině. Jeho vrchol lze nahmatat

a orientuje nás tak o poloze hlavice femuru, respektive o fovea capitis, jež leží ve výši trochanteru. Mediálně dozadu se nachází malý chocholík, trochanter minor. Pod oběma trochantery, na zadní straně femuru, se nachází nápadná a rozsáhlá drsnatina tuberositas glutea. Vpředu spojuje oba trochantery drsná čára linea intertrochanterica, se kterou vzadu koresponduje kostní hrana crista intertrochanterica (Dylevský et al., 2000).

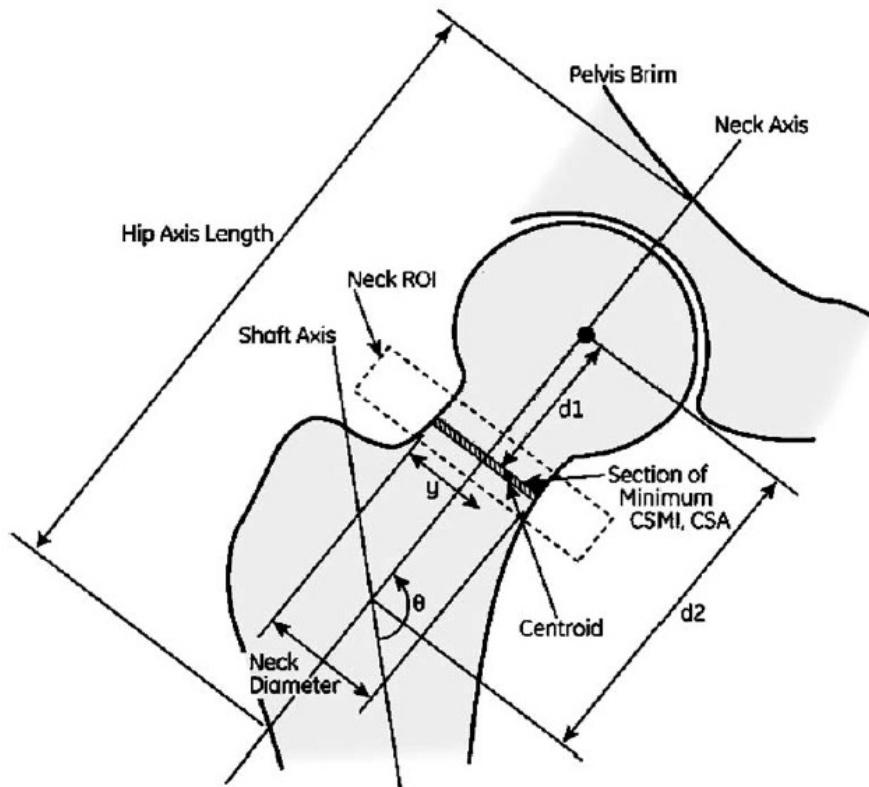
Caput femoris s collum femoris stehenní kosti jsou připojeny k tělu v úhlu 125° , tento úhel nazýváme kolodíafyzární (Naňka & Elišková, 2009). Kolodíafyzární úhel se v průběhu života zmenšuje. Nacházejí-li se hodnoty nad 135 stupni, mluvíme o valgózním postavení collum femoris. Jsou-li hodnoty pod 120 stupni, považujeme postavení collum femoris za varózní. Pohyb kyčelního kloubu ovlivňují i další úhly. Jedná se torzní úhel, anteverzní, respektive retroverzní úhel (Dylevský et al., 2000).

Při predikci rizika zlomeniny collum femoris proximálního femuru uvádí mnohé studie kromě vyšetření kostní denzity další významné parametry (obrázek 1). Jedná se o parametry geometrie proximálního femuru:

1. průřezový moment setrvačnosti (CSMI), udávané hodnoty v jednotkách mm^4
2. plocha příčného řezu (CSA), udávané hodnoty v jednotkách mm^2
3. vzdálenost od centra hlavice kyčelního kloubu do místa minimálního průřezového momentu, hodnoty udávané v jednotkách mm,
4. vzdálenost od těžiště k hornímu okraji collum femoris, hodnoty udávané v jednotkách mm,
5. délka osy kyčelního kloubu,
6. kolodíafyzární úhel, hodnoty udávané ve stupních,
7. průměr collum femoris (Gnudi et al., 2004; Faulkner et al., 2006; Horák & Píka, 2006; Nowakowski, Ochsner, & Majewski, 2010).

Geometrie kyčelního kloubu ovlivňuje tedy i vlastní výsledky měření kostní denzity. Valgozita v oblasti kyčelního kloubu je biomechanicky příznivější a snižuje riziko zlomeniny, ve srovnání s délkou collum femoris, kdy prodloužení collum femoris o více než jednu směrodatnou odchylku zvyšuje riziko zlomeniny více než 2,2krát. Měřenou plochu významně ovlivňuje také antevertze collum femoris. Čím větší bude antevertze, tím větší bude měřená plocha této oblasti (Koudela et al., 2009). Toto je často považováno za omezení (limit) metody DEXA, protože je měřena plošná kostní denzita – tzv. areální BMD. Z tohoto důvodu může vést případná vnitřní rotace v kyčelním kloubu o 10° k zmenšení měrné plochy a poklesu výsledných hodnot BMD collum femoris o $0,009 \text{ g/cm}^2$, trochanterické oblasti

o $0,005 \text{ g/cm}^2$ a Wardova trojúhelníku o $0,006 \text{ g/cm}^2$. Naopak vnější rotace o 10° souvisí s nárůstem BMD o $0,005 \text{ g/cm}^2$ (collum femoris), $0,003 \text{ g/cm}^2$ (trochanter major femoris) a o $0,036 \text{ g/cm}^2$ (Wardův trojúhelník) (Lekamwasam et al., 2003).



Obrázek 1. Parametry proximálního femuru

Zdroj: Faulkner et al. (2006)

poznámka: Centroid – těžiště, Hip Axis Length – délka osy kyčelního kloubu, Neck Axis – osa collum femoris, Neck Diameter – průměr collum femoris, Neck ROI – collum femoris, oblast zájmu, Pelvis Brim – okraj kosti pánevní, Section of Minimum CSMI, CSA – oblast minimálního průřezového momentu setrvačnosti, plocha příčného řezu, $d1$ – vzdálenost od centra hlavice kyčelního kloubu do místa minimálního průřezového momentu, y – vzdálenost od těžiště k hornímu okraji collum femoris, θ – kolodiafyzární úhel.

Většina fraktur se vyskytuje mezi lidmi, u kterých nebyla diagnostikována osteoporóza. U vzorku populace byly prováděny další testy, aby bylo objasněno, zdali kromě naměřené BMD nemohou poskytnout další informace o zlomeninách tohoto typu i rizikové faktory geometrie proximálního femuru. Studie tvrdí, že riziko trochanterických zlomenin může být vyloučeno, je-li založené na naměřené BMD, jejíž T -skóre je nižší než $-2,5 \text{ SD}$. Avšak užíváme-li pouze toto kritérium, mohou zlomeniny krčních obratlů zůstat

nediagnostikovány. Geometrické rizikové faktory naproti tomu vylučují fraktury obratlů i mezi jedinci mající T -skóre vyšší jak $-2,5$ SD (Pulkkinen, Partanen, Jalovaara, & Jämsä, 2012). Pravděpodobnost vzniku zlomeniny collum femoris lze predikovat dle indexu pevnosti proximálního femuru (FSI). FSI je biomechanická proměnná, která určuje, zdali je kost v oblasti collum femoris schopna odolat zatížení tlakovou silou způsobenou nárazem při pádu. Je-li $FSI \geq 1$, pak se jedná o normu, kdežto $FSI < 1$ značí patologické hodnoty. FSI lze definovat jako poměr odhadované meze pružnosti tlaku na collum femoris (δ_E) na očekávané napětí v tlaku při pádu na trochanter major, upraveno s ohledem na věk pacienta, hmotnost a výšku (δ_C) (Wendlová, 2010). Souvislost mezi geometrií proximálního femuru a zlomeninami kyčle zkoumali ve své studii také Im a Lim (2011), délka osy kyčle a kolodiafyzární úhel byl významně větší u pacientů s intertrochanterickou zlomeninou, zatímco u pacientů se zlomeninou collum femoris se žádný významný parametr nevyskytoval.

2.2 Faktory ovlivňující kvalitu kostní tkáně

2.2.1 Genetické faktory

Ve výskytu osteoporózy hraje významnou roli genetika. Jedná se o primární ukazatel při vzniku tohoto onemocnění. Je obecně známo, že muži mají vyšší hodnoty BMD než ženy. Jak u mužů, tak u žen se tyto hodnoty s přibývajícím věkem snižují. Tento trend byl zaznamenán u párů matka-dcera, což naznačuje, že genetika má velký vliv na výchozí hodnoty (Duchman & Berg, 2006). Nyní probíhá mapování QTL (quantitative trait loci) pro kostní denzitu. Nejvýznamnější kandidátní geny spojené s osteoporózou jsou: receptor estrogenů, apolipoprotein E, receptor pro kalcitonin, interleukin 6, calcium-sensing receptor, osteokalcin, receptor vitamínu D a další. Výsledky z populačně asociačních studií, analýz rodinných výskytů a studií dvojčat potvrzují, že heritabilita BMD v páteři a kyčelním kloubu je 70–85 %. Pro kosti předloktí je heritabilita 50–60 %. Geneticky je podmíněna i geometrie collum femoris, a to z 60–85 %. Genetické vlivy byly prokázány i v regulačních mechanismech. Laboratorní markery resorpce a novotvorby kostní tkáně jsou geneticky vázány velmi rozdílně. Existují i dědičné předpoklady pro riziko fraktury jako takové, tedy nezávislé na BMD. Avšak tyto hodnoty se pohybují mezi 20 až 35 % (Palička, Živný, & Friedecký, n. d.). Ralston a Uitterlinden (2010) ve své studii uvádí pojem genetická architektura osteoporózy. Jedná se o komplex nemocí s přispěním několik genů. Předpokládá se, že v některých populacích a rodinách mohou existovat varianty genů, jejichž účinek je

velký, avšak tuto domněnku nelze potvrdit. Těžká osteoporóza, kostní křehkost nebo abnormálně vysoké množství kostní hmoty může být také dědičné, a to jako výsledek vzácných mutací jednotlivých genů.

Zajímavé by také mohlo být zkoumání genetických podkladů reakce na léky. V této oblasti by mohly nové poznatky výrazně přispět k racionalizaci nákladné léčby, kterou osteoporóza vyžaduje (Palička, Živný, & Friedecký, n. d.).

2.2.2 Věk

S růstem sociekonomické úrovně a lékařské péče se prodlužuje průměrná délka lidského života. Život ženy se prodloužil až o 30 let a průměrná očekávaná délka života ženy je 79 let. Po 40. roce začíná u žen premenopauza. Jedná se o období začínající několik let před menopauzou, kdy se objevují první endokrinní známky nastupujícího klimakteria. Mezi 48. a 52. rokem přichází menopauza. Okolo 45. roku začíná s nástupem prvních klinických příznaků klimakteria perimenopauza, která končí jeden až dva roky po menopauze. Období od menopauzy do začátku senia (okolo 65. roku věku) nazýváme postmenopauzou. Po menopauze dochází k zrychlení metabolismu kosti. Zvyšuje se novotvorba kosti, avšak ještě více se zvyšuje resorpce kosti, jež může mít za následek vznik klimakterické osteoporózy. Tento typ osteoporózy postihuje především trabekulární kost (Živný, 2004). Berger, Langsetmo, Joseph et al. (2008) ve své studii uvádí, že kostní ztráty začaly u žen mezi 40. až 44. rokem věku. Obzvláště rychlé kostní ztráty byly zaznamenány v oblasti proximálního femuru u žen ve věku mezi 50. až 54. rokem. Zvýšení osteoresopce zapříčiňují ve vyšším věku tři zásadní faktory. U žen již kolem 50. roku věku prudce klesá produkce estrogenů, které se před menopauzou podílí na remodelaci kosti a zajišťují rovnováhu mezi tvrdostí a elasticitou kosti. Při nedostatku estrogenů převažuje nad produkcí inhibitorů cytokinů produkce cytokinů v osteoblastech a ve stromálních buňkách kostní dřene. V důsledku toho nedochází k dostatečnému vyplnění resorpční kavity osteoblasty, a tak se v každém remodelačním cyklu tvoří méně kosti, než bylo resorbováno. Rychlý úbytek kostní hmoty trvá asi 8–10 let. Poté se úbytek kostní hmoty zpomaluje tak, jak to odpovídá stárnutí. K absolutní převaze osteoresopce nad novotvorbou přispívá také imobilizace či nízká fyzická aktivita. V neposlední řadě přispívá ke zvýšené osteoresorpci dlouhotrvající sekundární hyperparatyreóza, která je zapříčiněna nedostatkem vápníku v potravě a nedostatečným zásobením vitamínem D (Krátká, 2007). U 75 % žen dochází ke ztrátě 2 % kostní hmoty za rok, zbývajících 25 % žen ztrácí dokonce až 6 % kostní hmoty (Živný, 2004).

Od 40. roku věku dochází k postupnému poklesu novotvorby kosti. Klesá životnost osteoblastů a zvyšuje se adipogeneze na úkor osteogeneze (Krátká, 2007). Téměř polovina žen po menopauze má zkušenost s osteoporotickou zlomeninou. 15 % žen utrpělo zlomeninu collum femoris proximálního femuru, u zbylých 25 % žen došlo k rozvoji obratlových deformit (Siris et al., 2006).

V praxi se však setkáme i s pojmem předčasná menopauza, pro kterou je typické přirozené zastavení menstruace před 45. rokem věku. S předčasnou menopauzou je statisticky významně spojena přítomnost osteoporózy u postmenopauzálních žen mladších 65 let. Vliv předčasné menopauzy na prevalenci osteoporózy ustupuje se vzrůstajícím věkem (Voort, 2003).

2.2.3 Výživa

Výživa je jedním z mnoha důležitých faktorů pro optimální zdraví kostí a prevenci osteoporózy. Mnohé studie prokazují pozitivní účinek diet založených na vysoké konzumaci ovoce a zeleniny na BMD. Živiny a vitamíny, zahrnující vitamín K, vitamín C, fosfor, draslík, hořčík, proteiny a sodík, jsou důležité pro zachování zdraví kostí (Ahmadieh & Arabi, 2011).

Vitamín D je látkou s širokou škálou hormonálních efektů. Cílovými tkáněmi pro tento vitamín jsou kosti, ledviny, tenké střevo, příštítná tělíska, kůže, pankreas, gonády, mozek, krvevorný a imunitní systém. Zdrojem vitamínu D₂ (ergokalciferol) je potrava. Vitamín D₃ (cholecalciferol) vzniká v epidermis z 7-dehydrocholesterolu po ozáření UV paprsky. Hladiny vitamínu D v průběhu života klesají z průměrné hodnoty 100 nmol/l u mladých dospělých na polovinu u osob nad 70 let. V průběhu stárnutí dochází ke snižování receptorů pro vitamín D a dále také ke snižování jejich senzitivity pro tento vitamín. Zvýšená expozice slunci nemusí tedy vést k větší syntéze vitamínu D. U mladých žen se tvoří až 4krát více vitamínu D než u žen ve vyšších deceniích po srovnatelné expozici. V USA je mnoho potravin uměle fortifikováno vitamínem D, proto jsou zde hladiny toho vitamínu v průměru až dvojnásobné oproti Evropanům. Naopak velmi nízké hladiny vitamínu D jsou hlášeny z arabského světa. Na tyto výsledky má vliv habituální zahalování těla. Situace je globálně komplikována obavami z karcinogenního působení slunečního záření na kůži. Dokonce bylo zjištěno, že chronické užívání krémů s vysokým ochranným faktorem může vést k významnému deficitu vitamínu D. Ten se nejčastěji projevuje svalovou slabostí, bolestí kostí, sníženou mobilitou pacientů a větším sklonem k možným pádům. Kombinací

nedostatku vitamínu D, nedostatečným příjmem bílkovin v potravě a sníženou mobilitou dochází ke vzniku sarkopenie (Jenšovský, 2007).









Visser, Deeg a Lips (2003) se zabývali vlivem nízké hladiny vitamínu D na vznik sarkopenie. U osob s hladinami 25-hydroxyvitaminu D pod 25nmol/l našli sarkopenii 2,57krát častěji než u osob, jejichž hladina se pohybovala nad 50 nmol/l. Osoby, jejichž hladina 25-hydroxyvitaminu D se pohybovala v rozmezí 50–75 nmol/l, měli 2krát vyšší riziko sarkopenie a ztráty svalového výkonu než osoby s hladinami nad 75 nmol/l.

Mezi hladinami vitamínu D a hodnotami BMD existuje přímá korelace, a to při nízkých hladinách vitamínu D v oblasti kortikální kosti. Nízká hladina vitamínu D je spojena s až 2krát vyšším rizikem fraktury collum femoris. Deficit vitamínu D patří mezi základní patogenetické faktory pro rozvoj senilní osteoporózy (Jenšovský, 2007).

Na kost mají pozitivní vliv omega 3 a 6 mastné kyseliny, které mají protizánětlivý vliv, snižují kostní resorpci, usnadňují resorpci kalcia ve stěvě, ukládání vápníku do kostí a zvyšují kostní kolagen (Fojtík, Urban, Falt, & Novosad, 2009).

Dalším rizikovým faktorem pro vznik osteoporózy je kouření, které také zvyšuje riziko fraktury. Má signifikantní vliv na metabolismus vápníku a vitamínu D. V porovnání s nekuřáky je absorpce vápníku nižší u kuřáků, což je zapříčiněno nižší hladinou parathormonu a kalcitriolu. Snížení absorpce vápníku vede k rychlé ztrátě kostní hmoty. Postmenopauzální chronické kuřačky mají významně vyšší hladinu kortizolu v porovnání s nekuřáky. Kromě toho bylo prokázáno, že polycyklické aromatické uhlovodíky, přítomné v cigaretovém kouři, zapříčiňují úbytek kostní hmoty. Kouření má anti-estrogenní účinek u žen, způsobuje problémy s plodností a předčasnou menopauzu (Kapoor & Jones, 2005).

Dle Tucker et al. (2009) má mírné požívání alkoholu blahodárné účinky na kost u mužů a postmenopauzálních žen. BMD kyčelního hloubu a páteře byla významně vyšší u postmenopauzálních žen, které požívaly více než 2 drinky denně tvrdého alkoholu nebo vína. Tuto skutečnost potvrzuje ve své studii i Maurel, Boisseau a Jaffre (2012). U postmenopauzálních žen, které požívaly 4 piva za týden, měl daný příjem alkoholu pozitivní vliv na BMD lumbální páteře a na celotělovou BMD. Avšak na straně druhé uvádí, že vysoká konzumace alkoholu má škodlivý vliv nejen na mozek, játra a svalovou tkáň, ale i na kostní tkáň. Obrázek 2 dokumentuje účinky alkoholu na kost u mužů a žen při odlišné spotřebě.

Model	Consumption	Details consumption	Effects	Study	Drinks	
	Men soldiers	Chronic—Light	More than 24g/week whisky/rum	Higher femur BMD	<i>Venkat et al. 2009</i>	
	Post menop women		8 g/alcohol/day—wine	Higher lumbar, whole body BMD	<i>Ilich et al. 2002</i>	
	Post menop women		Between 28–57 g/week	Higher spine, whole body, radius BMD	<i>Rapuri et al. 2000</i>	
	Post menop women	Chronic—Moderate	11–29 g alcohol/day—wine	Higher trochanter BMD	<i>Ganry et al. 2000</i>	
	Post menop women		More than 2 drinks /day—wine	Higher hip and spine BMD	<i>Tucker et al. 2009</i>	
	Men		1–2 drinks/day	Higher hip BMD	<i>Tucker et al. 2009</i>	
	Men		More than 2 drinks/day—Liquor	Lower hip and spine BMD	<i>Tucker et al. 2009</i>	
	Women 30–55 years old		5–24 g/day—beer, liquor	Increased hip, forearm fracture risk	<i>Hernandez-Avila et al. 1991</i>	
	Men	Chronic—Excessive	More than 28 drinks per week	Increased risk of hip fracture	<i>Hoidrup et al. 1999</i>	
	Men		drinkers: 60–100 g Eth/day drinkers: >100 g Eth/day	60/100g/day: low osteocalcin, osteopenia >100g/day: low BGP, osteopenia, low BMD	<i>Gonzalez-Calvin et al. 1993</i>	
	Men Women		204 g ethanol/day for 28 years	Lower BMD, BMC, osteocalcin	<i>Alvise-Negrin et al. 2009</i>	
	Men Women 27–50 years old		17–21 drinks/day for 11–15 years	Low lumbar, neck and hip BMD in men Normal BMD in women, high estradiol	<i>Malik et al. 2009</i>	
	Black men 41 years old		170 g/day for 7–26 years, pancreatitis	Low cortical and trabecular thickness Low BFR, MAR, more eroded surface	<i>Schnitzler et al. 2010</i>	

Obrázek 2. Účinek alkoholu na kost při jeho odlišné spotřebě

Zdroj: Maurel et al. (2012)

2.2.4 Pohybová aktivita

Pohybová aktivita (PA) je definována jako jakýkoliv pohyb vykonaný pomocí kosterního svalstva, který vede k zvýšení energetického výdeje nad příjem (Thompson, Karpe, Lafontan, & Frayn, 2012). Pohyb je nezbytný v každém období života a vede k udržení svalové síly, obratnosti, koordinace a celkové výkonnosti (Votavová, Ištvančková, & Jarošová, 2009) a zároveň neexistuje lepší a všeobecně přístupný prostředek mající všestranné působení, než je PA. Avšak vlastní provádění PA stále naráží na obtíže, které můžeme sledovat ve vrozené pohodlnosti a nechuti vynakládat fyzickou námahu v okamžiku, kdy se objeví určité subjektivní obtíže a onemocnění. Další příčiny lze sledovat spíše v poskytování a usnadňování vhodných forem PA, jelikož vypracování vhodných pohybových programů, které by byly přiměřené věku a motorickým schopnostem seniorské populace, stále vážne. Rehabilitační programy pro osoby postižené některým chronickým onemocněním, nejčastěji oběhu a dýchání, které, pokud je senior ponechá sám sobě, se jeví jako největší brzda přirozené PA. Obecná nejistota a neznalost možného fyzického zatížení starších osob, strach o zdraví a obavy z možného úrazu patří mezi faktory bránící aktivnímu životnímu stylu. V současnosti je absence otevřených a spolehlivých v praxi použitelných metod, které by ukázaly intenzitu dané zátěže a tím chránily jedince před přetížením a současně pomohly zajistit potřebnou efektivitu PA (Máček, Máčková, & Smolíková, 2010). Nízká PA vede k poklesu kardiorepirační výkonnosti s intolerancí zátěže (únava, dušnost),

dále k přestavbě oběhového systému s urychlením klidové tepové frekvence i ke změně svalového metabolismu. Důsledkem nízké PA je i kostní přestavba s útlumem kostní remodelace. Následně se zvyšuje koncentrace parathormonu v séru a dochází k rozvoji osteoporózy (Kalvach et al. 2008). Základem prevence osteoporózy jsou nefarmakologická preventivní opatření, která lze rozdělit dle biologických období života. V období dětství a dospívání je třeba zdůraznit nezastupitelnou úlohu životního stylu charakterizovaného dostatečnou a vhodnou PA. 10% zvýšení kostní hmoty, která je získána v dospívání, snižuje budoucí riziko zlomenin až o 50 % a teoreticky oddaluje riziko vzniku osteoporózy o 13 let. Mladí atleti mají silnější a pevnější kosti než stejně staří necvičící mladí lidé. Lepší vlastnosti kostní tkáně se uchovávají i po ukončení aktivní sportovní činnosti (Votavová et al., 2009). Štěpán (2004) uvádí, že i po 18. roku věku lze pomocí cvičení a dostatečným příjmem vápníku zvýšit obsah minerálu ve skeletu o více než 5 %.

V rámci primárních preventivních opatření řady chronických onemocnění je pro dospělou a seniorskou populaci doporučeno vykonávat adekvátní množství PA. PA by se měla stát nepostradatelnou součástí života této populace (Kapuš, Gába, Riegerová, & Pelclová, 2011). S přechodem do seniorského věku je spojováno postupné snižování tělesné výkonnosti a zhoršující se koordinace (Votavová et al., 2009). Pravidelně prováděná PA je u postmenopauzálních žen spojována s redukcí rizika výskytu karcinomu prsu, rozvoje diabetes mellitus 2. typu či obezity. Význam PA se odráží ve zdraví kostní tkáně. Je stimulem pro osteoblastickou činnost, značně redukuje riziko výskytu osteopenie či osteoporózy ve vyšším věku. Pro rozvoj kostní tkáně jsou prospěšné pohybové činnosti zatěžující kost v kраниокаудálním směru a mající impaktní charakter. Na zlepšení BMD mají vliv různé formy rezistenčních cvičení. Naopak méně náročné PA, u nichž dochází k redukcí vlivu gravitace, nevedou k signifikantnímu zlepšení BMD. Současná doporučení k PA se orientují na její objem, zejména ve vztahu k průměrnému počtu kroků vykonaných za den (Kapuš et al., 2011). Určitou metodou, jak odhadnout daný objem zátěže a z toho následně odvodit množství energie vydané pohybem, je vyjádřit tento pochod počtem kroků. Jedná se o hrubý odhad vzhledem k tomu, že délka a frekvence kroků může být rozdílná. Počet kroků lze snadno sledovat pomocí krokoměru a následně tak stanovit jejich potřebný počet pro každý den. Ještě před několika lety platilo v Evropě i v USA přesvědčení, že nejnižší potřebné množství vydané energie je 4 200 kJ, což představuje 16 km rychlé chůze týdně. Zatímco v Japonsku je velmi populární hodnota odlišná (Máček et al., 2010). Velké popularity v médiích a v praxi dosahuje hodnota 10 000 kroků za den. Daný počet kroků se jeví jako rozumný odhad denní aktivity zdravých dospělých a objevují se studie,

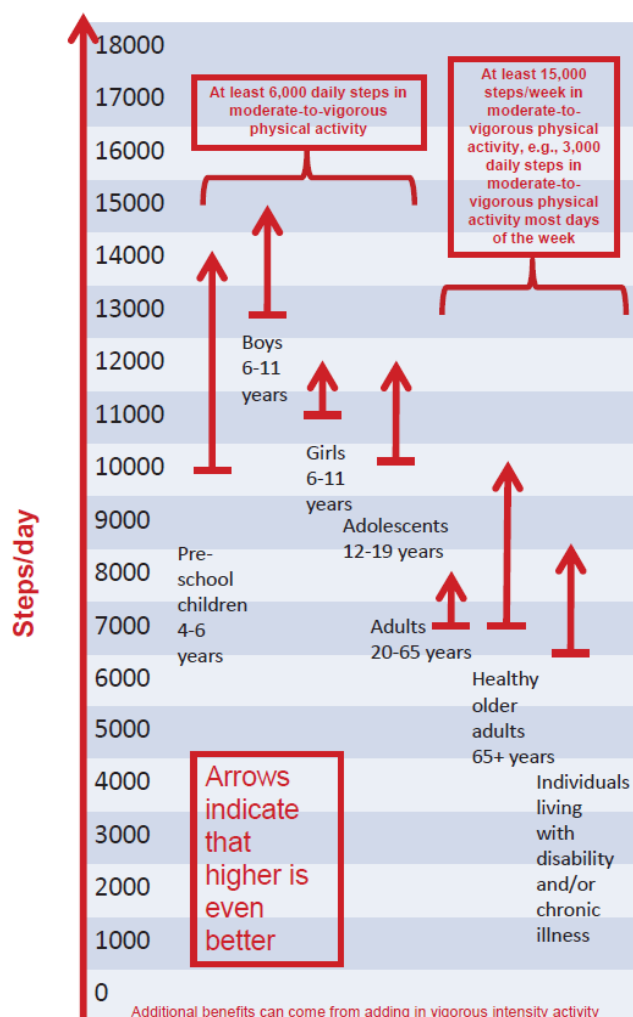
kteří dokumentují zdravotní přínosy při dodržování této úrovně PA. Avšak tato hodnota je vysoká pro starší osoby a osoby trpících chronickým onemocněním. Měření prokazuje, že starší dospělý (v 60 až 80 letech) vykoná při spontánní chůzi střední intenzitou za 30 minut $3\,411 \pm 577$ kroků. Při běžné denní aktivitě vykonáme až 7 000 kroků, přidáme-li výše zmíněných 30 minut, lze tak dosáhnout hodnoty 10 000 kroků potřebných k zachování dobrého zdravotního stavu a kondice. Naopak tato hodnota je příliš nízká pro děti, u kterých se naměřené hodnoty pohybovaly od 12 000 do 16 000 kroků denně (Máček et al., 2010; Tudor-Locke & Bassett, 2004; Tudor-Locke, Craig, Aoyagi, Bell, Croteau, De Bourdeaudhuij et al., 2011). Oba způsoby PA jsou si blízké popularizací chůze coby prevence metabolického syndromu, avšak nejsou zcela identické. Rozdíly se vyskytují ve výdeji energie: doporučených 16 km, později 24 km, týdně představuje 4 200 kJ až 6 300 kJ, kdežto 10 000 kroků denně je 1 200 kJ až 1 600 kJ za den. Jedná se tedy o 70 000 kroků týdně při výdeji 8 400 kJ až 11 200 kJ, což znamená až dvakrát vyšší výdej energie (Máček et al., 2010). Na základě dostupných údajů, přijímáme navržené indexy klasifikace PA u zdravých dospělých dle Tudor-Locke a Bassett (2004):

1. sedavý způsob života, omezená PA: <5 000 kroků/den,
2. málo aktivní, bez sportu a delších procházek 5 000–7 499 kroků/den,
3. středně aktivní, pohyb v zaměstnání 7 500–9 999 kroků/den,
4. aktivní, pravidelný středně intenzivní pohyb, bez soutěžního sportu $\geq 10\,000$ kroků/den,
5. vysoce aktivní, pravidelný trénink >12 500 kroků/den.

Navzdory všem výše uvedeným přínosům se však objevují názory, které podotýkají, že PA ve formě chůze není dostačující pro přímý dopad na BMD nebo na obsah kostního minerálu (BMC, bone mineral content, g) u mladých a starých žen (Hinriksdóttir, Arngrímsson, Misic, & Evans, 2013).

Intenzitu PA rozdělujeme do čtyř kategorií: inaktivita, nízká aktivita, střední aktivita a intenzivní. Dle dokumentu vydaného Americkou federální „2008 Physical Activity Guidelines for Americans“ (USDHHS, 2008) je pro starší dospělé doporučováno vykonávat minimálně 150 minut týdně středně zatěžující aktivity (3–6 METs), nebo 75 minut týdně intenzivní PA (> 6 METs), nebo rovnoměrná kombinace středně zatěžující a intenzivní PA (MVPA) (obrázek 3). V dokumentu jsou také uvedena doporučení vztahující se k neschopnosti vykonávat PA výše zmíněnou intenzitou z důvodu chronického onemocnění. Tito jedinci mohou být tak aktivní, jak jim to jejich schopnosti a podmínky umožní. Mohou provádět cvičení, která udržují či zlepšují balanční schopnosti,

a tím tak zamezit zvýšenému riziku pádů, jemuž jsou vystaveni. Aktivitou, kterou lze provádět pravidelně, je chůze, která by měla být rychlá a měla by trvat 4 hodiny denně (Štěpán, 2004; Votavová et al. 2009).



Obrázek 3. Počet kroků za den vztahující se k MVPA

Zdroj: Tudor-Locke, Craig, Brown et al., 2011

2.2.5 Tělesné složení

Při hodnocení dynamiky lidského pohybu vycházíme ze základního morfologického parametru – hmotnosti těla. Jelikož se jedná o složitý parametr, je nutné zkoumat i jeho komponenty (frakce). Jednotlivé frakce lze z hlediska pohybových projevů rozlišit jako aktivní a pasivní složku. Ze somatometrického hlediska je působení tělesné zátěže na lidský organismus posuzováno změnami frakce tělesné hmotnosti. Jedná se především o úbytek tukové frakce, nárůst svalové frakce a případně kosterní. Úroveň jednotlivých frakcí celkové tělesné hmotnosti nás informuje o aktuálním zdravotním stavu a výživě. Informace

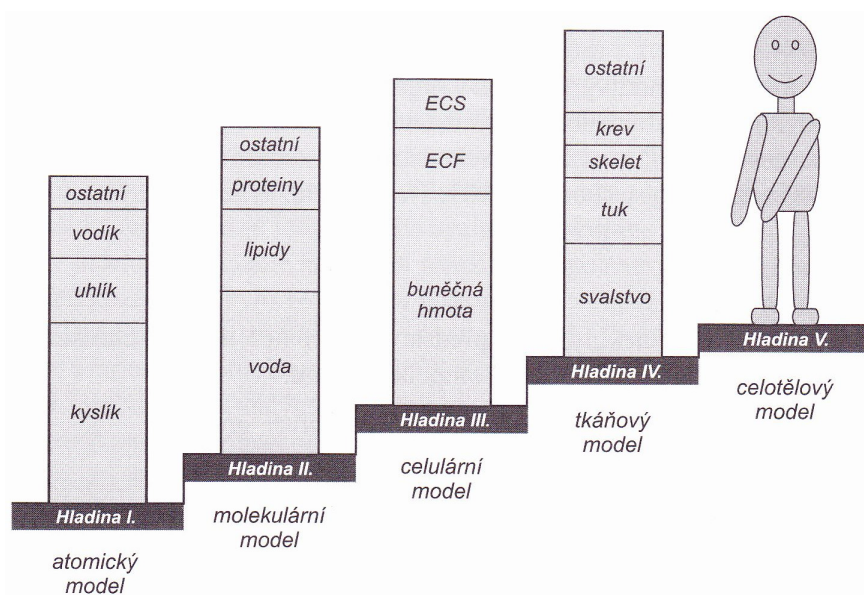
o proporcionalitě lidského těla, tělesném složení a konstituci lze považovat za důležitou komponentu zdravotně orientované zdatnosti.

Tělesné složení je geneticky ovlivněno, dále je formováno exogenními faktory, k nimž řadíme PA, výživové faktory a celkový zdravotní stav organismu. Hmotnost lze specifikovat prostřednictvím somatických indexů, avšak tyto indexy nejsou schopny charakterizovat hmotnost komplexně. Vyjádření prostřednictvím indexů je pouze orientační, a to například v souvislosti s vyšší PA, obezitou, anorexií a bulimií. Je tedy nutné specifikovat jednotlivé tělesné frakce.

Na frakcionaci hmotnosti těla lze nahlížet ze dvou aspektů:

- tělesné složení (body composition, podíl jednotlivých tkání na celkové hmotnosti těla),
- hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článků kinematického řetězce – distribuce hmoty těla. Podíl svalové, tukové, případně kostní složky podmiňuje hmotnost jednotlivých segmentů těla.

Na komponenty tělesného složení lze rozlišit z hlediska chemického či anatomického modelu. Z hlediska chemického je tělo tvořeno tukem, bílkovinami, sacharidy, minerály a vodou. Anatomicky je tělo tvořeno svalstvem, tukovou tkání, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi (Riegerová et al., 2006). Wang, Pierson a Heymsfield (1992) ve své studii představují pětistupňový model tělesného složení (the five-level model). Skládá se z: atomického, molekulárního, celulárního, tkáňového a celotělového modelu (obrázek 4).



Obrázek 4. Pětistupňový model tělesného složení člověka dle Wang et al. (1992)

Zdroj: Riegerová et al. (2006)

Jelikož neexistuje univerzálně validní metoda odhadu tělesného složení, je nutné při hodnocení jeho vývoje a posuzování „normality“ rozvoje jednotlivých komponent brát v úvahu vývoj kritéria, na jehož základě byl odhad proveden (Riegerová et al, 2006).

Jak uvádí Kapuš a kol. (2011), v odborné literatuře je často diskutováno o vzájemném vlivu vybraných tělesných složek na kostní tkáň. Některé studie dokládají vzájemný vztah mezi tukovou a kostní hmotou u postmenopauzálních žen (Kapuš et al., 2010). Tuková tkáň (fat mass, FM) je nejvariabilnější komponentou hmotnosti těla. Považujeme ho za hlavní faktor inter- i intra- individuální variability tělesného složení v průběhu celého vývoje (Riegerová et al., 2006). Tuková tkáň je typem pojivové tkáně tvořená adipocyty s kolagenními a elastickými vlákny, fibroblasty a kapilárami (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992). Složení tukové tkáně se však mění. Při změnách nutričního stavu dochází ke změnám velikosti adipocytů a mění se i jejich metabolické vlastnosti. Subtilnější lidé mají adipocyty menší oproti obézním jedincům, jejichž adipocyty mají velký objem v důsledku hromadění obsahu lipidů (Smitka, 2011). Tukovou tkáň rozlišujeme dle její distribuce: podkožní, viscerální (obklopuje orgány a vnitřnosti), intersticiální (vmezeřený mezi buňky orgánů) a žlutá kostní dřev (Wang et al., 1992). Jedná se o aktivní sekreční orgán, který produkuje proteinové hormony a řadu látek s autokrinním, parakrinním nebo endokrinním účinkem (Smitka, 2011). Specializuje se na ukládání energie ve formě triacylglycerolu. U mužů tvoří tuková tkáň přibližně 20 % hmotnosti, u žen je to 28 % celkové hmotnosti. Hromadění tukové tkáně v horní části těla (abdominální obezita) je spojeno se škodlivými účinky na metabolismus a úmrtnost. Kdežto hromadění tukové tkáně v dolní části těla (gynoidní, gluteofemorální obezita) je spojena s ochranným účinkem (Thompson, Karpe, Lafontan, & Frayn, 2012). Guo, Zeller, Chumlea a Siervogel (1999) ve své studii uvádí, že se zvyšujícím se věkem dochází k poklesu tukuprosté hmoty (FFM, fat-free mass), zvyšuje se celkový tělesný tuk (BFM, body fat mass), procento tělesného tuku (% BFM), hmotnost a body mass index (BMI, uváděný v jednotkách kg/m²). V průběhu stárnutí ženy přibíraly na hmotnosti přibližně 0,55 kg za rok. Množství celkového tělesného tuku se zvyšuje přibližně o 0,41 kg za rok. Obdobné zjištění přináší i studie Gáby a Přidalové (2013). Z výsledků této studie je patrné, že hodnoty BFM, % BFM a VFM se významně zvyšují společně se zvyšujícím se věkem. Průměrné hodnoty BFM byly 19,7 ± 8,9 kg. Vrcholných hodnot dosahovaly probandky ve věku 70 let, kdy průměrné hodnoty BFM byly 27,6 ± 8,8 kg.

Reid (2002) uvádí, že BMD úzce souvisí s tělesnou hmotností. Ve své studii prokázal dopad tělesné hmotnosti na kost a kostní hustotu. Účinek tělesné hmotnosti působí jak na tukovou tkáň, tak i na svalovou tkáň. U postmenopauzálních žen je dostatek BFM

velmi důležitý. Což dokazuje Kapuš et al. (2010) ve svém výzkumu, kdy s narůstající tělesnou hmotností, především s tukovou tkání, došlo ke zlepšení kostní denzity femuru. Avšak tento fakt zůstal nepotvrzen u lumbální páteře. Choi et al. (2010) ve své studii hledal souvislost mezi viscerálním a podkožním tukem a BMD. BFM může mít pozitivní vliv kostní hmotu v rámci mechanického zatížení kosti a produkce estrogenu. Po menopauze je v rámci zdraví kostní tkáně výhodnější, aby ženy měly více podkožního tuku než viscerálního. Dle jednoduchých korelačních analýz obvod pasu, boků, aktivní a pasivní hmota a podkožní tuk většinou pozitivně souvisely s BMD u obou pohlaví. Nicméně viscerální tuk nesouvisel s BMD, která byla naměřena v kterémkoli místě skeletu. Viscerální obezita je tedy nepřímo spojena s BMD.

Další tělesnou frakcí je FFM. Jedná se o heterogenní komponentu, která je tvořena svalstvem (60 %), opěrnými a pojivovými tkáněmi (25 %) a vnitřními orgány (15 %). Vzájemný poměr složek FFM je různý v závislosti na PA, věku a dalších exogenních i endogenních faktorech (Riegerová, et al., 2006). Hinriksdóttir et al. (2013) uvádí, že mnohé studie zabývající se tématem postmenopauzálních žen jsou nejednoznačné, pokud jde o souvislost mezi LBM (lean body mass, štíhlá měkká tkáň), BFM a BMD anebo BMC (bone mineral content, obsah kostního minerálu udávaný v g). Jak někteří uvádí (Nur, Toraman, Arica, Sarier, & Samur, 2012) větší vliv na BMD má tuková hmota, kdežto jiné studie (Blain et al., 2001; Gjesdal, 2008) uvádí, že větší vliv má LBM. U postmenopauzálních žen jsou v souvislosti s BMD tedy důležitější změny v rámci tukové hmoty než změny v LBM. U mladších post- a premenopauzálních žen mají naopak větší vliv na BMD změny týkající se LBM. Dále uvádí, že PA může ve skutečnosti přispívat k rozdílu ve spojení s LBM, BFM a zdraví kostí jako současně působící faktor. LBM byla označena jako významný prediktor BMD u fyzicky aktivních pre- a postmenopauzálních žen. BFM a LBM významně souvisí se sedavým způsobem života. Výsledky studie naznačují, že LBM přispívá více k vyšší BMD než BFM, a to u mladých žen, žen středního věku a starších žen a že účinky BFM jsou zanedbatelné.

2.2.6 Svalová síla

Dalším faktorem, který také ovlivňuje zdraví kostí, je svalová síla. Lehnert a Novosad (2010) definují sílu jako schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti.

Během ontogeneze dochází k výrazným změnám úrovně síly. Přibližně do 20 let silové schopnosti narůstají, v první polovině třetího decenia úroveň silových schopností kulminuje a následně dochází k postupnému regresu. Člověk si v 60 letech uchová celkově asi 80 % svého původního silového potenciálu, avšak u některých svalových skupin je pokles větší (Měkota & Novosad, 2005). Úbytek svalové hmoty je zčásti kryt zmnožením tkáně tukové. Pomocí histologie byla prokázána atrofie myocytů se selektivním úbytkem rychlých vláken 2. typu a zmnožení vaziva. Dále dochází k úbytku motorických jednotek (Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, Sucharda et al., 2004). U seniorů se vyskytuje syndrom křehkosti nebo jeho komponenty v 5 až 25 %. Jedná se o úbytek svalové hmoty a následně i svalové síly, snadnou unavitelnost, hypokinézu, zpomalenou a nejistou chůzi, zhoršenou stabilitu a v důsledku toho zvýšené riziko pádů (Holmerová, Jurašková, Vaňková, & Veleta, 2007). S involucí souvisí sarkopenie, neboli multikauzálně podmíněný úbytek svalové hmoty, a tím i svalové tkáně, ve stáří. Úbytek svalové hmoty je nápadný především na končetinách, avšak postiženy jsou i ostatní svaly, včetně dýchacích. Dále dochází k poklesu svalové rychlosti a úměrně úbytku svaloviny klesá i síla. Důsledkem je nezvládnání dříve běžných silových činností, hypomobilita a hypoaktivita. Od středního věku ubývá přibližně 1,5 kg netukové, převážně svalové hmoty na decennium (Kalvach et al., 2008). Sarkopenie postihuje především starší lidi. Toto onemocnění se často vyskytuje v souvislosti s osteoporózou a má za následek určité procento disability ve vyšším věku. Příčiny sarkopenie jsou různé, jedná se zejména o změnu hormonální výbavy jedince, především tedy úbytek anabolických hormonů po menopauze (Doleželová, 2009), jedná se o tzv. somatopauzu, což je deficit růstového hormonu v kombinaci s poklesem anabolického testosteronu (Kalvach et al., 2004). Za další příčiny je považována inaktivita, oxidativní stres, chronický zánět a celkové změny tělesného složení (Holmerová et al., 2007). Stařecká sarkopenie není spojena s váhovým úbytkem

a může tak unikat pozornosti lékařů i samotných seniorů. Nelze ji upravit navýšením kalorického příjmu, jelikož následný efekt by se mohl projevit ve zvýšení objemu tukové tkáně a navýšení hmotnosti. Určitého zlepšení lze dosáhnout pouze zvýšením PA s odpovídající výživou (Doleželová, 2009). Sarkopenie způsobuje poruchu lokomoce, ale může dojít i ke zhoršení funkce dýchacích svalů a svalů, které jsou nezbytné pro polykání (Holmerová et al., 2007). Ženy po menopauze mají nižší BMD a horší stabilitu než premenopauzální ženy. Na identifikaci faktorů, které mohou souviset se zhoršenou stabilitou a nízkou BMD před nástupem menopauzy, by se měly soustředit intervenční

programy, jejichž cílem by mělo být snížení rizika zlomenin kyčle nebo obratlů v pozdějším věku (Winters & Snow, 2000).

Sílu, kterou je člověk schopen působit na určité těleso po určitou dobu, lze měřit pomocí dynamometrie (Placheta, Siegelová, Štejfa et al., 1999). Svalovou sílu určitých svalových skupin zjišťujeme v tzv. statickém projevu (Riegerová et al., 2006) a lze ji hodnotit měřením síly stisku ruky (Bohannon, 2008). Jedná se o tzv. hand grip neboli stisk ručního dynamometru určitým procentem maximální kontrakční síly. Jedinci trpící sarkopenií mají nižší hodnoty síly svalového stisku (Castillo, Goodman-Gruen, Krtiz-Silverstein, Morton, Wingard, & Barrett-Connor, 2003). Dle principu měření dělíme dynamometrii na mechanické, elektrické, digitální a pneumatické (Riegerová et al., 2006). Mezi základní metody dynamometrie patří izometrická a izokinetická dynamometrie. Při izometrické dynamometrii měříme izometrickou svalovou kontrakci, kdy roste svalové napětí, avšak délka svalu zůstává stejná (Smékal & Lepšíková, 2009). Izokinetická dynamometrie se používá k měření volní svalové kontrakce, kdy dochází k vytvoření proměnlivého odporu a jeho měření (<http://www.biomechanikapohybu.upol.cz>). Svaly denně provádí koncentrickou a excentrickou kontrakci, měření každého typu svalové kontrakce se tak stává praktičtějším a komplexním indikátorem svalové síly. Ve své studii autoři uvádí, že celotělové BMD slabě korelovalo se svalovou silou dolních končetin (DK). Koncentrická síla DK souvisela s BMD proximálního femuru, naproti tomu excentrická síla DK prokazovala slabší vliv na BMD (Miller, Nickols-Richardson, Wootten, Ramp, & Herbert, 2004). Sööt, Jürimäe, Jürimäe, Gapeyeva, & Pääsuke (2005) ve své studii uvádí, že silově trénované ženy měly vyšší BMD DK než ženy se sedavým životním stylem. Zatímco ženy vytrvalostně trénované a ženy se sedavým životním stylem měly signifikantně nižší BMD DK v porovnání se ženami, u nichž byla diagnostikována nadváha. Výsledky u žen se sedavým životním stylem a u žen s nadváhou prokazovaly, že LBM, maximální izometrická síla a maximální izokinetická síla ovlivňují BMD dominantní končetiny a BMC DK.

Nižší síla stisku ruky u starší populace souvisí s nižším vlivem zdraví na kvalitu života (Sayer, Syddal, Martin, Dennison, Roberts, & Cooper, 2006). Může být prediktorem disability, která zapříčiňuje nesoběstačnost v denních aktivitách běžného života (Giuliani et al., 2008).

Snížená svalová síla zhoršuje výkonnost dolních končetin, zpomaluje se a znejistňuje chůze, což má za následek rozvoj hypomobility a instability. Při instabilitě dochází vlivem oslabené svalové síly k zhoršení schopnosti vyrovnávat vychýlení z rovnováhy, přičemž se zvyšuje výskyt pádů (Kalvach et al., 2008).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce je vyšetření a analýza stavu kostní tkáně a geometrie proximálního femuru, PA, tělesného složení, svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu u skupiny postmenopauzálních žen.

3.2 Dílčí cíle

1. U souboru postmenopauzálních žen analyzovat celotělovou a segmentální kostní denzitu.
2. Na základě celotělových a segmentálních hodnot *T*-skóre posoudit výskyt osteopenie a osteoporózy.
3. U sledovaného souboru určit množství žen, jejichž FSI se nachází v normě.
4. U sledovaného souboru postmenopauzálních žen posoudit vliv věku a YSM na kostní tkáň proximálního femuru a jeho geometrii.
5. U sledovaného souboru postmenopauzálních žen vyhodnotit vybrané ukazatelé PA a posoudit jejich vztah ke kostní denzitě a geometrii proximálního femuru.
6. Vyhodnotit frekvenci plnění doporučení k středně zatěžující PA u sledovaného souboru žen.
7. U sledovaného souboru postmenopauzálních žen vyhodnotit zastoupení vybraných tělesných složek a posoudit jejich vliv na kvalitu kostní tkáně a geometrii proximálního femuru.
8. Vyhodnotit výskyt nadváhy a obezity u sledovaného souboru postmenopauzálních žen vzhledem k BMI.
9. U sledovaného souboru postmenopauzálních žen diagnostikovat svalovou sílu flexorů a extenzorů kyčelního kloubu a posoudit její vliv na kvalitu kostní tkáně a geometrii proximálního femuru.

3.3 Hypotézy

$H1_0$: *Mezi hodnotami BMD proximálního femuru a věkem probandek neexistuje statisticky významný vztah.*

$H1_a$: *U postmenopauzálních žen je BMD proximálního femuru významně ovlivněno věkem.*

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: věk probandek

Komentář k hypotéze H1

V postmenopauzálním období dochází u žen ke zrychlení metabolismu kostí, zvyšuje se jak novotvorba kosti, tak i resorpce, která je mnohem vyšší než novotvorba. Zvýšená resorpce kosti může mít za následek vznik klimakterické osteoporózy (Živný, 2004). Již kolem 50. roku věku klesá produkce estrogenů, jejichž nedostatek vede k převaze cytokinů v osteoblastech a ve stromálních buňkách kostní dřeně. V důsledku toho se následně v každém remodelačním cyklu tvoří méně kosti, než bylo resorbováno (Krátká, 2007). H1 se snaží odpovědět na otázku, zdali věk ovlivňuje zastoupení kostního minerálu u postmenopauzálních žen v oblasti proximálního femuru.

$H2_0$: *Mezi BMD proximálního femuru a PA střední intenzity neexistuje statisticky významný vztah.*

$H2_a$: *Vyšší úroveň PA střední intenzity pozitivně ovlivňuje hustotu kostní tkáně proximálního femuru.*

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: doba strávená PA střední intenzity za týden

Komentář k hypotéze H2

PA je nutná v každém období života (Votavová et al., 2009). Avšak neustále se setkáváme s absencí vhodných pohybových programů, které by byly přiměřené věku a motorickým schopnostem seniorské populace. V rámci primární prevence chronických onemocnění pro seniorskou populaci je doporučeno vykonávat adekvátní množství pohybové aktivity. Pohybová aktivita je stimulem pro osteoblastickou činnost (Kapuš et al., 2011). Nízká PA má za následek pokles kardiorepirační výkonnosti s intolerancí zátěže (únava,

dušnost), přestavbu oběhového systému s urychlením klidové tepové frekvence i změnu svalového metabolismu, dále kostní přestavbu s útlumem kostní remodelace. V důsledku toho se zvyšuje koncentrace parathormonu v séru a dochází k rozvoji osteoporózy (Kalvach et al. 2008). H2 se snaží ověřit, zdali má středně zatěžující PA významný vliv na hustotu kostní tkáně proximálního femuru

H3₀: *Mezi BMD proximálního femuru a zastoupením tělesného tuku neexistuje statisticky významný vztah.*

H3_a: *Ženy s větším množstvím tělesného tuku vykazují vyšší BMD proximálního femuru.*

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: absolutní zastoupení tělesného tuku

H4₀: *Mezi BMD proximálního femuru a zastoupením štíhlé tělesné hmoty neexistuje statisticky významný vztah.*

H4_a: *Ženy s větším množstvím štíhlé tělesné hmoty vykazují vyšší BMD proximálního femuru.*

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: absolutní zastoupení štíhlé tělesné hmoty

Komentář k hypotéze H3 a H4

Gluteofemorální obezita je spojena s ochranným účinkem (Thompson et al., 2012). Se zvyšujícím se věkem se zvyšuje procento tělesného tuku a naopak dochází k poklesu štíhlé tělesné hmoty (Guo et al., 1999). U postmenopauzálních žen je vyšší zastoupení svalové hmoty spojeno s vyšší celotělovou i segmentální hustotou kostní tkáně. Na kostní denzitu má pozitivní vliv i vyšší zastoupení tělesného tuku a případná nadváha (Gába & Kapuš, 2012). Dle některých studií (Choi et al., 2010) je výhodnější, aby ženy měly po menopauze více podkožního tuku. Kdežto jiné studie (Blain et al., 2001; Gjesdal, 2008) uvádí, že větší vliv na hustotu kostní tkáně má LBM. H3 a H4 se snaží odpovědět na otázku, jaký vliv na kostní hustotu má tuková tkáň a LBM.

H5₀: Mezi BMD proximálního femuru a svalovou silou flexorů kyčelního kloubu neexistuje statisticky významný vztah.

H5_a: Postmenopauzální ženy s větší silou flexorů kyčelního kloubu vykazují vyšší BMD proximálního femuru.

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: peak torque flexorů kyčelního kloubu

H6₀: Mezi BMD proximálního femuru a svalovou silou extenzorů kyčelního kloubu neexistuje statisticky významný vztah.

H6_a: Postmenopauzální ženy s větší silou extenzorů kyčelního kloubu vykazují vyšší BMD proximálního femuru.

Závisle proměnná: BMD proximálního femuru

Nezávisle proměnná: peak torque extenzorů kyčelního kloubu

Komentář k hypotéze H5 a H6

Během ontogeneze dochází k výrazným změnám úrovně síly. V 60 letech se jedinec uchová celkově asi 80 % svého původního silového potenciálu, avšak u některých svalových skupin je pokles větší (Měkota & Novosad, 2005). Úbytek svalové hmoty je nápadný především na končetinách (Kalvach et al., 2008). Jak uvádí Miller et al. (2004), svaly denně vykonávají koncentrickou a excentrickou kontrakci, měření každého typu svalové kontrakce se stává komplexním indikátorem svalové síly. LBM, maximální izometrická síla a maximální izokinetická síla ovlivňují BMD DK (Miller et al., 2004; Sööt et al., 2005). Výkonost DK se zhoršuje se snížením svalové síly, což má za následek rozvoj hypomobility a instability (Kalvach et al., 2008).

4 METODIKA VÝZKUMU

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkum probíhal od 23. do 27. dubna 2012 na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Bylo osloveno přibližně 250 žen, z tohoto 60 z nich se účastnilo výzkumu. Po revizi naměřených dat tvořilo výzkumný soubor 53 postmenopauzálních žen ve věkovém rozpětí 50–75 let. Jednalo se o ženy, které navštěvovaly programy Univerzity třetího věku Fakulty tělesné kultury a Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Před vlastním měření byl všem probandkám vysvětlen postup měření a současně podepsaly informovaný souhlas s účastí na výzkumu. Dále jim byla předána doporučení, která bylo nutné dodržet 48 hodin před vyšetřením tak, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Výzkum byl schválen Etickou komisí FTK UP v Olomouci 19. ledna 2010 pod jednacím číslem 2/10. Finančně a personálně byl podpořen projektem FTK UP v Olomouci Izokinetická síla jako faktor kvality kostní tkáně proximálního femuru u žen po menopauze (č. FTK_2012:025).

4.2 Měření kostní denzity a posouzení tělesného složení

Pro hodnocení BMD jsme využili metodu DXA za použití přístroje Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) s továrním softwarem GE enCORE verze 12.20.023. Před každým diagnostickým blokem byl přístroj kalibrován fantomem GE Lunar (GE Healthcare). Princip metody DXA spočívá v odlišné absorpci rentgenového záření svalovou, tukovou a kostní tkání (Bužga et al., 2012). Přístroj umožňuje stanovení BMD celého skeletu, ale i jednotlivých segmentů, u nichž je předpoklad zvýšené fragility (bederní páteř, proximální femur a žebra), čehož jsme využili pro účely naší práce. V rámci posuzování geometrie proximálního femuru jsme se zaměřili na FSI. Je-li $FSI \geq 1$, pak se jedná o normu, kdežto $FSI < 1$ značí patologické hodnoty. Před vlastním měření si probandky odložily oblečení a věci, které by mohly výsledný snímek zkreslit (například řetízek, hodinky). Probandky se následně položily na speciální lůžko, nad kterým jezdilo posuvné rameno přístroje. O poloze, kterou měly probandky na lůžku zaujmout, je předem poučila vyšetřující laborantka. K hodnocení prevalence osteopenie a osteoporózy bylo využito *T*-skóre proximálního femuru, vyjadřující odchylku výsledku daného měření od BMD mladých zdravých jedinců stejného pohlaví. Dle WHO (2003) hodnoty *T*-skóre v rozmezí $-1,0$ až $-2,5$ signalizují osteopenii,

hodnoty BMD nižší než $-2,5$ znamenají osteoporózu. Pro posouzení tělesného složení jsme využili stejný přístroj. Pro účely diplomové práce jsme se zaměřili především na celkové zastoupení LBM a BFM.



Obrázek 5. Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare)

Zdroj: Brochure Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare)

4.3 Monitorování pohybové aktivity

Týdenní PA byla zaznamenána pomocí akcelerometru ActiGraph GT1M. Jedná se o uniaxiální akcelerometr, který disponuje přenosnou pamětí o velikosti 1 MB. ActiGraph GT1M zaznamenává intenzitu a objem PA, data jsou zpracována v programu ActiLife Lifestyle Monitor Software (<http://www.actigraphcorp.com>). Probandkám byly poskytnuty informace a instrukce o tom, jak a kdy přístroj nosit. Probandky si nasadily přístroj těsně po probuzení, přístroj nosily celý den (nejméně však 10 hodin) a odkládaly ho pouze tehdy, pokud vykonávaly činnosti ve vodním prostředí nebo šly spát. ActiGraph by měl být připevněn na pásek v neoprenovém pouzdře na pravém boku nad trnem kosti kyčelní. Nesprávné nošení ActiGraphu znamená zkreslení záznamu. U našeho výzkumného souboru jsme sledovali tato pásma intenzity zatížení: intenzivní (náročná) PA (vigorous physical activity > 6 METs, středně náročná PA (moderate physical activity 3–6 METs) a lehká PA (light physical activity 1–3 METs). PA pod hranicí 1 MET vypovídá o pohybové inaktivitě. Dále jsme se zaměřili na průměrný počet kroků/den.



Obrázek 6. ActiGraph GT1M

Zdroj: <http://www.actigraphcorp.com/support/devices/gt1m/>

4.4 Hodnocení svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu

Vlastnímu měření svalové síly předcházelo rozcvičení na bicyklovém ergometru po dobu 5 minut. Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčelního kloubu byla měřena použitím izokinetického dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). V systému IsoMed 2000 byla vytvořena karta probandek s jejich iniciály. Probandky byly testovány vleže s rukama na madlech podél lehátka. Opěrka sedadla byla sklopena o 15°, úhel v kyčelním kloubu byl přibližně 100°. Probandky byly zafixovány v oblasti pánve. Osa otáčení dynamometru byla shodná s osou otáčení kyčelního kloubu (trochanter major). Rameno páky dynamometru bylo zafixováno v distální části stehna. Nastavení bylo uloženo do paměti dynamometru a při měření druhostranné DK bylo automaticky nastaveno pomocí funkce „memotronic“. Rozsah pohybu byl 70°, přičemž výchozí poloha byla 20° flexe a konečná 90° flexe. Rozsah pohybu byl nastaven aretacemi dle návodu. Pro měření byla použita úhlová rychlost $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ (Brown, 2000; Dvir, 2004). Testovací protokol se skládal ze dvou sérií. V první rozvíčovací sérii bylo šest recipročních kontrakcí. Po koncentrické kontrakci do flexe následovala koncentrická kontrakce do extenze. Účelem rozvíčovací série byla familiarizace probandky. Po 60 ti sekundové pauze následovala vlastní testovací série šesti kontrakcí provedených s maximálním úsilím. Mezi měřením levé a pravé dolní končetiny byl časový interval 2 minuty. V průběhu měření byla probandkám poskytována zpětná vazba v podobě křivky momentu svalové síly na monitoru dynamometru. Z naměřených hodnot byl pro vyhodnocení použit maximální moment svalové síly.



Obrázek 7. IsoMed 2000

Zdroj: <http://tysy.snnu.edu.cn/show.aspx?id=631&cid=9>

4.5 Statistické zpracování dat

Získaná data byla zpracována adekvátními postupy s využitím statistických programů MS Excel a STATISTICA 10 CZ. Pomocí těchto programů jsme analyzovali data a stanovili jsme základní popisné statistické ukazatele pro každou sledovanou proměnou (aritmetický průměr, směrodatná odchylka a 95% interval spolehlivosti). K hodnocení síly asociace mezi hustotou kostní tkáně (závisle proměnná) a vybranými faktory (nezávisle proměnná) byl použit Pearsonův korelační koeficient. Statistická významnost byla stanovena na hladině $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

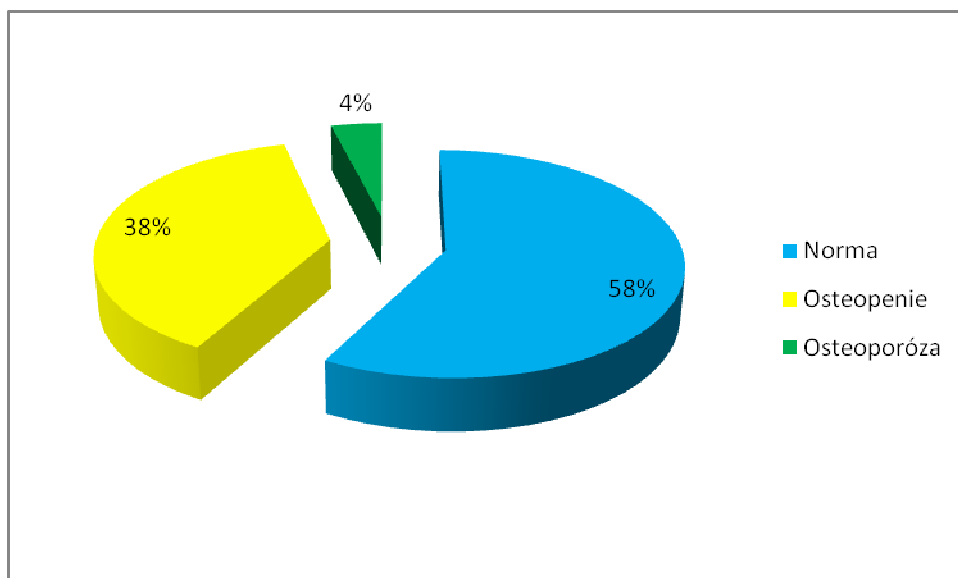
5.1 Základní charakteristika souboru

Jak jsme již uvedli v metodické části diplomové práce, výzkumný soubor tvořilo 53 postmenopauzálních žen, u kterých jsme zjišťovali vliv vybraných faktorů na kostní tkáň. Průměrný věk probandek byl $62,00 \pm 4,92$ let. Průměrná tělesná výška činila $162,75 \pm 5,50$ cm a průměrná tělesná hmotnost $68,56 \pm 11,02$ kg. Průměrná hodnota BMI vypovídala o mírné nadváze probandek, zatímco dle procentuálního zastoupení tělesného tuku se jednalo o obezitu (> 35 %). Na základě hodnot BMD proximálního femuru byla diagnostikována osteoporóza u 2 žen, osteopenie 20 žen a celkem 31 žen se nacházelo v normě (obrázek 8). Z výzkumného souboru mělo celkem 49 žen hodnoty FSI > 1 a nacházely se tedy v normě, 4 ženy měly hodnoty patologické (FSI < 1) (obrázek 9). V tabulce 1 je uvedena základní charakteristika výzkumného souboru včetně údajů o BMD celého skeletu a jednotlivých segmentů proximálního femuru.

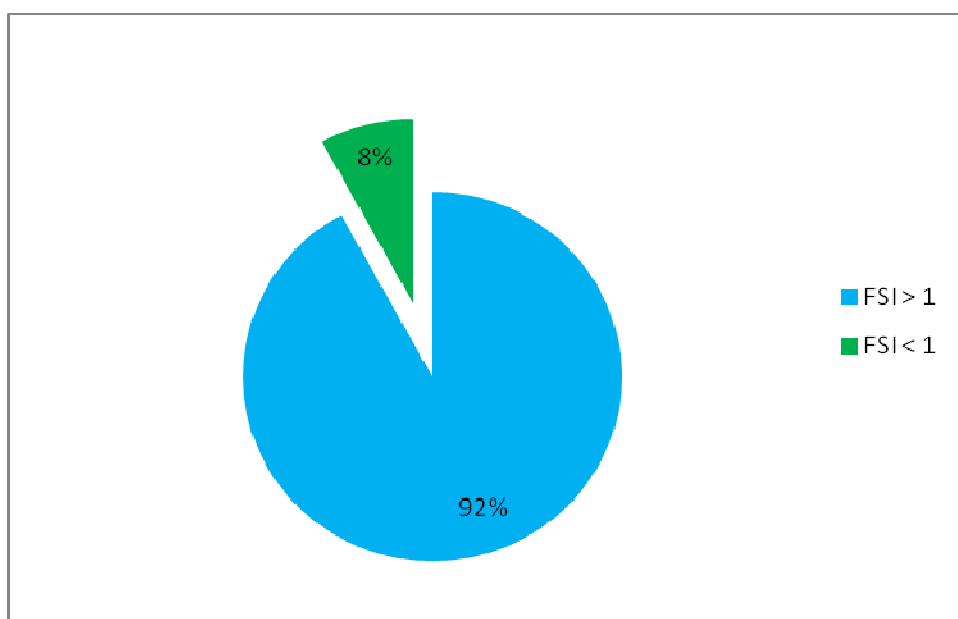
Tabulka 1. Základní charakteristika výzkumného souboru (n = 53)

	Průměr ± SD	95% CI
věk (roky)	62,00 ± 4,92	60,64 – 63,36
tělesná výška (cm)	162,75 ± 5,50	161,23 – 164,26
tělesná hmotnost (kg)	68,56 ± 11,02	65,52 – 71,59
BMI (kg/m ²)	25,86 ± 3,89	24,79 – 26,94
celotělové BMD (g/cm ²)	1,11 ± 0,09	1,08 – 1,13
BMD proximálního femuru (g/cm ²)	0,91 ± 0,12	0,88 – 0,95
collum femoris	0,86 ± 0,11	0,83 – 0,89
Wardův trojúhelník	0,68 ± 0,12	0,64 – 0,71
trochanter major	0,76 ± 0,11	0,73 – 0,78
FSI	1,42 ± 0,33	1,33 – 1,51
kolodiafyzární úhel (°)	130,40 ± 4,96	129,03 – 131,76

Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti, BMI – Body Mass Index, BMD – kostní denzita, FSI – index pevnosti femuru



Obrázek 8. Procentuální vyjádření výskytu osteoporózy u výzkumného souboru dle hodnot BMD (n=53).



Obrázek 9. Procentuální vyjádření hodnot FSI u sledovaného souboru postmenopauzálních žen (n=53)

5.2 Vliv věku probandek na hustotu kostní tkáně proximálního femuru

Významným faktorem při posuzování kvality kostní tkáně je věk. V tabulce 2 uvádíme průměrné hodnoty týkající se kalendářního věku, věku menopauzy a doby

od menopauzy. Probandky dosahovaly průměrného věku $62 \pm 4,92$ let. YSM byla v průměru $10,30 \pm 6,12$ let.

Tabulka 2. Charakteristika výzkumného souboru vztahující se k věku probandek

	Průměr ± SD	95% CI
Věk (roky)	62,00 ± 4,92	60,64 – 63,36
Věk menopauzy (roky)	51,70 ± 3,34	50,78 – 52,62
YSM (roky)	10,30 ± 6,12	8,62 – 11,99

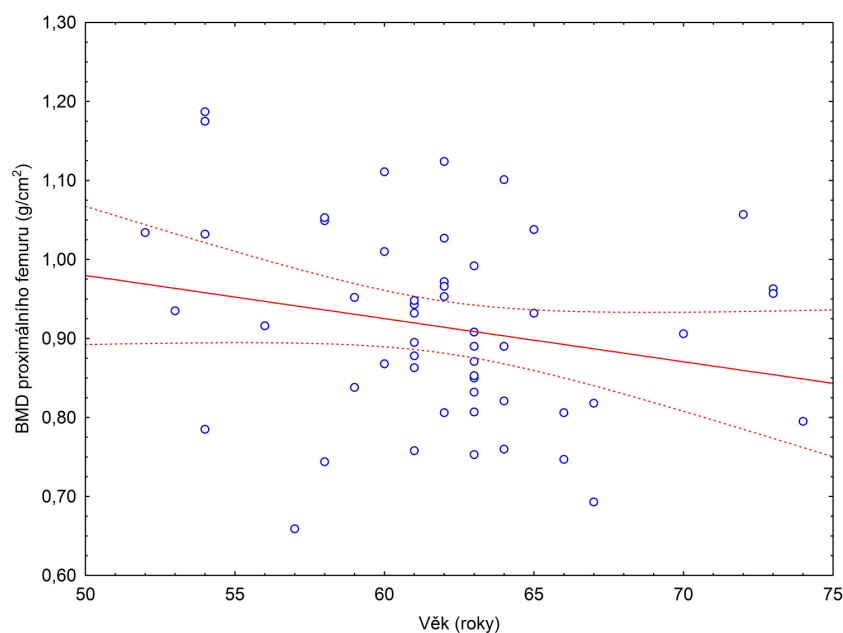
Vysvětlivky: YSM – years since menopause (doba od menopauzy), SD – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti.

O vlivu věku probandek a doby od menopauzy na BMD proximálního femuru vypovídají výsledky uvedené tabulce 3. Podle výsledků korelační analýzy je zřejmé, že se kostní denzita s narůstajícím věkem snižuje. Statisticky významný vztah nebyl prokázán v případě komplexního ukazatele BMD, kdy se hodnota korelačního koeficientu pohybovala v rozmezí $-0,07$ až $-0,22$ ($p > 0,05$). Z tohoto důvodu jsme přijali H_{10} (obrázek 10). Naopak v případě segmentálního BMD jsme zaznamenali signifikantní závislost mezi BMD v oblasti collum femoris a Wardova trojúhelníku a věkem probandek a dobou strávenou od menopauzy. Nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu jsme registrovali mezi věkem a BMD Wardova trojúhelníku ($r = -0,39$; $p < 0,05$). V případě hodnot FSI nebyl nalezen statisticky významný vztah, hodnota korelačního koeficientu se nacházela v rozmezí $0,08$ až $-0,13$ ($p > 0,05$). Ani u hodnot kolodiafyzárního úhlu nebyl zaznamenán žádný statisticky významný vztah.

Tabulka 3. Analýza vztahu mezi věkem a segmentálními hodnotami BMD a geometrií proximálního femuru

	Věk (roky)	Věk menopauzy (roky)	YSM (roky)
BMD proximálního femuru (g/cm^2)	-0,22	-0,07	-0,14
collum femoris	-0,38*	-0,03	-0,29*
Wardův trojúhelník	-0,39*	0,07	-0,35*
trochanter major	-0,02	-0,03	0,00
FSI	-0,11	0,08	-0,13
kolodiafyzární úhel ($^\circ$)	0,05	0,15	-0,04

Vysvětlivky: BMD – kostní denzita (g/cm^2), YSM – doba od menopauzy, FSI – index pevnosti femuru. Pro analýzu vazeb mezi proměnnými byla použita Pearsonova korelační analýza ($p < 0,05$).



Obrázek 10. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a věkem probandek

5.3 Vliv pohybové aktivity na hustotu kostní tkáně proximálního femuru

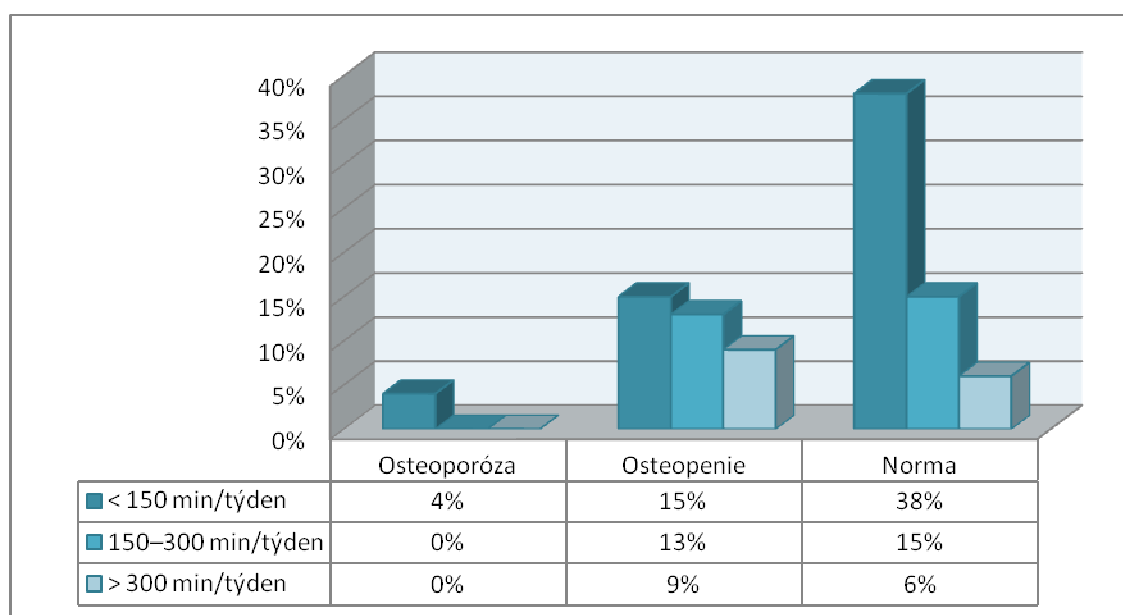
Monitorování PA pomocí přístroj ActiGraph GT1M se zúčastnilo všech 53 žen. V tabulce 4 podáváme souhrn průměrných hodnot realizovaného měření PA. Průměrná doba PA byla celkem 594,27 minut za týden, tj. přibližně 1 hod 25 minut za den. Probandky nejčastěji vykonávaly PA mírné intenzity $569,40 \pm 110,74$ min/týden, zatímco vysoce

zatěžující PA byla v průměru realizována pouhé $2,14 \pm 3,82$ min/týden. Dle průměrného počtu kroků $10\,219 \pm 3\,352$ kroků/den lze sledovaný soubor hodnotit jako aktivní. Pro populaci starších dospělých doporučují Physical Activity Guidelines for Americans (USDHHS, 2008) plnění 150 minut týdně středně zatěžující PA (3–6 METs). Z výzkumného souboru plnilo toto doporučení 15 žen, což odpovídá 28 % z celého výzkumného souboru. Více jak polovina žen toto doporučení neplnilo (obrázek 13). Na obrázku 11 prezentujeme výskyt osteoporózy z hlediska různých intenzit PA. U žen, jejichž středně zatěžující PA byla nižší jak 150 minut týdně, byla ve 2 případech diagnostikována osteoporóza, což odpovídá 4 %. U 8 probandek nedodržujících doporučení 150 minut týdně PA střední intenzity byla diagnostikována osteopenie. 20 probandek, jejichž středně zatěžující PA byla nižší jak 150 minut týdně, bylo v normě. Ani u jedné z probandek, jejichž intenzita PA se pohybovala v rozmezí 150–300 minut týdně či byla vyšší jak 300 minut týdně, nebyl zjištěn výskyt osteoporózy.

Tabulka 4. Průměrné hodnoty vybraných ukazatelů pohybové aktivity

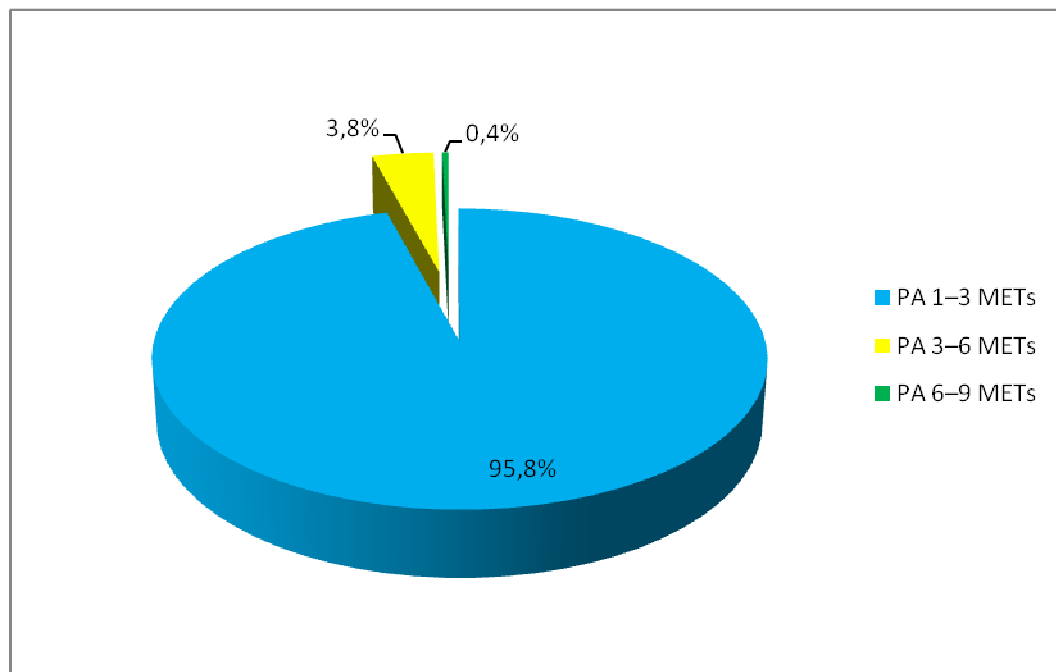
	Průměr ± SD	95% CI
PA 1–3 METs (min/týden)	569,4 ± 110,74	538,88 – 599,92
PA 3–6 METs (min/týden)	22,73 ± 20,32	17,13 – 28,33
PA 6–9 METs (min/týden)	2,14 ± 3,82	1,09 – 3,20
Kroky/ den	10 219 ± 3 352	9 296 – 11 143

Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti, PA – pohybová aktivita

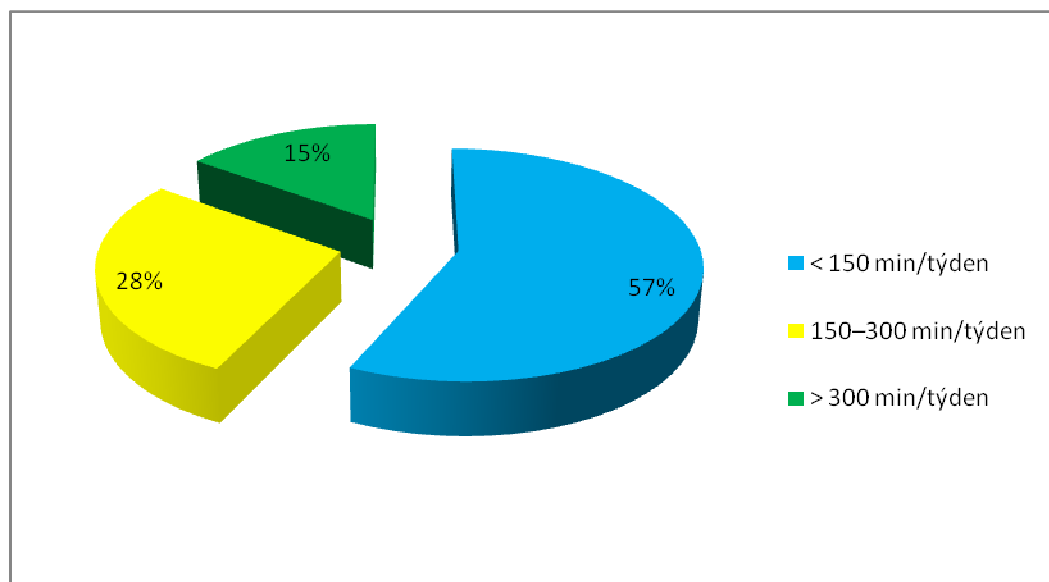


Obrázek 11. Výskyt osteoporózy v závislosti na intenzitě týdenní PA (n=53).

PA byla rozdělena do tří pásem dle intenzity zatížení: 1–3 METs, 3–6 METs a 6–9 METs. Z obrázku 12 je patrné, že největší podíl 95,8 % na celkové PA zaujímala PA nízké intenzity. PA střední a nízké intenzity představovala zanedbatelný podíl na celkové PA.



Obrázek 12. Procentuální zastoupení jednotlivých pásem intenzity PA u sledovaného souboru



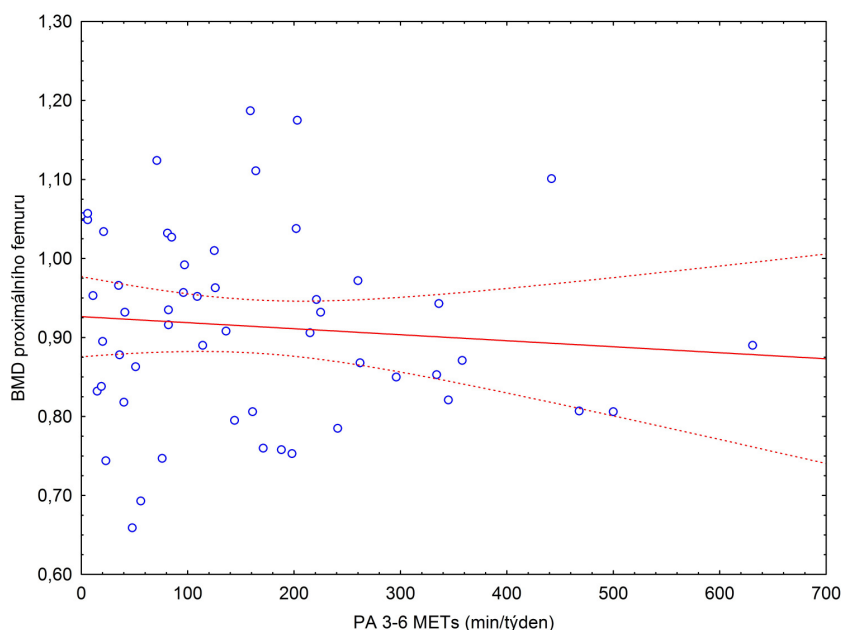
Obrázek 13. Procentuální zastoupení probandek v jednotlivých kategoriích PA dle intenzity

V tabulce 5 uvádíme výsledky vypovídající o vlivu PA různé intenzity na BMD a geometrii proximálního femuru. Statisticky významný vztah nebyl zjištěn ani u jedné z proměnných vyjadřujících intenzitu PA. Hodnota korelačního koeficientu u komplexního BMD proximálního femuru se pohybovala v rozmezí $-0,03$ až $-0,13$. Proto přijímáme H_2O (obrázek 14). Nejvyšší hodnoty korelačního koeficientu ($r = -0,13$; $p > 0,05$) jsme našli mezi kolodiafyzárním úhlem a lehce zatěžující PA, mezi celkovým BMD proximálního femuru a BMD Wardova trojúhelníku a průměrným počtem kroků.

Tabulka 5. Analýza vztahu mezi pohybovou aktivitou a segmentálními hodnotami BMD

	PA 1–3 METs (min/týden)	PA 3–6 METs (min/týden)	PA 6–9 METs (min/týden)	Kroky/den
BMD proximálního femuru (g/cm^2)	-0,03	-0,09	-0,10	-0,13
collum femoris	0,09	-0,07	-0,05	-0,06
Wardův trojúhelník	0,09	-0,12	-0,12	-0,13
trochanter major	-0,06	-0,02	-0,09	-0,12
FSI	0,20	0,06	0,11	-0,04
kolodiafyzární úhel ($^\circ$)	-0,13	0,01	-0,07	-0,04

Vysvětlivky: PA – pohybová aktivita, BMD – kostní denzita. Pro analýzu vazeb mezi proměnnými byla použita Pearsonova korelační analýza ($*p < 0,05$).



Obrázek 14. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a PA střední intenzity

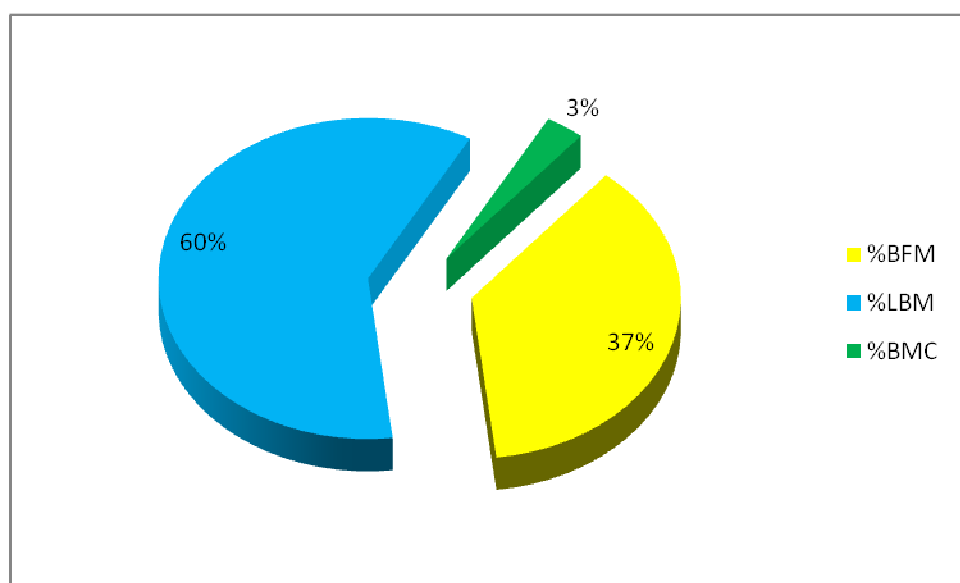
5.4 Vliv tělesného složení na hustotu kostní tkáně proximálního femuru

V tabulce 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty BMI, BFM, %BFM a LBM u sledovaného souboru postmenopauzálních žen. Dle průměrné hodnoty BMI $25,86 \pm 3,89$ kg/m² lze konstatovat, že se u sledovaného souboru postmenopauzálních žen vyskytla mírná nadváha. Obezita byla lokalizována v 7 případech, nadváha se vyskytla u 18 žen a celkem 28 se nacházelo v normě. Nejvyšší průměrné hodnoty jsme zaznamenali u LBM $41,14 \pm 4,05$ kg. Na obrázku 15 uvádíme procentuální zastoupení tělesných komponent BFM, LBM, BMC.

Tabulka 6. Průměrné hodnoty vybraných parametrů tělesného složení

	Průměr ± SD	95% CI
BMI (kg/m ²)	25,86 ± 3,89	24,79 – 26,94
BFM (kg)	25,12 ± 9,17	22,59 – 27,65
BFM (%)	35,61 ± 8,30	33,32 – 37,90
LBM (kg)	41,14 ± 4,05	40,02 – 42,25
BMC (kg)	2,30 ± 0,30	2,21 – 2,38

Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti, BMI – Body Mass Index, BFM – tělesný tuk, LBM – štíhlá tělesná hmota, BMC – obsah kostního minerálu



Obrázek 15. Procentuální zastoupení BFM, LBM a BMC u sledovaného souboru.

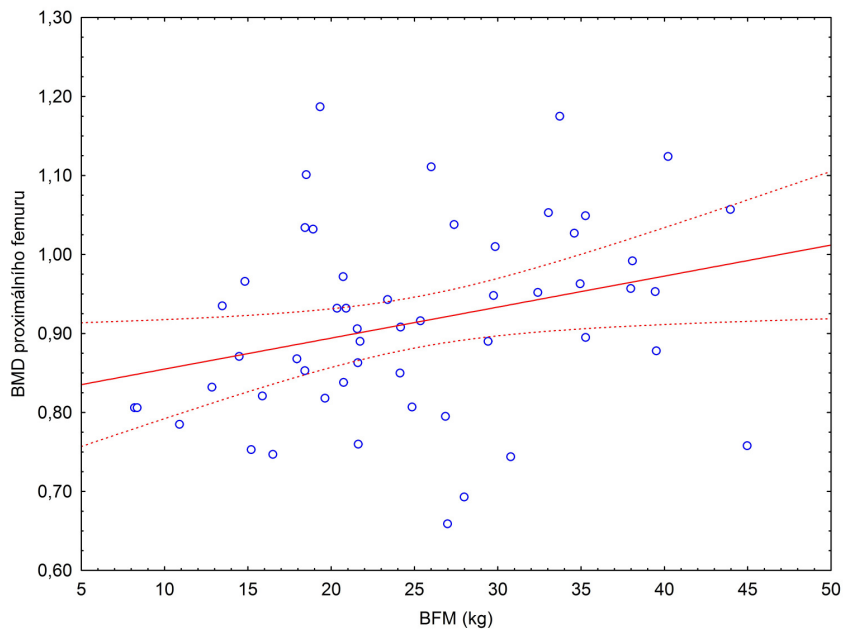
Tabulka 7 prezentuje informace o vlivu jednotlivých tělesných frakcí na BMD a geometrii proximálního femuru. Výsledky korelační analýzy prokázaly, že se zvyšujícím se množstvím BFM signifikantně vzrůstá i BMD proximálního femuru ($r = 0,30$; $p < 0,05$).

V tomto případě tedy zamítáme H_{3_0} a přijímáme H_{3_a} (obrázek 16). Signifikantní závislost jsme dále zaznamenali mezi komplexním BMD proximálního femuru a procentuálním zastoupením BFM ($r = 0,28$; $p < 0,05$). U komplexního ukazatele proximálního femuru se hodnota korelačního koeficientu pohybovala v rozmezí 0,09 až 0,30. Mezi %BFM a BMD trochanter major jsme zaznamenali nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu ($r = 0,37$; $p < 0,05$). Naopak signifikantní závislost nebyla nalezena v případě komplexního ukazatele BMD proximálního femuru a LBM. Proto jsme přijali H_{4_0} (obrázek 17). Podle výsledků korelační analýzy lze konstatovat, že s narůstající BFM se snižuje FSI. Hodnota korelačního koeficientu však nebyla statisticky významná a v případě FSI se pohybovala v rozmezí $-0,12$ až $-0,22$ jednotek.

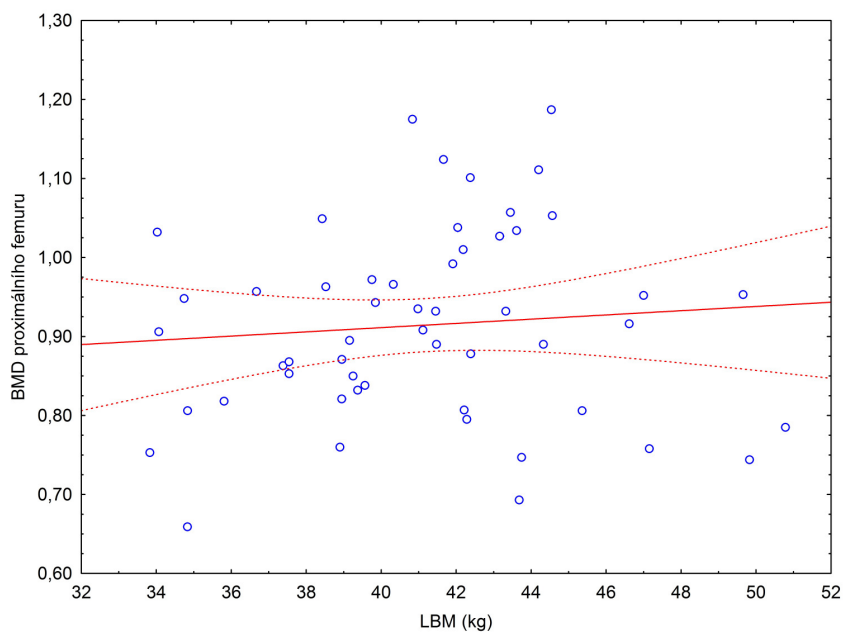
Tabulka 7. Analýza vztahu mezi tělesným složením a segmentálními hodnotami BMD

	BFM (kg)	BFM (%)	LBM (kg)	FFM (kg)
BMD proximálního femuru (g/cm^2)	0,30*	0,28*	0,09	0,14
collum femoris	0,19	0,16	0,13	0,18
Wardův trojúhelník	0,11	0,12	0,00	0,04
trochanter major	0,36*	0,37*	0,07	0,11
FSI	-0,22	-0,21	-0,14	-0,12
kolodiafyzární úhel ($^\circ$)	-0,05	-0,02	-0,05	-0,07

Vysvětlivky: BMD – kostní denzita, BFM – tělesný tuk, LBM – štíhlá tělesná hmota, FFM – tukuprostá hmota, FSI – index pevnosti femuru. Pro analýzu vazeb mezi proměnnými byla použita Pearsonova korelační analýza ($*p < 0,05$).



Obrázek 16. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a BFM



Obrázek 17. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a LBM

5.5 Vliv svalové síly na hustotu kostní tkáně proximálního femuru

Z výsledků testování svalové síly při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ je zřejmé, že u výzkumného souboru postmenopauzálních žen byly naměřeny vyšší průměrné hodnoty peak torque pro extenzory než pro flexory, jak prezentuje tabulka 8.

Tabulka 8. Průměrné hodnoty peak torque flexorů a extenzorů kyčelního kloubu

	Průměr ± SD	95% CI
PT PDK flexe (Nm)	73,08 ± 19,12	67,81 – 78,34
PT PDK extenze (Nm)	125,51 ± 42,03	113,93 – 137,09
PT LDK flexe (Nm)	67,04 ± 22,55	60,82 – 73,25
PT LDK extenze (Nm)	117,60 ± 50,24	103,76 – 131,45

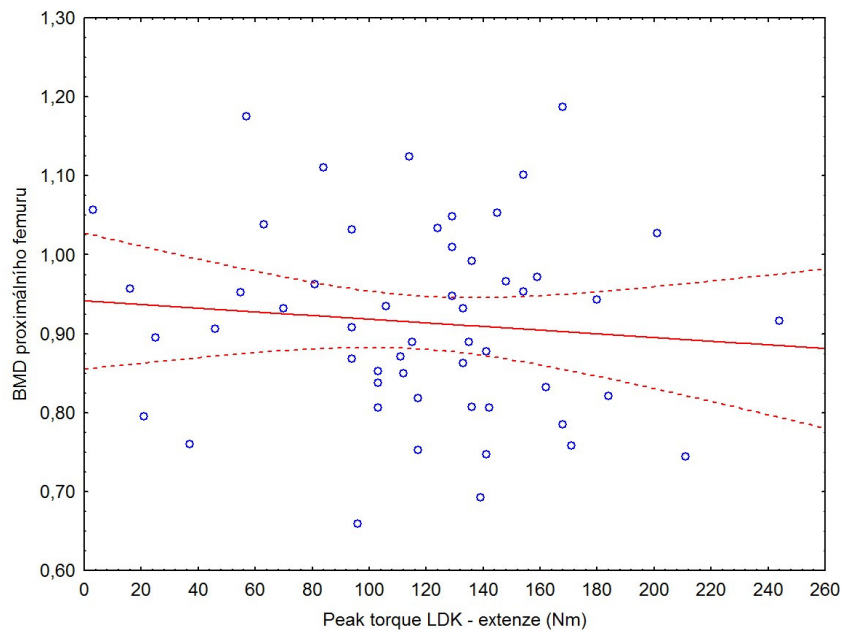
Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti, PT – peak torque, PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

Vliv peak torque flexorů a extenzorů kyčelního kloubu na BMD proximálního femuru prezentujeme v tabulce 9. Pro účely analýzy jsme použili ukazatele pro levou dolní končetinu, a to z důvodu, že BMD proximálního femuru bylo měřeno pouze na této končetině. Pearsonova korelační analýza nepotvrdila statisticky významný vztah mezi BMD proximálního femuru a silou flexorů kyčelního kloubu (obrázek 18). Hodnota korelačního koeficientu v případě komplexního BMD proximálního femuru je 0,03 jednotek. Z tohoto důvodu jsme přijali H_0 . Nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu jsme zaznamenali mezi FSI a flexí LDK ($r = -0,17$; $p < 0,05$). Signifikantní závislost nebyla registrována ani mezi BMD proximálního femuru a silou extenzorů kyčelního kloubu (obrázek 19). Korelační koeficient komplexního BMD proximálního femuru byl $-0,10$ jednotek. Lze tedy přijmout H_0 .

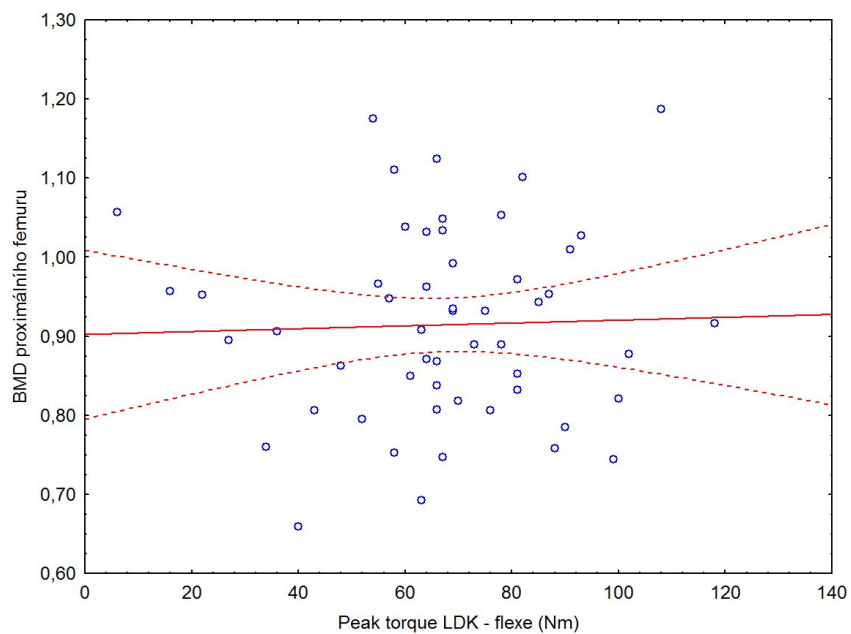
Tabulka 9. Analýza vztahu mezi peak torque a segmentálními hodnotami BMD

	LDK F (Nm)	LDK E (Nm)
BMD proximálního femuru (g/cm^2)	0,03	-0,10
collum femoris	0,06	-0,01
Wardův trojúhelník	0,02	-0,02
trochanter major	-0,04	-0,16
FSI	-0,17	-0,25
kolodiafyzární úhel (°)	-0,04	0,12

Vysvětlivky: BMD – kostní denzita, LDK – levá dolní končetina, F – flexe, E – extenze, FSI – index pevnosti femuru. Pro analýzu vazeb mezi proměnnými byla použita Pearsonova korelační analýza ($*p < 0,05$).



Obrázek 18. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a peak torque extenzorů



Obrázek 19. Posouzení vztahu mezi BMD proximálního femuru a peak torque flexorů

6 DISKUZE

V rámci diplomové práce jsme se na základě měření kostní denzity, analýzy tělesného složení, monitorování týdenní PA a měření svalové síly extenzorů a flexorů kyčelního kloubu zabývali vzájemným vztahem mezi vybranými faktory a BMD proximálního femuru. Nejdůležitější dlouhodobou změnou, která je spojena s menopauzou, je osteoporóza. Svými důsledky ovlivňuje toto onemocnění morbiditu a mortalitu žen vyšší věkové kategorie. Projevem stárnutí kosti a nedostatku estrogenů je klimakterická osteoporóza. Účinek estrogenů na přestavbu kosti nalézáme ve snížení její resorpce. Osteoporóza má za následek zvýšenou lomivost kostí, typické jsou kompresivní zlomeniny obratlů, zlomeniny collum femoris a zlomeniny zápěstí. Zlomeniny collum femoris jsou považovány za nejzávažnější komplikace osteoporózy, přináší s sebou 15% mortalitu do 6 měsíců a 50% invalidizaci postižených (Živný, 2004). Odhaduje se, že více než 30 % žen mladších než 75 roků a 50 % žen starších než 75 roků má netraumatické zlomeniny obratlových těl. Kolem 75 % osteoporotických zlomenin zaznamenaných v klinické praxi v USA je nevertebrálních. V České Republice trpí osteoporózou kolem 600 000 osob a poslední údaje hovoří o 17 000 zlomeninách za rok (Broulík, 2008). U námi sledovaného souboru postmenopauzálních žen byla na základě *T*-skóre diagnostikována osteoporóza ve 2 případech.

Kostní hmota a BMD zůstává u žen od ukončení růstu relativně konstantní přibližně až do 50. roku věku (World Health Organization, 2003). Přibližně 60–80 % kostní hmoty je determinováno geneticky (Bartl & Frisch, 2009; Brown, Streeten, Shapiro et al., 2005; Vyskočil & Blahoš, 2011), zbylých 20–40 % ovlivňují další činitelé, jako je věk, stravování, PA, tělesné složení a svalová síla (Bartl & Frisch, 2009). Kolem 40. roku začíná u žen premenopauza, kdy se objevují první endokrinní známky nastupujícího klimakteria. Mezi 48. a 52. rokem přichází menopauza. Po menopauze dochází k zrychlení metabolismu kosti. Zvyšuje se novotvorba kosti, avšak ještě více se zvyšuje resorpce kosti, jež může mít za následek vznik klimakterické osteoporózy postihující trabekulární kost (Živný, 2004). Výsledky naší diplomové práce prokazují, že s narůstajícím věkem dochází ke snížení kostní denzity. U námi sledovaného souboru byl průměrný věk $62 \pm 4,92$ let, YSM byla $10,30 \pm 6,12$ let. Berger et al. (2008) ve své studii uvádí, že kostní ztráty začaly u žen mezi 40. až 44. rokem věku. Obzvláště rychlé kostní ztráty byly zaznamenány v oblasti proximálního femuru u žen ve věku mezi 50. až 54. rokem věku. Warming, Hassager a Christiansen (2002) zaznamenali u premenopauzálních žen kostní ztráty v oblasti proximálního femuru a lumbální páteře nižší jak 0,4 % za rok. Avšak tyto kostní ztráty se ztrojnásobily u žen, jejichž YSM

byla menší než 10 let. U našeho výzkumného souboru jsme zaznamenali signifikantní závislost mezi BMD collum femoris a Wardova trojúhelníku a věkem probandek a věkem od menopauzy.

Pravidelná PA je nezbytná pro zdravé stárnutí. Dospělým ve věku 65 let a starším přináší pravidelná PA významné zdravotní výhody, které se projevují v celém jejich životě (USDHHS, 2008). U postmenopauzálních žen pravidelně prováděná PA snižuje riziko karcinomu prsu, rozvoje diabetes mellitus 2. typu či obezity. Význam PA se odráží ve zdraví kostní tkáň. Je stimulem pro osteoblastickou činnost, značně redukuje riziko výskytu osteopenie či osteoporózy ve vyšším věku (Kapuš et al., 2011). Pro starší dospělé je doporučováno vykonávat minimálně 150 minut týdně středně zatěžující aktivity (3–6 METs), nebo 75 minut týdně intenzivní PA (> 6 METs), nebo rovnoměrná kombinace MVPA. Pro zvýšení zdravotních efektů je doporučováno zvýšit středně zatěžující pohybovou aktivitu na 300 minut týdně nebo intenzivní pohybovou aktivitu na 150 minut týdně, opět je možná kombinace aktivit obou intenzit (USDHHS, 2008). Probandky z našeho výzkumného souboru v 95,8 % preferovaly PA mírné intenzity. PA střední intenzity činila 3,8 % a PA vysoké intenzity 0,4 %. Korelační analýza neprokázala žádný statisticky významný vztah mezi intenzitou PA a BMD proximálního femuru. Z výzkumného souboru plnilo 28 % probandek uvedená doporučení k PA a průměrná denní doba strávená PA činila přibližně 85 minut. Gába et al. (2011) uvádí, že pozitivní vliv PA se u seniorské populace odráží ve změně BFM, s narůstajícím počtem kroků se vykonaných v průměru za jeden den významně klesá BMI i procentuální zastoupení BFM. Pomocí počtu kroků lze odhadnout objem zátěže a také odvodit množství energie vydané pohybem (Máček et al., 2010). Velké popularity v médiích a v praxi dosahuje hodnota 10 000 kroků za den. Měření prokazují, že starší dospělý (v 60 až 80 letech) vykoná při spontánní chůzi střední intenzitou za 30 minut $3\,411 \pm 577$ kroků. Při běžné denní aktivitě vykonáme až 7 000 kroků, přidáme-li výše zmíněných 30 minut, lze tak dosáhnout hodnoty 10 000 kroků potřebných k zachování dobrého zdravotního stavu a kondice (Máček et al., 2010; Tudor-Locke et al., 2011). Výsledky studie Boyer et al. (2011) uvádí, že pro udržení *T*-skóre $-1,0$ u postmenopauzálních žen s průměrnou hmotností (65,10 kg) je nutné vykonat 4 892 kroků (chůze 1,00 m/s) denně. Pro ženy s nižší hmotností je doporučováno vykonat podstatně více kroků (18 568 kroků/den). K obdobným výsledkům dospěl ve své studii i Gába et al. (2012), probandky, jejichž průměrná tělesná hmotnost byla 69,44 kg, plnily průměrně 9 766 kroků/den a jejich průměrná hodnota *T*-skóre byla $-0,48$. Výsledky naší diplomové práce korespondují s výsledky uvedených studií,

průměrný počet kroků u našeho výzkumného souboru byl 10 219 při průměrné tělesné hmotnosti 68,56 kg a průměrná hodnota *T*-skóre činila -0,75.

Vyšší tělesná hmotnost představuje pro kost vyšší mechanickou zátěž a je mimo jiné spojená s endokrinními změnami pozitivně ovlivňujících kostní metabolismus. Vlivem vyššího mechanického zatížení kosti dochází ke zvýšení celkové kostní hmoty i její denzity (Gába & Kapuš, 2012). BMD úzce souvisí s tělesným složením (Gába et al., 2012; Gába & Kapuš, 2012; Reid, 2002). U výzkumného souboru lze dle průměrné hodnoty BMI 25,86 kg/m² konstatovat, že u probandek se vyskytla mírná nadváha. Obezita byla zjištěna u 13 % probandek. Více jak polovina výzkumného souboru (53 %) byla v normě. Gába et al. (2012) uvádí, že BFM a LBM se jeví relativně silné prediktory BMD proximálního femuru. Vyšší zastoupení LBM je spojeno s vyšší denzitou kostní tkáně celého skeletu i proximálního femuru (Gába & Kapuš, 2012). Po menopauze je v rámci zdraví kostní tkáně výhodnější, aby ženy měly více podkožního tuku než viscerálního (Choi et al., 2010). U námi sledovaného souboru byla průměrná hodnota BFM 25,12 kg, což odpovídalo 37 % tělesné hmotnosti. Výsledky prezentované studie prokázaly pozitivní vliv tělesného složení na kostní tkáň. Signifikantní závislost jsme zaznamenali u BMD proximálního femuru a zastoupením BFM (kg). Ijuin et al. (2002) také zaznamenali signifikantní závislost mezi BMD a BFM u postmenopauzálních žen. Poukazuje také na obtížnost posuzování rozdílů účinku BFM na BMD u pre- a postmenopauzálních žen. U premenopauzálních žen prokazují výsledky studie signifikantní závislost mezi LBM a BMD. Posuzování vztahu mezi tělesným složením a BMD u žen po menopauze se věnovali také Gnudi et al. (2007). Statisticky významný vztah byl zjištěn jak mezi BMD a LBM, tak i mezi BMD a BFM. Ve shodě s autory jiných studií (Douchi et al., 2003; Hinriksdóttir et al., 2013; Ijuin et al., 2002) uvádí, že LBM se jeví jako lepší prediktor BMD než BFM u premenopauzálních žen. Avšak u postmenopauzálních žen je BMD determinována zejména BFM. Tyto závěry korespondují s výsledky naší diplomové práce, neboť jsme signifikantní vztah zaznamenali v případě komplexního BMD proximálního femuru a BFM, nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu ($r = 0,37$; $p < 0,05$) jsme našli u BMD trochanter major. Naopak mezi BMD proximálního femuru a LBM jsme nezjistili žádný statisticky významný vztah.

Ženy po menopauze mají nižší BMD a horší stabilitu než premenopauzální ženy. (Winters & Snow, 2000). Miller et al. (2004) ve své studii uvádí, že celotělové BMD slabě korelovalo se svalovou silou dolních končetin. Koncentrická síla dolních končetin souvisela s BMD proximálního femuru, naproti tomu excentrická síla dolních končetin prokazovala slabší vliv na BMD. Sílu svalů kyčelního kloubu autoři považují za prediktor BMD

proximálního femuru. Na vliv silového tréninku poukazuje Sööt et al. (2005). Kolektiv autorů potvrzuje, že silově trénované ženy měly vyšší BMD dolních končetin než ženy se sedavým životním stylem. Zatímco ženy vytrvalostně trénované a ženy se sedavým životním stylem měly signifikantně nižší BMD dolních končetin v porovnání se ženami, u nichž byla diagnostikována nadváha. Výsledky u žen se sedavým životním stylem a u žen s nadváhou prokazovaly, že LBM, maximální izometrická síla a maximální izokinetická síla ovlivňují BMD dominantní končetiny. K opačnému výsledku došli ve své studii Gerdhem et al. (2003), kteří zjistili, že vliv svalové síly dolních končetin na BMD byl malý nebo statisticky nevýznamný. Tyto závěry korespondují s výsledky naší diplomové práce, neboť výsledky statické analýzy neprokázaly žádný signifikantní vztah mezi BMD proximálního femuru a silou flexorů kyčelního kloubu. Signifikantní závislost nebyla registrována ani mezi BMD proximálního femuru a silou extenzorů kyčelního kloubu.

Přínos diplomové práce lze sledovat v lepší informovanosti populace nejen postmenopauzálních žen v oblasti osteoporózy a s ní spojených rizik, jako jsou fraktury collum femoris proximálního femuru. Kapuš a kolektiv (2011) uvádí, že pravidelně prováděná PA je u postmenopauzálních žen spojována redukcí rizika výskytu osteoporózy a osteopenie. Za pozitivní považujeme počet vykonaných kroků během dne, jelikož tato průměrná hodnota se pohybovala nad hranicí 10 000 kroků za den.

Za další přínos diplomové práce lze označit využití moderních technologií umožňujících diagnostikovat kvalitu kostní tkáně a tělesné složení (Lunar Prodigy Primo™) a izokinetickou sílu (IsoMed 2000) a monitorovat pohybovou aktivitu (ActiGraph GT1M). Pozitivně lze vnímat zájem probandek o daná vyšetření a monitoring PA. Touto magisterskou diplomovou prací jsme se snažili navázat na předchozí diplomovou bakalářskou práci, která se zabývala vyšetřením kostní tkáně a analýzou PA u postmenopauzálních žen.

Mezi limity diplomové práce zahrnujeme skutečnost, že výzkumný soubor nebyl sestaven v souladu s pravidly randomizovaného výběru. Výzkumu se zúčastnily ženy, které projevíly zájem o nabízené vyšetření. Jednalo se o ženy navštěvující programy Univerzity třetího věku Fakulty tělesné kultury a Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, dále ženy navštěvující kluby seniorů. Dalším omezením může být velikost výzkumného souboru, který byl tvořen 53 ženami po menopauze.

Měření denzity kostní tkáně, tělesného složení a izokinetické síly probíhalo za standardních podmínek se snahou minimalizovat rušivé faktory. Probandky byly před každým měřením seznámeny s pravidly, která bylo nutné dodržovat, abychom získaly

validní informace o kostní denzitě, tělesném složení a izokinetické síle. Můžeme však pouze předpokládat, že byla daná pravidla dodržena v plném rozsahu.

Za limity práce považujeme skutečnost, že PA, monitorovaná v průběhu 7 dní, mohla být vyšší než v rámci běžného životního stylu probandek. Intenzita týdenní pohybové aktivity a počet kroků se mohl lišit mezi ženami se sedavým životním stylem a ženami preferující aktivní životní styl.

7 ZÁVĚRY

Hlavním cílem diplomové práce bylo vyšetření a analýza stavu kostní tkáně a geometrie proximálního femuru, PA, tělesného složení a svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu u skupiny postmenopauzálních žen ve věku 50–75 let. Celkově lze stav kostní tkáně a geometrie proximálního femuru zhodnotit kladně, neboť průměrná hodnota celotělového BMD se nacházela v normě a u více jak poloviny probandek byly hodnoty BMD proximálního femuru v normě. Dle průměrných hodnot celotělového a segmentálního *T*-skóre lze konstatovat, že se výzkumný soubor postmenopauzálních žen nacházel v normě.

Dle výsledků korelační analýzy jsme dospěly k závěru, že se kostní denzita se vzrůstajícím věkem snižuje. Statisticky významný vztah byl také zjištěn mezi BMD collum femoris a BMD Wardova trojúhelníku a YSM. Vliv věku na komplexní BMD a geometrii proximálního femuru nebyl prokázán, z tohoto důvodu jsme přijali H_{10} .

Probandky nejčastěji vykonávaly PA mírné intenzity, neplní tedy doporučení 150 minut středně zatěžující PA týdně. Dle průměrných hodnot počtu kroků za den lze konstatovat, že probandky plnily doporučení 10 000 kroků denně. Vliv PA různé intenzity nebyl prokázán na BMD proximálního femuru, ani na geometrii proximálního femuru, tudíž jsme přijali H_{20} .

V další části diplomové práce jsme se věnovali posouzení vlivu tělesného složení na BMD a geometrii proximálního femuru. Pozitivní vliv jsme zaznamenali u BFM vzhledem ke komplexnímu BMD proximálního femuru a BMD trochanter major. Z tohoto důvodu jsme přijali H_{3a} . Při posuzování vlivu BFM na geometrii proximálního femuru jsme došli k závěru, že s narůstající BFM se snižuje FSI. Signifikantní závislost nebyla nalezena v případě komplexního ukazatele BMD proximálního femuru a LBM, proto jsme přijali H_{40} . Průměrná hodnota BMI vypovídala o mírné nadváze výzkumného souboru. Avšak u převážné většiny žen se hodnoty BMI pohybovaly v normě.

Z prezentovaného výzkumu vyplynulo, že téměř všechny probandky z výzkumného souboru měly hodnoty FSI v normě, patologické hodnoty byly zaznamenány pouze u nízkého počtu probandek. Probandky dosahovaly vyšších průměrných hodnot peak torque pro extenzory než pro flexory. Vliv síly flexorů kyčelního kloubu na BMD a geometrii proximálního femuru nebyl prokázán, přijali jsme tedy H_{50} . Signifikantní závislost nebyla registrována ani mezi BMD proximálního femuru a silou extenzorů kyčelního kloubu, tudíž jsme přijali H_{60} .

8 SOUHRN

Menopauza představuje pro ženy dlouhodobou změnu, která se může negativně odrazit ve zdraví kostní tkáně. V současnosti existuje mnoho studií, které zkoumají vliv jednotlivých faktorů na kostní tkáň odděleně. Z tohoto důvodu se v naší diplomové práci snažíme nastínit vliv více vybraných faktorů na BMD proximálního femuru současně. Hlavním cílem diplomové práce bylo vyšetření a analýza stavu kostní tkáně a geometrie proximálního femuru, PA, tělesného složení a svalové síly flexorů a extenzorů kyčelního kloubu u skupiny postmenopauzálních žen.

Výzkumný soubor tvořilo 53 postmenopauzálních žen ve věkovém rozpětí 50–75 let, u kterých bylo provedeno vyšetření a analýza stavu kostní tkáně a tělesného složení prostřednictvím metody duální dvouenergie absorpciometrie (Lunar Prodigy Primo™). Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčelního kloubu byla měřena použitím izokinetického dynamometru IsoMed 2000. Pro měření byla použita úhlová rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$. Týdenní PA byla zaznamenána pomocí akcelerometru ActiGraph GT1M.

Na základě hodnot BMD proximálního femuru byla diagnostikována osteoporóza u 2 žen, což odpovídalo 4 % z výzkumného souboru. Osteopenie byla zjištěna u 20 žen a celkem 31 žen se nacházelo v normě. 92 % probandek z našeho výzkumného souboru mělo hodnoty FSI větší než 1 a nacházelo se tedy v normě. Zbýlých 8 % probandek mělo hodnoty nižší než 1, což považujeme za hodnoty patologické.

Z výsledků Pearsonovy korelační analýzy bylo zřejmé, že s narůstajícím věkem dochází ke snížení kostní denzity. V případě komplexního ukazatele BMD proximálního femuru a věkem nebyl prokázán statisticky významný vztah. Avšak signifikantní závislost byla zaznamenána mezi BMD collum femoris a Wardova trojúhelníku a věkem probandek a YSM.

V případě pohybové aktivity nebyla nalezena signifikantní závislost ani u jedné z proměnných. Z analýzy také vyplývá, že daný soubor tvořily aktivní ženy, jelikož vykonávaly vysoký průměrný počet kroků denně a plnily tak doporučení 10 000 kroků za den. Více jak polovina žen neplnila doporučení vztahující se k intenzitě pohybové aktivity.

Změny BMD proximálního femuru byly patrné u proměnných vztahujících se k tukové frakci. Výsledky korelační analýzy prokázaly, že se zvyšujícím se množstvím BFM signifikantně vzrůstá i BMD proximálního femuru. V tomto případě jsme signifikantní závislost zaznamenali mezi komplexním BMD proximálního femuru a BMD trochanter major

a tukovou frakcí. Naopak nebyla prokázána signifikantní závislost mezi BMD proximálního femuru a štíhlou tělesnou hmotou.

Mezi BMD proximálního femuru a silou flexorů kyčelního kloubu nebyl potvrzen statisticky významný vztah. Signifikantní závislost nebyla registrována ani mezi BMD proximálního femuru a silou extenzorů kyčelního kloubu. Vyšší průměrné hodnoty peak torque byly naměřeny pro extenzory než pro flexory.

Žádný signifikantní vztah nebyl nalezen mezi FSI a kolodiafyzárním úhlem a jednotlivými faktory.

Analýza vztahu mezi BMD a jednotlivými faktory u výzkumného souboru postmenopauzálních žen prokázala, že některé faktory ovlivňují kvalitu a stav kostní tkáně. S narůstajícím věkem dochází ke snižování kostní denzity. Výzkumný soubor hodnotíme dle počtu vykonaných kroků jako aktivní. Nejčastěji volená intenzita zatížení byla 1–3 METs. Intenzitě zatížení 3–6 METs a nad 6 METs se probandky téměř nevěnovaly. Se zvyšujícím se množstvím BFM se zvyšuje i BMD v oblasti proximálního femuru. Vyšší množství BFM má vliv i na FSI. Dále bylo prokázáno, že LBM ani peak torque flexorů a extenzorů nemají žádný významný vliv na BMD.

9 SUMMARY

Menopause presents a long-term change for women which may bring negative impacts on the health of bone tissue. Nowadays, many researches have been conducted with the focus on the influence of particular separate factors on bone tissue. Therefore, I have been trying to introduce the influence of more factors on BMD proximal femur at one time. The aim of the thesis is to examine and analyse the of condition of bone tissue and geometry of proximal femur, physical activity, body composition and muscle strength of the hop flexors and extensors among postmenopausal women.

The research was conducted on 53 postmenopausal women of 50-75 years who underwent examination and analysis of bone tissue condition and body composition by dual-energy absorptiometry (Lunar Prodigy Primo™). Unilateral concentric strength of flexors and extensors of hip bone was measured by isokinetic dynamometer IsoMed 2000. Measures were taken with angular velocity $60^{\circ}\cdot s^{-1}$. Week-long physical activity was recorded by accelerometer ActiGraph GT1M.

The figures of BMD proximal femur showed that two women (4% of research sample) suffered from osteoporosis. 20 women were diagnosed with osteopenia and the figures of 31 women were standard. 92% of probands of the reseach sample had figures higher than 1 which are considered as standard. The rest 8% of probands had figured lower than 1 which could be considered as pathological.

The results of Pearson Correlation showed clearly reduction of bone density with the rising age. There was not any significant relation proved between the complex indicator BMD proximal femur and age. However, the significant dependency was recorded between BMD collus femoris, Wards triangle, the age of probands and YSM.

As for physical activity, there was not found significant dependency among variables.

Analysis also shows that the sample included active women who complied high average daily number of steps and fulfilled the recommendation of 10.000 steps a day. More than a half woman did not fulfil the recommendation concerning intensity of physical activity.

Changes of BMD proximal femur were clear among variables concerning with fat fraction. The results of correlation analysis proved that BMD proximal femur increased significantly with rising amount of BFM. In that case, the significant dependency was recorded between complex BMD proximal femur and BMD trochanter major and fat fraction. On the contrary, the significant dependency was not proved between BMD proximal femur and lean body mass.

Statistically significant relation was not confirmed between BMD proximal femur and strength of hip flexors. Significant dependency was not registered between BMD proximal femur and strength of hip extensors. Extensors were measured higher average figures peak torque than flexors.

Between FSI and neck-shaft angle and particular factors was not found any significant relation.

Analysis of the relationship between between BMD and individual factors showed that several factors influence the quality and condition of the bone tissue. With increasing age there is a reduction in bone density. The research group evaluated according to the number of steps performed as active. Most elected intensity was 1–3 METs. Load intensity 3–6 METs and above 6 METs is probandky almost did not pay. With the increasing number of BFM also increased BMD in the proximal femur. Higher amounts of BFM has an impact on the FSI. Furthermore, it was demonstrated that LBM or peak torque of flexors and extensors have no significant effect on BMD.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Ahmadiéh, H., & Arabi, A. (2011). Vitamins and bone health: beyond calcium and vitamin D. *Nutrition Reviews*, 69(10), 584–598.
- Allen, M. D., Johnstone, J., Rice, C. L., & Marsh, G. D. (2011). Differences in leg bone geometry in young, old and very old women. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2856–2871.
- Anonymous. Časový odstup denzitometrických vyšetření při screeningu osteoporózy. Retrieved 13. 1. 2013 from World Wide Web: <http://www.osteoporoz.cz/clinical-updates/casovy-odstup-denzitometrickych-vysetreni-pri-screeningu-osteoporozy-1111>
- Anonymous. Izokinetika, izokinetická dynamometrie, izokinetické přístroje. Retrieved 28. 4. 2013 from World Wide Web: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/poloka-menu-3/o-metod>
- Bartl, R., & Frish, B. (2009). Osteoporosis: diagnosis, prevention, therapy (2nd rev. ed.). Berlin; Heidelberg: Springer.
- Baum, T., Carballido-Gamio, J., Huber, M. B. et al. (2010). Automated 3D trabecular bone structure analysis of the proximal femur–prediction of biomechanical strength by CT and DXA. *Osteoporosis International*, 21, 1553–1564.
- Binovský, A. (2003). Funkčná anatómia pohybového systému. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Berger, C., Langsetmo, L., Joseph, L. et al. (2008). Change in bone mineral density as a function of age in women and men and association with the use of antiresorptive agents. *Canadian Medical Association Journal*, 178(13), 1660–1668.
- Blahoš, J. (2011). Stárnutí kostí a význam osteocytů. *Osteologický bulletin*, 16 (2), 52–54.
- Blain H, Vuillemin A, Teissier A, Hanesse B, Guillemin F, & Jeandel C. (2001). Influence of muscle strength and body weight and composition on regional bone mineral density in healthy women aged 60 years and over. *Gerontology*, 47(4), 207–212. Retrieved 21. 4. 2013 from World Wide Web: <http://www.karger.com/Article/Abstract/52800>
- Bohannon, R., W. (2008). Hand-Grip Dynamometry Predicts Future Outcomes in Aging Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 31(1), 3–10.
- Boyer, K., Kiratli, B., Andriacchi, T., & Beaupre, G. (2011). Maintaining femoral bone density in adults: how many steps per day are enough? *Osteoporosis International*, 22, 2981–2988.

- Broulík, P. (2008). Ovlivnění výskytu zlomenin krčku kosti stehenní léčbou ibandronátem. *Farmakoterapie* 4(6), 653–655.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in Human Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brown, L. B., Streeten, E. A., Shapiro, J. R., et al. (2005). Genetic and environmental influences on bone mineral density in pre- and post-menopausal women. *Osteoporosis International*, 16, 1849–1856.
- Bužga, M., Zavadilová, V., Vlčková, J. et al. (2012). Porovnání výsledků různých metod stanovení tělesného tuku. *Hygiena* 57(3), 105–109.
- Castillo, E. M., Goodman-Gruen, D., Krtiz-Silverstein, D., Morton, D. J., Wingard, D. L., & Barrett-Connor, E. (2003). Sarcopenia in elderly men and women: The Rancho Bernardo study. *American Journal of Preventive Medicine*, 25(3), 226–231.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 1*. Praha: Avicenum.
- Doleželová, I. (2009). Léčebné možnosti výživy seniorů. Retrieved 28. 4. 2013 from World Wide Web: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/lecebne-moznosti-vyzivy-u-senioru-447839>.
- Duchman, R. L., & Berg, K. E. (2006). The Implication of genetics and Physical Activity on the Incidence of Osteoporosis in Pre- and Postmenopausal Women: A Review. *Stength and Conditioning Journal*, 28(2), 26–32.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics (Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications)*. Elsevier Limited.
- Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada.
- Faulkner, K. G., Wacker, W. K., Barden, H. S., Simonelli, C., Burke, P. K., Ragi, S., & Del Rio, L. (2006). Femur strength index predicts hip fracture independent of bone density and hip axis length. *Osteoporosis International*, 17, 593–599.
- Fojtík, P., Urban, O., Falt, P., & Novosad, P. (2009). Výživa a sekundární osteoporóza. *Interní medicína*, 11(12), 561–568.
- Gába, A., & Kapuš, O. (2012). Tělesné složení jako faktor ovlivňující kostní denzitu u postmenopauzálních žen. *Osteologický bulletin*, 17(2), 59–64.
- Gába, A., Kapuš, O., Pelclová, J., & Riegerová, J. (2012). The relationship between accelerometer-determined physical activity (PA) and body composition and bone mineral density (BMD) in postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54, 315–321.

- Gába, A., & Přidalová, M. (2013). Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18–89 years: a cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*.
- Gerdhem, P., Ringsberg, K., Åkesson, K., & Obrant, K. (2003). Influence of muscle strength, physical activity and weight on bone mass in a population-based sample of 1004 elderly women. *Osteoporosis International*, 14, 768–772.
- Giuliani, C. A., Gruber-Baldini, A. L., Park, N. S., Schrodt, L. A., Rokoske, F., Sloane, P. A., & Zimmerman, S. (2008). Physical Performance Characteristics of Assisted Living Residents and Risk for Adverse Health Outcomes. *The Gerontologist*, 48(2), 203–212.
- Gjesdal C. (2008). Impact of lean mass and fat mass on bone mineral density: The Hordaland Health Study. *Maturitas*, 59(2), 191–200. Retrieved 21. 4. 2013 from World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378512207003556>
- Gnudi, S., Malavolta, N., Testi, D., & Viceconti, M. (2004). Differences in proximal femur geometry distinguish vertebral from femoral neck fractures in osteoporotic women. *The British Journal of Radiology*, 77, 219–223.
- Gnudi, S., Sitta, E., & Fiumi, N. (2007). Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 25, 326–332.
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., & Siervogel, R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 405–411.
- Heaney, R. P., Abrams, S., Dawson-Hughes, B., Looker, A., Marcus, R., Matkovic, V., et al. (2000). Peak bone mass. [Review]. *Osteoporosis international*, 11(12), 985-1009.
- Heymsfield, S., Wang, Z., Baumgartner, R., & Ross, R. (1997). Human body composition: Advances in Models and Methods. *Annual Review of Nutrition*, 17, 527–588.
- Hinriksdóttir, G., Arngrímsson, S. Á, Misic, M. M., & Evans, E. M. (2013). Lean soft tissue contributes more to bone health than fat mass independent of physical activity in women across the lifespan. *Maturitas*, 74, 264–269.
- 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.
- Horák, P., Píka, T. (2006). Současné možnosti diagnostiky a léčby osteoporózy. *Vnitřní lékařství*, 52 (7–8), 749–755.

- Hwang, H. J., Park, S. Y., Lee, S. H., Han, S. B., & Ro, K. H. (2012). Differences in Bone Mineral Density between the Right and Left Hips in Postmenopausal Women. *Journal of Korean Medical Science*, 27(6), 686–90.
- Choi, H. S., Kim, K. J., Kim, K. M., Hur, N. W., Rhee, Y., Han, D. S., Lee, E. J., & Lim, S. K. (2010). Relationship Between Visceral Adiposity and Bone Mineral Density in Korean Adults. *Calcif Tissue International*.
- Ijuin, M., Douchi, T., Matsuo, T., Yamamoto, S., Uto, H., & Nagata, Y. (2002). Difference in the effects of body composition on bone mineral density between pre- and postmenopausal women. *Maturitas*, 43, 239–244.
- Im, G. I., & Lim, M. J. (2011). Proximal hip geometry and hip fracture risk assessment in a Korean population. *Osteoporosis International*, 22, 803–807.
- Jenšovský, J. (2007). Význam kalcia a vitamínu D v léčbě postmenopauzální osteoporózy. *Klimakterická medicína*, 12(1), 6–9.
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Zavázalová, H., Holmerová, I., Weber, P. et al. (2008). Geriatrické syndromy a geriatrický pacient. Praha: Grada.
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Zavázalová, H., Sucharda, P. et al. (2004). Geriatrie a gerontologie. Praha: Grada.
- Kapoor, D., & Jones, T. H. (2005). Smoking and hormones in health and endocrine disorders. *European Journal of Endocrinology*, 152, 491–499.
- Kapuš, O., Gába, A., Riegerová, J., & Pelclová, J. (2010). Hodnocení vztahů tělesného složení, pohybové aktivity a kostní denzity u postmenopauzálních žen. *Česká antropologie*, 60(1), 5–9.
- Kapuš, O., Gába, A., Riegerová, J., & Pelclová, J. (2011). Posouzení stavu kostní tkáně a tělesného složení u žen na základě odlišné úrovně pohybové aktivity. *Česká antropologie*, 61(2), 11–15.
- Karabulut, O., Tencer, M. C., Karabulut, Z., Hatipoğlu, E. S., Nazaroğlu, H., & Akkuş, Z. (2010). Evaluation of the Singh index and Femur Geometry in Osteoporotic Women. *Central European Journal of Medicine*, 5(5), 601–610.
- Koudela, K., Kasal, E., Matějka, J., & Vyskočil, V. (2009). Geriatrická traumatologie – vize nebo skutečnost. Retrieved 13. 1. 2013 from World Wide Web: <http://www.achot.cz/detail.php?stat=292>.
- Krátká, J. (2007). Biologické stáří skeletu a jeho úloha v prevenci osteoporózy. *Československá fyziologie*, 1(56), 10–14.

- Křivánková, M., & Hradová, M. (2009). *Somatologie – Učebnice pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada.
- Lehnert, M., & Novosad, J. (2010). Síla. In Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lekamwasam, S., & Lenora, R. S. (2003). Effect of leg rotation on hip bone mineral density measurements. *Journal of Clinical Densitometry*, 6(4), 331–336.
- Máček, M., Máčková, J., & Smolíková, L. (2010). Počet kroků jako ukazatel tělesné zdatnosti. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 19(2), 56–61.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Miller, L. E., Nickols-Richardson, S. M., Wootten, D. F., Ramp, W. K., & Herbert, W. G. (2004). Relationships Among Bone Mineral Density, Body Composition, and Isokinetic Strength in Young Women. *Calcified Tissue International*, 74, 229–235.
- Naňka, O., & Elišková, M. (2009). *Přehled anatomie (Druhé, doplněné a přepracované vydání)*. Praha: Galén, Karolinum.
- Nowakowski, A. M., Ochsner, P. E., Majewski, M. (2010). Classification of femoral neck fractures according to pauwels: interpretation and confusion. *J. Biomedical Science and Engeneering*, 3, 638–643.
- Nur, H., Toraman N, Arica Z, Sarier N, Samur A. (2012) The relationship between body composition and bone mineral density in postmenopausal Turkish women. *Rheumatology International*, 33(3), 607–612. Retrieved 21. 4. 2013 from World Wide Web: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00296-012-2391-7>.
- Palička, V., Živný, P., & Friedecký, B. Některé aspekty metabolismu kostních buněk na molekulární úrovni a genetické aspekty osteoporosy. Retrieved 1. 5. 2013 from World Wide Web: http://www.roche-diagnostics.cz/download/prolekare/regulace_metab_kosti_genetika_OP_web_June08.pdf
- Placheta, Z., Siegelová, J., Štejfa, M. et al.(1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Pulkkinen, P., Partanen, J., Jalovaara, P., & Jämsä, T. (2012). BMD T-score discriminates trochanteric fractures from unfractured controls, whereas geometry discriminates cervical fractures cases from unfractured controls of similar BMD. *Osteoporosis International* 21, 1269–1276.

- Ralston, S. H., & Uitterlinden, A. G. (2010). Genetics of Osteoporosis. *Endocrine Reviews*, 31(5), 629–662.
- Reid, I. R. (2002). Relationship among Body Mass, Its Components, and Bone. *Bone*, 31(5), 547–555.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. Olomouc: Hanex.
- Sayer, A. A., Syddal, H. E., Martin, H. J., Dennison, E. D., Roberts, H. C., & Cooper, C. (2006). Is grip strength associated with health-related quality of life? Findings from the Hertfordshire Cohort Study. *Age and aging*, 35, 409–415.
- Siris, E. S., Brennan, S. K., Barrett-Connor, E., Miller, P. D., Sajjan, S., Berger, M. L., & Chen, Y. T. (2006). The effect age and bone mineral density on the absolute, excess, and relative risk of fracture in postmenopausal women aged 50–99: results from the National Osteoporosis Risk Assessment (NORA). *Osteoporosis International*, 17, 565–574.
- Smékal, D., & Lepšíková, M. (2009). Vyšetření svalové síly. In Kolář, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Smitka, K. (2011). Adipokiny a hormonální funkce tukové tkáně. *Česká kinantropologie*, 15(1), 11–16.
- Sööt, T., Jürimäe, T., Jürimäe, J., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2005). Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 23, 401–406.
- Štěpán, J. (2005). Osteoporóza a cíle její léčby. *Farmakoterapie v gynekologii*, 5, 229–243.
- Teegarden, D., Proulx, W. R., Martin, B. R., Zhao, J., McCabe, G. P., Lyle, R. M., et al. (1995). Peak bone mass in young women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 10(5), 711–715
- Thompson, D., Karpe, F., Lafontan, M., & Frayn, K. (2012). Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological Reviews*, 92, 157–191.
- Tucker, K. L., Jugdaohsingh, R., Powell, J. J., Qiao, N., Hannan, M. T., Sripanyakorn, S., Cupples, L. A., & Kiel, D. P. (2009). Effects of beer, wine, and liquor intakes on bone mineral density in older men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1188–1196.
- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. J. (2004). How Many Steps/ Day Are Enough? Preliminary Pedometers Indices for Public Health. *Sports Medicine*, 34(1), 1–8.

- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Aoyagi, Y., Bell, R. C., Croteau, K. A., De Bourdeaudhuij, I., et al. (2011). How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8. Retrieved 12. 6. 2013 from World Wide Web: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00394-013-0514-x>
- U. S. Department of Health and Human Services. (2008). 2008 Physical Activity Guidelines for Americans: Be Active, Healthy, and Happy. Retrieved 8. 4. 2013 from World Wide Web: <http://www.health.gov/paguidelines/pdf/paguide.pdf>.
- Visser, M., Deeg, D. J. H., & Lips, P. (2003). Low Vitamin D and High Parathyroid Hormone Levels as Determinants of Loss of Muscle Strength and Muscl Mass (Sarcopenia): The Longitudinal Aging Study Amsterdam. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 88(12), 5766–5772.
- Voort, D. J. M., Weijer, P. H. M., & Barentsen, R. (2003). Early menopause: increased fracture risk at older age. *Osteoporosis International*, 14, 525–530.
- Votavová, M, Ištvančková, E., & Jarošová, H. (2009). Jak předcházet osteoporotickým zlomeninám? Retrieved 16. 3. 2013 from World Wide Web: http://www.address.cz/data/www.sanquis.cz/articles/files/6061_jak_predchazet_osteoporotickym_zlomeninam.pdf
- Vyskočil, V., & Kutřílek, Š. (2000). Nejdůležitější metody pro vyšetřování kostního minerálu a jeho struktury in vivo. Retrieved 13. 1. 2013 from World Wide Web: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/nejdulezitejsi-metody-pro-vysetrovani-kostniho-mineralu-a-jeho-s-131299>
- Vyskočil, V., & Blahoš, J. (2011). Postmenopauzální osteoporóza. Retrieved 13. 1. 2013 from World Wide Web: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/postmenopauzalni-osteoporoz-461274>.
- Vyskočil, V, & Pavelka, T. (2011). Nové možnosti DXA diagnostiky a její limitace. *Osteologický bulletin*, 16(3), 78–86.
- Wang, Z., Pierson, Jr. R., & Heymsfield, S. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19–28.
- Warming, L., Hassager, C., & Christiansen, C. (2002). Changes in Bone Mineral Density with Age in Men and Women: A Longitudinal Study. *Osteoporosis International*, 13, 105–112.
- Wendlová, J. (2010). Femur strength index versus bone mineral density: new findings (Slovak epidemiological etudy). *Vnitřní lékařství*, 56(7), 764–770.

- Winters, K., & Snow, Ch. (2000). Body Composition Predicts Bone Mineral Density and Balance in Premenopausal Women. *Journal of Women's Health & Gender-Based Medicine*, 9, 865–872.
- World Health Organization. (2003). Prevention and management of osteoporosis: report of a WHO scientific Group. Geneva: WHO.
- Živný, J. (2004). Stárnutí ženy a hormonální substituční terapie. Retrieved 4. 4. 2013 from World Wide Web: http://www.solen.sk/index.php?page=pdf_view&pdf_id=1914.