

Univerzita Palackého v Olomouci

Diplomová práce

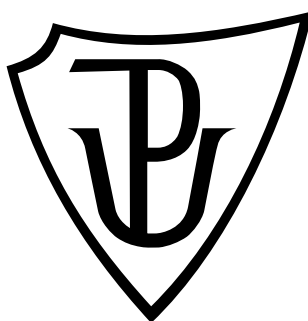
Olomouc 2019

Bc. Barbora Lukášová

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



**Vybrané tělesné obvody a jejich vztah
k svalové síle a kostní denzitě
postmenopauzálních žen.**

Diplomová práce

Bc. Barbora Lukášová

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Zoologie

Forma studia: Prezenční

Olomouc 2019

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Ondřeje Kapuše, Ph.D. a pouze s použitím citované literatury.

V Olomouci dne 16. 04. 2019

.....

podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vybranými parametry tělesného složení, tělesných obvodů a jejich vztahu ke svalové síle a kostní denzitě vybraného souboru postmenopauzálních žen ve věku od 50 do 74 let. Tuto skupinu tvořilo 58 žen, které pravidelně navštěvovaly Univerzitu třetího věku při Univerzitě Palackého v Olomouci. Průměrný věk probandek byl 62,1 let. Oblast lumbální páteře, proximální část levého femuru a celotělová BMD byly měřeny pomocí přístroje DXA Lunar Prodigy PrimoTM. Stanovení izokinetické svalové síly bylo provedeno pomocí izokinetického dynamometru IsoMed 2000 a pohybová aktivita byla zaznamenávána akcelerometrem ActiGraph GT1M. Pro závěrečnou analýzu dat byl použit program Statistica verze 13.4.

Statisticky významný ($p \leq 0,01$) a negativní vztah nacházíme mezi počtem kroků a měřenými obvody. Zaznamenali jsme statisticky významný úbytek u obvodu boků a signifikantní pokles u obvodu lýtka mezi probandkami, u kterých byla klasifikována osteopenie a u probandek v normě na základě proximálního femuru. Obecně mezi kategoriemi osteopenie a norma dochází u ostatních sledovaných parametrů k poklesu hodnot, ale již bez signifikance. Tento úbytek obvodů pravděpodobně souvisí se statisticky významným ($p < 0,01$) úbytkem tukové tkáně mezi danými kategoriemi. Na základě T-skóre lumbální páteře jsme zaznamenali větší počet probandek s osteopenií než s normální denzitou.

Klíčová slova: tělesné obvody, svalová síla, kostní denzita, menopauza, osteoporóza

Abstract

This thesis deals with selected parameters of body composition, body circuits, and their relationship to muscle strength and bone density of a selected group of postmenopausal women aged 50 to 74 years. This group consisted of 58 women who regularly attended the University of the Third Age at Palacký University in Olomouc. The average proband age was 62.1 years. The lumbar spine area, proximal left femur, and full body BMD were measured with a DXA Lunar Prodigy PrimoTM, an isokinetic dynamometer using IsoMed 2000 and motobound was used to determine isokinetic muscle strength; activity was recorded with ActiGraph GT1M accelerometer. For the final data analysis Statistica version 13.4 was used.

Statistically significant ($P \leq 0.01$) and the negative relationship are between the number of steps and the measured circuits. There was a statistically significant decrease in the circumference of the hips and a significant decrease in the calf circumference between the probands classified as osteopenia and in the probands in the normal range based on proximal femur. Generally, among the other monitored parameters osteopenia and normal range, there is a decrease in values, but no significant significance. This loss of circuits is probably related to a statistically significant ($P < 0.01$) loss of adipose tissue between these categories. Based on the lumbar spine T-score, we recorded a greater number of probands with osteopenia than normal density.

Key words: body circuits, muscle strength, bone density, menopause, osteoporosis

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce Mgr. Ondřeji Kapušovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky, podněty, cenné rady a poskytnuté materiály.

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	9
3	SYNTÉZA POZNATKŮ	11
3.1	KOSTERNÍ SOUSTAVA	11
3.1.1	<i>Stavba kostí</i>	11
3.1.2	<i>Dělení kostí podle tvaru</i>	14
3.1.3	<i>Vznik a vývoj kostí</i>	15
3.1.4	<i>Osteoporóza</i>	17
3.1.5	<i>Rizikové faktory osteoporózy</i>	18
3.1.6	<i>Diagnostika osteoporózy</i>	19
3.1.7	<i>Osteoporóza a menopauza</i>	20
3.2	SVALOVÁ SOUSTAVA.....	21
3.2.1	<i>Stavba svalu</i>	21
3.2.2	<i>Funkce svalu</i>	23
3.2.3	<i>Svalová síla</i>	24
3.2.4	<i>Sarkopenie</i>	25
3.2.5	<i>Dělení sarkopenie</i>	26
3.3	TĚLESNÉ SLOŽENÍ.....	27
3.4	TĚLESNÉ OBVODY	28
3.4.1	<i>WHR</i>	29
4	MATERIÁL A METODY	31
4.1	CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU A METODY.....	31
4.2	HODNOCENÍ TĚLESNÝCH OBVODŮ	31
4.3	HODNOCENÍ KOSTNÍ TKÁŇĚ A TĚLESNÉHO SLOŽENÍ	32
4.4	IZOKINETICKÉ STANOVENÍ SVALOVÉ SÍLY	33
4.5	POHYBOVÁ AKTIVITA	34
4.6	STATISTICKÁ ANALÝZA.....	35
4.7	VYMEZENÍ INDEXŮ.....	35
5	VÝSLEDKY	36
6	DISKUSE	46
7	ZÁVĚRY	50
8	SOUHRN	51
9	SUMMARY	52
10	PŘÍLOHY	53
11	REFERENČNÍ SEZNAM	54

1 Úvod

Díky neustálému prodlužování délky lidského života se téma stárnutí stává stále více diskutovaným tématem a přitahuje pozornost a zájem nejen odborníků, ale i široké veřejnosti. Podle statistických dat populace stárne a to nejen v České republice, ale i v Evropské unii. Proto osteoporóza i sarkopenie v dnešní době představují často zkoumané téma. Tato onemocnění se stávají stále větším nepřítelem a to především pro ženskou část populace v období postmenopauzy. Toto období je spojeno s celou řadou hormonálních i tělesných změn, které se mohou projevit nejen změnami v tělesném složení a kvalitě kostní tkáně, ale mohou ovlivnit i životní styl ženy. V těle ubývá tukuprostá hmota, ochabuje kosterní svalstvo a zvyšuje se množství tělesného tuku.

Nejpodstatnějším faktorem vzniku osteoporózy je stárnutí organismu. Dochází ke zrychlenému úbytku kostní denzity spolu se snížením objemu kostí. Následkem tohoto onemocnění jsou pak časté zlomeniny krčku stehenní kosti a páteřních obratlů, což je často i důsledek zvýšené mortality. Nejlepší prevencí tohoto onemocnění je vyhýbat se rizikovým faktorům, jako je kouření, alkohol, sedavý způsob života a nevyvážená strava.

Sarkopenie je proces, kdy se zvyšujícím věkem dochází k úbytku svalové hmoty, což vede ke zhoršené fyzické zdatnosti a často až k nesoběstačnosti seniorů. I přesto, že je toto téma v současné době hojně studované, stále se nepodařilo určit přesnou příčinu tohoto onemocnění. Mezi hlavní vlivy napomáhající vzniku tohoto onemocnění patří nedostatečná pohybová aktivita, špatná životospráva, obezita, genetické predispozice nebo také oxidační stres a hladiny hormonů.

V této diplomové práci se zaměřujeme na vybrané tělesné obvody žen po menopauze a jejich vliv na svalovou sílu a kostní denzitu.

2 Cíle práce a hypotézy

Hlavním cílem práce je posouzení vztahu vybraných tělesných obvodů ke svalové síle a kostní denzitě postmenopauzálních žen

Teoretická část se zabývá především obecným popisem kosterní a svalové soustavy, jejich funkcemi a onemocněními postihujícími jednotlivé soustavy v pozdějším věku.

Díličními úkoly diplomové práce jsou:

- 1) Posoudit vztah mezi vybranými obvody těla a kostní denzitou proximálního femuru, lumbální oblasti páteře a celotělovou denzitou.
- 2) Posoudit vztah mezi vybranými obvody těla a svalovou silou kyčelního kloubu, stiskem ruky a dalšími vybranými charakteristikami.
- 3) Analyzovat rozdíly vybraných charakteristik na základě T-skóre proximálního femuru, lumbální oblasti páteře a celotělovou denzitou.
- 4) Posoudit vliv skrytých proměnných (věk, kouření, tělesná výška, objem pohybové aktivity) na vztah mezi svalovou silou, kostní denzitou a tělesnými obvody

Hypotézy:

$H1_0$: U žen po menopauze neexistuje vztah mezi tělesnými obvody a kostní denzitou sledovaných oblastí těla

$H1_a$: Vyšší hodnoty tělesných obvodů souvisí se statisticky významně vyššími hodnotami kostní denzity sledovaných oblastí těla

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: tělesné obvody

$H2_0$: U žen po menopauze neexistuje vztah mezi tělesnými obvody a svalovou silou

$H2_a$: Vyšší hodnoty tělesných obvodů souvisí se statisticky významně vyššími hodnotami svalové síly

závisle proměnná: svalová síla

nezávisle proměnná: tělesné obvody

H3₀: Kouření, tělesná výška, věk či objem pohybové aktivity se nepodílí na asociaci mezi tělesnými obvody a svalovou silou u žen po menopauze

H3_a: Výše uvedené skryté proměnné se statisticky významně podílí na asociaci mezi tělesnými obvody a svalovou silou u žen po menopauze

závisle proměnná: svalová síla

nezávisle proměnná: tělesné obvody

skryté proměnné: kouření, tělesná výška, věk, objem pohybové aktivity

H4₀: Kouření, tělesná výška, věk či objem pohybové aktivity se nepodílí na asociaci mezi tělesnými obvody a kostní denzitou u žen po menopauze.

H4_a: Výše uvedené skryté proměnné se statisticky významně podílí na asociaci mezi tělesnými obvody a kostní denzitou u žen po menopauze

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: tělesné obvody

skryté proměnné: kouření, tělesná výška, věk, objem pohybové aktivity

3 Syntéza poznatků

3.1 Kosterní soustava

Kostra tvoří pevnou oporu těla a označuje se proto jako pasivní pohybový aparát. Kostra se skládá z jednotlivých kostí, vzájemně spojených pevně nebo pomocí kloubů (Holibková & Laichman 2006). Kostra dospělého člověka se skládá přibližně z 200 kostí a tvoří téměř 1/5 lidské hmotnosti (Vyskočil 2009).

Kost je metabolicky aktivní orgán, který plní funkci mechanické opory, vytváří prostor pro kostní dřev, zajišťuje homeostázu kalcia a účastní se úpravy acidobazické rovnováhy (Kalvach et al. 2004).

3.1.1 Stavba kostí

Kostní tkáň se skládá ze tří typů buněk (osteoblastů, osteocytů a osteoklastů) a z mezibuněčné hmoty, která má složku organickou a anorganickou (Grim et al. 2001).

Osteoblasty – jedná se o kubické buňky produkující organickou složku mezibuněčné hmoty (matrix). Jsou uloženy v periostu a kostních dutinách. Metabolická aktivita osteoblastu se snižuje, jakmile je buňka obklopena matrix. Osteoblast se poté mění na osteocyt (Holibková & Laichman 2006). Osteoblasty přežívají 1–200 dnů (Blahoš 2011).

Osteocyty – protáhlé buňky s velkým množstvím výběžků. Nacházejí se v lakunách kosti. Zajišťují metabolismus a obměnu kostní mezibuněčné hmoty (Holibková & Laichman 2006). Osteocyty přežívají 1–50 let a jsou asi 1 000krát četnější než osteoklasty a 10krát četnější než osteoblasty. V průběhu stárnutí kosti osteocytů ubývá, zůstávají prázdné prostory, což vede ke zvýšené křehkosti kostí (Blahoš 2011).

Osteoklasty – velké mnohоядерné buňky blízké monocytům. Pomocí proteolytických enzymů zajišťují odbourávání kostní hmoty. Jsou schopny aktivního pohybu, většinou se však nacházejí v tzv. Howshipových lakunách. Resorpce kostní hmoty

pomocí osteoklastů je aktivována parathormonem a inhibována kalcitoninem (Grim et al. 2001).

Organickou složku mezibuněčné hmoty označujeme také jako složku ústrojnou (ossein), kterou tvoří svazky kolagenních fibril stmelené základní amorfni hmotou (Čihák et al. 2011). Obsahuje především kolagen typu I a proteiny s glykosaminoglykany (Grim et al. 2011). Do této složky se ukládá minerální složka, která je tvořena krystaly soli (Čihák et al. 2011).

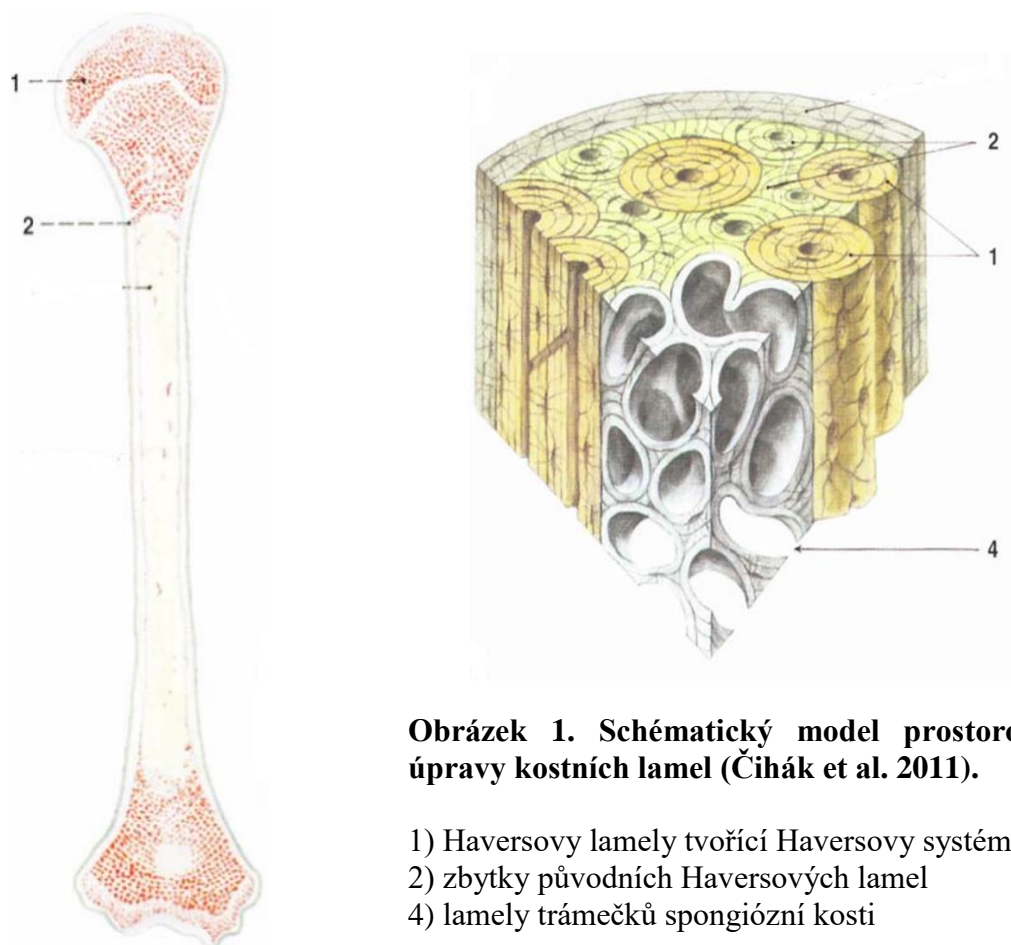
Minerální (anorganická) složka je tvořena především sloučeninami vápníku a fosforu v podobě krystalků hydroxyapatitu a fosforečnanu vápenatého. Dále je tvořena uhličitany a citráty (Grim et al. 2011). Minerální složka zajišťuje kosti pevnost a tvrdost, zatímco organická složka zajišťuje kosti její pružnost. Během života se poměr mezi osseinem a minerální složkou mění. S přibývajícím věkem přibývá minerální složky, a proto jsou kosti v pozdějším věku křehčí (Kocián & Patlejchová 1998).

Rozeznáváme dva typy kostní tkáně, a to *substantia compacta* (kostní tkáň hutná, kompaktní), která tvoří převážně povrch kostí a *substantia spongiosa* (kostní tkáň houbovitá, trámčítá), která se u člověka nachází uvnitř kostí (Čihák et al. 2011).

Substantia compacta je uspořádána do soustředných nebo trubicovitých lamel (Přidalová & Riegerová 2002). Asi dvacet lamel koncentricky uspořádaných kolem Haversova kanálku tvoří osteony, neboli Haversovy systémy. Jedná se o základní stavební a funkční jednotku kosti hutné. Středem Haversova kanálku prochází cévy, které jsou doprovázené nervovými vlákny (Blahoš 2011). Haversovy kanálky jsou vzájemně propojeny příčnými a šikmými Volkmannovými kanálky, kterými dovnitř vstupují nervy a cévy, takže je dokonale propojen krevní oběh i mezi jednotlivými osteony (Přidalová & Riegerová 2002). Z kosti kompaktní jsou složena především těla dlouhých kostí, jako je *humerus* a *femur* a tvoří také povrchovou vrstvu plochých a krátkých kostí (Spirduso et al. 2005).

Substantia spongiosa je složena z trámců a plotének, jenž jsou uspořádány obdobně jako lamely osteonů (Přidalová & Riegerová 2002). V dlouhých kostech v blízkosti kloubů nacházíme větší množství trámců, které mají speciální mechanické vlastnosti, umožňující přenášení sil vznikajících při chůzi a nošení břemen (Freiwald & Kruse 2000). Orientace trámců kopíruje linii zátěže, kde se vytváří typické houbovitě struktury (Vyskočil 2009).

Stavba kosti kompaktní i houbovitě je ovlivněna dědičností, individuálním zatížením a způsobem života (Freiwald & Kruse 2000).



Obrázek 1. Schématický model prostorové úpravy kostních lamel (Čihák et al. 2011).

- 1) Haversovy lamely tvořící Haversovy systémy
- 2) zbytky původních Haversových lamel
- 4) lamely trámečků spongiózní kosti

Obrázek 2. Podíl kompaktní a spongiózní kostní tkáně (Čihák et al. 2011).

- 1) spongiózní kostní tkáň
- 2) kompaktní kostní tkáň

Vnitřní dutiny kostí vyplňuje kostní dřev (*medulla ossium*). Jedná se o měkkou tkáň sloužící především ke krvetvorbě. Rozlišujeme červenou, žlutou a šedou kostní dřev (Čihák et al 2011).

Červená kostní dřev – je tvořena sítí retikulárního vaziva, ve kterém jsou uloženy mateřské buňky pro tvorbu erytrocytů, granulocytů, také část lymfocytů a krevních destiček. Nachází se v houbovité kostní tkáni kloubních konců dlouhých kostí, v houbovité tkáni krátkých kostí, v žebrech, pánevních kostech, sternu a diploe.

Žlutá kostní dřev – vzniká z červené kostní dřevě, kdy je retikulární vazivo prostoupeno tukovými buňkami a vytváří tak energetickou zásobu. Žlutá kostní dřev je

kolem dvacátého roku věku člověka v dřevných dutinkách dlouhých kostí, kromě proximálního konce těla femuru a humeru.

Šedá kostní dřev – vzniká ze žluté kostní dřevě ztrátou tuku během procesu stárnutí (Přidalová & Riegerová 2002).

Další podstatnou součástí kosti je okostice neboli periost. Kromě míst, kde je kost kryta chrupavkou (místa, kde je kost spojena svalem a kloubní konce kostí), kryje povrch kosti periost (Čihák et al. 2011). Periost je tuhá, pevná a nestejně silná vazivová vrstva, která je pevně přilnuta k povrchu kostní kompakty prostřednictvím kolagenních Sharpeyových vláken (Přidalová & Riegerová 2002). Periost představuje nejen mechanickou ochranu kosti, ale je také významným zdrojem cévního zásobení, protože spolu se Sharpeyovými vlákny vstupují do kompakty také cévy (Dylevský 2009).

Periost se skládá ze dvou vrstev:

Zevní vrstva je fibrózní a její základní složkou je husté vazivo se snopci uloženými spíše podélně.

Hlubší vrstva je složena z vazivových buněk uspořádaných nepravidelně a je označována taktéž jako kambiová (Holibková & Laichman 2006). V růstovém období a při regeneraci kosti obsahuje osteoblasty, jejichž činností kost přirůstá do šířky (Čihák et al. 2011).

3.1.2 Dělení kostí podle tvaru

Kost můžeme rozdělit podle tvaru na kost dlouhou, krátkou a plochou (Čihák et al. 2011).

Kost dlouhá (*os longum*) je členěna na tělo kosti, diafýzu, a dva kloubní konce, epifýzy. Epifýzy jsou od diafýzy odděleny růstovou chrupavkou (Holibková & Laichman 2006). Diafýza dlouhých kostí je dutá a její dutina obsahuje kostní dřev. Kloubní konce jsou kryty slabší vrstvou kompaktní kostní tkáně, pod kterou se nachází spongiózní kostní tkáň (Čihák et al. 2011). Dlouhé kosti tvoří především kosti končetin, jako jsou kost pažní, vřetenní, loketní, klíční kost, žebra, kost stehenní, holenní a lýtková (Dylevský 2009).

Kost krátká (*os brevis*) se stavbou podobá epifýzám dlouhých kostí. Na povrchu je tenká vrstva kompaktní tkáně, pod kterou se nachází spongiózní kostní tkáň, která je však

hustší než u dlouhé kosti. Hustší trámčitá struktura přenáší a rozděluje tlak na funkčně podmíněné linie spongiózy (Čihák et al. 2011).

Kost plochá (*os planum*) má tenkou vrstvu kompaktní kostní tkáně na zevním i vnitřním povrchu a mezi nimi se nachází spongiózní kostní tkáň (Dokládal & Páč 1991). Podílejí se na stavbě obou pletenců končetin (lopatka, kyčelní kost), na skeletu hrudníku (hrudní kost) a lebeční klenby (Dylevský 2009).

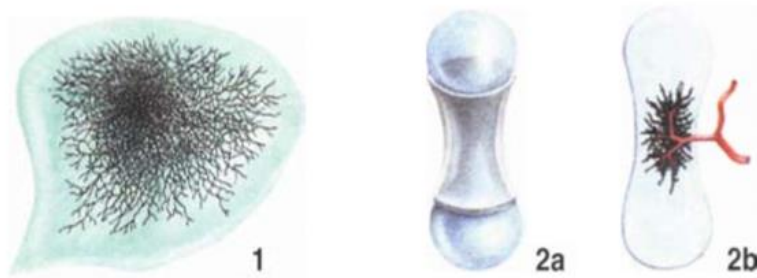
Některé kosti se vymykají předchozím tvarům a označují se jako kosti nepravidelné. Kosti, které mají v nitru dutinku nebo více dutinek a jsou vyplněné vzduchem, označujeme jako kosti pneumatizované (některé kosti lebeční) (Čihák et al. 2011).

3.1.3 Vznik a vývoj kostí

Mechanismus vzniku kosti se nazývá osifikace (kostnatění), která se dělí na osifikaci primární (desmogenní) a osifikaci sekundární (chondrogenní) (Čihák et al. 2011). Osifikace je vždy zahájena činností osteoblastů. Ty syntetizují základní organickou hmotu kosti, do které jsou vzápětí ukládány látky anorganické. Jakmile jsou osteoblasty zcela obklopeny základní hmotou, mění se na osteocyty (Grim et al. 2001). Osifikace neprobíhá v celém základu kosti současně, ale tvoří se malé jádro kostní tkáně (osifikační centrum), ze kterého osifikace postupuje dále (Křivánková et al. 2009)

Během fylogeneze vznikaly první kosti v podkožním vazivu jako dermální štítky, které kryjí tělo. Tyto kosti se proto nazývají kosti krycí neboli kosti primární. Jiné kosti vznikaly jako součást hlubokého skeletu a byly zprvu chrupavčité. Chondrogenní osifikací pak byly nahrazeny kostí, a proto se nazývají jako kosti sekundární. Ve většině případů platí, že se spojuje povrchový, desmogenní, skelet se skeletem hlubokým, chondrogenním. V embryonálním vývoji člověka se zachovaly oba typy osifikace (Přidalová & Riegerová 2002).

Osifikace dlouhých kostí začíná uprostřed kostí (perichondrální osifikace), kde vzniká primární osifikační centrum, do kterého postupně vrůstají cévy. Dochází k hypertrofii chrupavkových buněk a kalcifikaci. Jedná se o chondrogenní osifikaci, jejímž výsledkem je vznik obalu kosti — okostice (periostu). Poté následuje enchondrální osifikace, která se týká hlavně těla kosti (Čihák et al. 2011).



Obrázek 3. Druhy osifikace (Čihák et al. 2011).

- 1) Osifikace desmogenní
- 2) Osifikace chondrogenní
 - a – perichondrální
 - b – enchondrální

Uprostřed epifýz se nachází sekundární osifikační centrum, do nějž postupně vrůstají cévy, a nastává kalcifikace. Chrupavka je zachována pouze na rozhraní oblasti primárních a sekundárních center. Jedná se o růstovou chrupavku (*physis*), jejíž činností přirůstá kost do délky. Na konci puberty je tento proces ukončen uzavřením epifyzárních štěrbin a mezi 14. až 18. rokem věku mizí epifyzární chrupavky (Bartůňková 2006). Do šířky roste kost především apozicí (tj. přikládáním novotvořené tkáně ke tkáni starší) z hlubokých vrstev okostice a resorpcí (odbouráváním kosti). Během tohoto procesu dochází k celkové remodelaci kosti (Dylevský 2009).

Na přestavbě kosti se mimo základní kostní buňky podílejí také žírné buňky, bílé krvinky a další fagocytující buňky (Přidalová & Riegerová 2002).

Kostra se tedy během celého života mění. Celý remodelační cyklus trvá okolo 4 měsíců a odehrává se v úsecích zvaných remodelační jednotky (Kalvach et al. 2004). V dětství je tvorba nové kosti vyšší, tudíž jsou celkové nárůsty kostní hmoty v období puberty okolo 40–70 % z celkového objemu kostní hmoty. Okolo 30 let věku je dosaženo tzv. peak bone mass (PBM – vrcholový objem kosti) a zvyšování dalšího objemu kosti je zastaveno (Spirduso et al. 2005).

3.1.4 Osteoporóza

Osteoporóza je systémovým metabolickým onemocněním skeletu a je charakterizována poruchou mechanické odolnosti kostí a v důsledku toho zvýšeným rizikem zlomenin (Vyskočil 2009). Název se skládá ze slov *os*, což znamená kost a výraz *porosis* označuje řídnutí. Při tomto onemocnění dochází k úbytku všech složek kostní tkáně, tedy jak složky bílkovinné, která je tvořena hlavně kolagenem, tak i složky anorganické v podobě minerálů, které se usazují v bílkovinné síti (tj. především vápník, fosfor a další) (Broulík 2009). Ranná osteoporóza většinou není diagnostikována a je bez symptomů. Projevem většinou bývá až náhlý vznik komplikací včetně zlomenin (Hrčková et al. 2004).

Osteoporózou bývají nejčastěji postiženy obratle, pánevní kost, proximální konce stehenní kosti, žebra a klíční kost (Přidalová & Riegerová 2002). Typické zlomeniny, postihující prořídlou kostní tkáň, bývají právě zlomeniny obratlů a to především 7., 8. a 12. obratel hrudní a 1. obratel bederní. Obratle se zprvu výrazně deformují. Druhou nejčastější zlomeninou bývá zlomenina dolního předloktí (tzv. Collesova zlomenina) a postihuje především ženy v menopauze. Velmi závažným projevem osteoporózy je pak zlomenina krčku kosti stehenní, neboť tyto zlomeniny mohou mít až smrtelné následky (Broulík 2009).

Pokud se zaměříme na pohlaví, zjistíme významné rozdílnosti. Obvykle se ztráta kostní hmoty objevuje okolo 40. roku života a u žen je tato ztráta asi 3x větší než u mužů. Okolo 70. let věku je u žen tento úbytek 30 až 50 % oproti zdravým mladým ženám. Úbytek kostní hmoty tak u žen začíná dřív a postupuje rychleji než u mužů (Trnavský et al. 1997). Osteoporóza je tedy důsledkem nerovnováhy kostní přestavby, kdy převažuje resorpce nad novotvorbou. Ztenčení a až přerušení kostních trámčů vede ke ztrátě mechanické pevnosti kostí a zvýšení riziku tzv. zlomenin bez násilí (Palička et al. 2011). Na zvýšení resorpce ve vyšším věku mají podíl především 3 hlavní faktory, které uvádí Krátká (2007):

- Prudký pokles produkce estrogenu u žen okolo 50. roku života. Rychlý úbytek kostní hmoty může způsobit až postmenopauzální osteoporózu a trvá 8–10 let. Poté ubývá kostní hmota pomaleji.
- Nízká pohybová aktivita až imobilizace.
- Nedostatek vápníku v potravě a nedostatečné zásobení vitamínem D.

3.1.5 Rizikové faktory osteoporózy

Osteoporóza je především multifaktoriální onemocnění a jako ostatní civilizační choroby, má i osteoporóza definované rizikové faktory, kterých je celá řada (Rosa et al. 2018). Obecně je můžeme rozlišit na faktory pacientem neovlivnitelné a faktory pacientem ovlivnitelné.

Mezi faktory, které nemohou být ovlivněné pacientem, řadíme dle Broulíka (2009):

Pohlaví – ženy onemocní osteoporózou 3x častěji než muži.

Věk – onemocnění osteoporózy s narůstajícím věkem přibývá

Genetické vlivy – přibližně ze 70 % je množství BMD (Bone Mineral Density – kostní minerální denzita) určeno geneticky.

Mezi faktory, které mohou být pacientem ovlivněny, řadíme:

Výživa – jeden z mnoha důležitých faktorů. Pro zachování zdravých kostí, jsou důležité živiny obsahující především vitamín K, vitamín C, fosfor, draslík, sodík, proteiny a hořčík (Ahmadih & Arabi 2011). Nepříznivě naopak působí snížený příjem vápníku a vitamínu D. Deficit vitamínu D patří mezi základní patogenické faktory pro rozvoj senilní osteoporózy (Jenšovský 2007).

Pohyb – nezastupitelný vliv na rozvoj kostní tkáně má její zatěžování. Důsledkem nízké pohybové aktivity je i kostní přestavba s útlumem kostní remodelace. Následně se zvyšuje koncentrace parathormonu v séru a dochází k rozvoji osteoporózy (Kalvach et al. 2008).

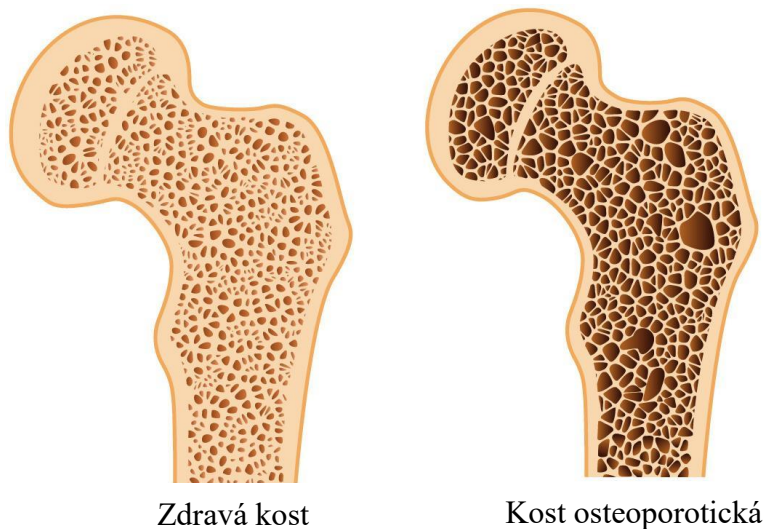
Zlovyky – zde řadíme například kouření, které má významný vliv na metabolismus vápníku a vitamínu D. Snížení absorpce vápníku vede k rychlé ztrátě kostní hmoty. Kouření má anti-estrogenní účinek a u žen způsobuje problémy s plodností a předčasnou menopauzu (Kapoor & Jones 2005). Dalším zlovykem je nadměrné požívání alkoholu. Oproti tomu mírné požívání alkoholu (např. 2 skleničky vína denně) prokázalo blahodárné účinky na BMD. Tato skutečnost byla potvrzena v případech kyčelního kloubu a páteře (Tucker et al. 2009).

3.1.6 Diagnostika osteoporózy

Po ukončení růstu zůstává kostní hmota a kostní minerální denzita (BMD) relativně konstantní. Pro diagnostiku osteoporózy stanovila WHO (World Health Organization 1994) kritéria klasifikace osteoporózy, která jsou založena na porovnávání měřené BMD s průměrnou hodnotou mladší dospělé populace stejného pohlaví a etnické příslušnosti. Velikost směrodatných odchylek (SD) nad nebo pod průměrnou hodnotou BMD u zdravých mladších dospělých se označuje jako T-skóre. Na základě získaného T-skóre, které uvádí Vyskočil (2009) dělíme osteoporózu:

1. *Normální* — T-skóre se pohybuje v rozsahu hodnot nižších než +2,5 a vyšších než – 1,0 SD.
2. *Osteopenie* — T-skóre se pohybuje v rozmezí od – 1,0 do – 2,5 SD.
3. *Osteoporóza* — T-skóre je nižší než – 2,5 SD
4. *Těžká osteoporóza* — u těchto pacientů je T-skóre nižší než – 2,5 SD a již utrpěli zlomeninu ze zvýšené lomivosti.

Osteoporóza se tedy diagnostikuje podle hodnoty T-skóre. Tato data však vycházejí ze screeningových měření, proto mají svá omezení. Obvykle se měří proximální femur, bederní obratle a oblast předloktí. BMD se měří pomocí duální rentgenové absorpciometrie (DXA) a vyjadřuje se v gramech na centimetr čtvereční (g/cm^2) (Vyskočil & Pavelka 2011). Pomocí BMD však nelze zachytit všechny faktory přispívající k pevnosti kosti. Maximálních hodnot BMD dosahuje lidská kostra mezi 20. – 30. rokem. Okolo 30. roku věku pak dochází ke ztrátě kostní tkáně asi o 1 % každý rok, a to nezávisle na pohlaví. Asi 60–80 % je determinováno geneticky, zbytek tvoří další činitelé, mezi které patří například stravování a pohyb (Bartl & Frisch 2009).



Obrázek 4: Porovnání zdravé kosti a kosti postižené osteoporózou (<http://poradimesi.cz/zdravi/osteoporoz-a-tichy-zlodej-kosti/>).

3.1.7 Osteoporóza a menopauza

Menopauza u žen nastává mezi 48.–52. rokem života. Jako menopauzu označujeme období posledního krvácení neboli trvalé vymizení menstruace v důsledku ztráty folikulární aktivity ovárií a dochází k výraznému poklesu hladiny hormonů estrogeneru a progesteronu (Citterbart et al. 2001).

U žen po 40. roce nastává tzv. premenopauza. Toto období nastupuje několik let před menopauzou, kdy se objevují první příznaky klimakterického období, jako je například nepravidelné krvácení, ke kterému dochází v důsledku hormonální nestability.

Období, začínající jeden rok po menopauze, označujeme jako postmenopauza. Toto období končí vstupem do posledního období života ženy, tzv. senia, které nastává po 65. roce (Kolařík et al. 2008).

Estrogeny jsou považovány za hormon zodpovědný za zvýšenou aktivitu při opravě a obnově kostí a tím zajišťují optimální rovnováhu mezi tvrdostí a elasticitou. Napomáhají také vychytávání vápníku z krve do kostí a zamezují tak jeho ztrátám. Jak již bylo zmíněno výše, v období menopauzy hladina estrogeneru výrazně klesá, proto se kosti neobnovují tak účinně jako dřív a jejich pokles může způsobit i rozvrat v metabolismu kostní tkáně (Jeníček 2004).

Před menopauzou je u žen úbytek kostní hmoty asi 0,5–2,5 % za rok, po menopauze je tento úbytek asi 3–5 % za rok, přičemž je tento úbytek dvakrát větší u obratlů než u periferního skeletu (Citterbart et al. 2001).

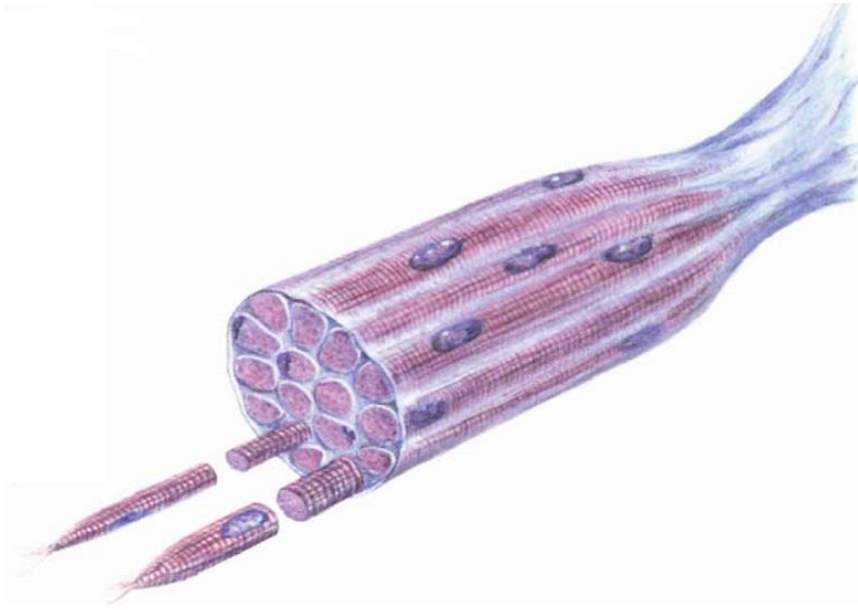
3.2 Svalová soustava

Svalová soustava je aktivní částí pohybového aparátu a jejím základem je kontraktilní příčně pruhovaná svalová tkáň. V lidském těle najdeme zhruba 600 svalů – *musculi*. Většina svalů je párových, některé se upínají šlachou ke kosti, jiné ke kůži nebo do pouzder kloubů.

Název *musculi* pochází z latinského označení pro myš domácí (*mus musculus*). Vznikl podle protáhlého tvaru svalu a také podle pohybu stahujícího se svalu (Čihák et al. 2011). Souhrn svalů v lidském těle představuje u dospělého člověka 32–36 % tělesné váhy, ale může dosáhnout až 45 % tělesné váhy, nebo naopak může poklesnout až na 30 % (Grim et al. 2001).

3.2.1 Stavba svalu

Základní stavební jednotkou svalové soustavy je mnohojaderné svalové vlákno, které obsahuje myofibrily tvořené sarkomery. Sarkomera je nejmenší funkční jednotka svalového vlákna a obsahuje filamenta aktinu a myosinu (Lorenz & Campello 2012). Tato filamenta jsou pravidelně uspořádána tak, že na podélných řezech podmiňují příčné pruhování (Grim et al. 2001). Svalová vlákna se poté spojují do primárních a sekundárních snopců a následně do vyšších řádů a každá podjednotka je rozdělena fascií, což je vazivová vrstva (Čihák et al. 2011). Fascie vstupují do šlachy, kterou se sval upíná ke kostře a kterou je vedena síla vytvořena svalem na kostru. Šlacha je tvořena kolagenním vazivem a unese hmotnost 6–10 kg na 1 mm² průřezu (Lorenz & Campello 2012).



Obrázek 5. Svalová vlákna příčně pruhovaného svalu, spojená vazivem ve svalový snopeček, který na konci přechází ve šlachu (Čihák et al. 2011).

Červená barva svalových vláken je dána přítomností cytochromu. Dále svaly obsahují myoglobin, který se podobá hemoglobinu červených krvinek (Grim et al. 2001).

Svalová vlákna rozdělujeme dle Dovalila (2009) v rámci schopnosti aerobní a anaerobní práce a spotřeby ATP:

- **pomalá svalová vlákna** – jsou obvykle červená díky vyššímu obsahu cytochromu a myoglobinu, který váže ve svalu kyslík. Na podnět reagují pomalejší kontrakcí a obsahují pomalý typ myosinu. Jsou dobře adaptována na dlouhodobý výkon a jejich metabolismus je převážně oxidativní.
- **rychlá svalová vlákna** – jsou většinou bílá, obsahují rychlý typ myosinu a na podnět reagují rychlejší kontrakcí než vlákna pomalá. Při svalové činnosti se rychleji unaví. Obsahují také méně mitochondrií než vlákna pomalá a i méně cytochromu v mitochondriích.
- **svalová vlákna přechodná** – jsou méně odolná vůči únavě, kontrahují rychleji než vlákna pomalá.

V jednotlivých svalech jsou různé typy svalových vláken zastoupeny individuálně v různém poměru. Pomalá vlákna najdeme častěji ve svalech zajišťující postavení těla, zatímco další dva typy využíváme pro rychlý pohyb nebo také pro cvičební úkon (Janura 2003).

Jednotlivá svalová vlákna jsou spojena vazivem, které sval nejen obaluje, ale také vytváří úpony svalu ke kosti, jak již bylo zmíněno výše. Malé svaly jsou tvořeny primárními snopci a u větších svalů jsou primární snopce spojeny a vznikají tak snopce sekundární, které jsou opět obaleny vrstvou vaziva. Vazivo ve svalu označujeme dle Čiháka et al. (2011) podle toho, kde je umístěno:

- **Endomysium** – obaluje a spojuje svalová vlákna a svalové snopce všech řádů
- **Perimysium** – obaluje svazky svalových vláken
- **Epimysium** – obaluje celý sval (fascie – svalová povázka), tvoří trubici, ve které se sval pohybuje. Mimické svaly však fascie nemají.

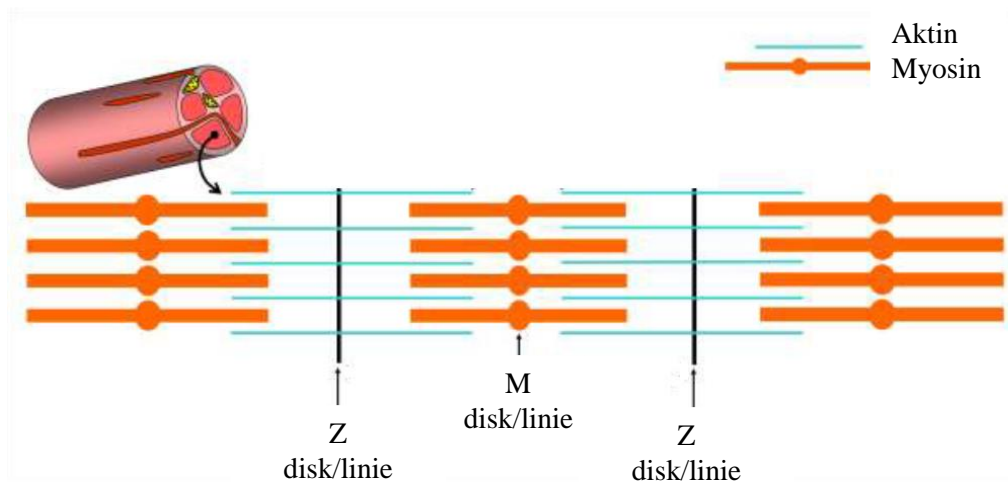
Jako začátek svalu se označuje část, kterou je sval připojen ke kosti pomocí šlachy. Jedná se o méně pohyblivé místo. Dále následuje svalové břívko, což je nejširší úsek svalu, který pokračuje v zúženou část neboli úpon. Jako úpon se označuje pohyblivější připojení svalu ke kosti pomocí šlachy (Grim et al. 2001).

3.2.2 Funkce svalu

Hlavním úkolem svalové soustavy je lokomoce, tedy pohyb v kosterních spojích, nebo také změny tvaru a velikosti tělních dutin. Další funkcí, je tzv. funkce antigravitační, což je zajištění vzpřímeného postoje. Svaly také obsahují receptory svalového napětí, které informují o poloze jednotlivých kloubů a slouží k zajištění svalové souhry. Mají rovněž významné místo v termoregulaci, protože při svalové činnosti se uvolňuje velké množství tepla a podílejí se také na cirkulaci krve (Čihák et al. 2011).

Základem funkce svalu je stah neboli kontrakce. Svaly jsou neustále ve svalové kontrakci, kterou označujeme jako svalové napětí (tonus). Podnět pro stah přivádí do svalu motorický nerv. Jeden motorický nerv inervuje více svalových vláken. Soubor nervu a svalu se nazývá motorická jednotka. Oblasti motorických jednotek se prolínají, z čehož plyne, že při pohybu je v akci celý sval. Stah svalu je způsoben zasouváním myosinu za aktin, štěpí se ATP a dochází ke zkracování myofibrily a tím ke kontrakci. Kontraktilním aparátem svalové buňky jsou již zmíněné myofibrily. Jedna myofibrila obsahuje asi 1 500 aktinových a 3 000 myosinových filament. Aktinová a myozinová vlákna jsou proteiny, které způsobují proužkování myofibril na podélném řezu.

Funkční jednotkou příčně pruhovaného svalu je sarkomera, která je ohraničena dvěma Z-liniemi, tvořené vazivovou přepážkou, do nichž se ukotvují aktinová vlákna. Rovnoběžně s aktinovými vlákny jsou uložena vlákna myozinová, která jsou fixována bílkovinou, která vytváří tzv. M – linii (Rokyta 2015).



Obrázek 6. Schéma myofibrily: Schématický náčrt myofibrily a uložení aktinových a myozinových filament (převzato a upraveno dle Fellnerové 2014).

Jakmile nervový vzruch dorazí na konec nervového vlákna, dojde k vylití mediátoru, který slouží k přenosu vzruchu do svalového vlákna. Jako mediátor působí chemická látka acetylcholin. Nastává akční potenciál, který způsobuje depolarizaci sarkoplazmatického retikula (obdobu endoplazmatického retikula buňky), které uvolní velké množství vápenatých iontů. Ionty se naváží na aktinová vlákna, která tak odkryjí svá aktivní místa. Do těchto aktivních míst se navazují myosinové hlavy. Myosinové vlákno tak aktivně přitahuje dvě aktinová vlákna. Výsledkem je tak zkrácení nejen sarkomery, ale i myofibrily a tím i celého svalu neboli svalový stah.

Sval se může maximálně zkrátit na 50–70 % své klidové délky a prodloužit až na 180 % klidové délky (Čihák et al. 2011).

3.2.3 Svalová síla

Mezi základní pohybové schopnosti spolu s vytrvalostí, rychlostí a pohyblivostí patří i svalová síla. Ta zajišťuje jakýkoliv pohyb a je vyjádřena hmotností vlastního těla nebo zátěže, kterou jsou svaly schopny uzvednout (Jarkovská 2009). Z anatomického

hlediska závisí svalová síla na délce svalu, počtu svalových vláken, počtu aktivovaných motorických jednotek a na napětí elastických složek svalu a šlachy (Dylevský 2007).

Svalová síla se dá měřit několika způsoby. Jedním z nich je tzv. dynamometrie. Pomocí této metody se měří síla, kterou je člověk schopen působit na určité těleso po určitou dobu (Měkota 2005). Nejčastěji se provádí izometrická dynamometrie, při které se měří izometrická svalová kontrakce, kdy svalové napětí roste, avšak délka svalu zůstává stejná (Směkal & Lepšíková 2009). Při měření se pacient snaží vyvinout maximální sílu proti pevnému odporu. Výsledkem tohoto měření je izometrická křivka síla – čas, na jejímž základě se stanovuje úroveň maximální síly a také velikosti rychlostně-svalového indexu (který je definován jako maximální síla/ maximální čas) (Měkota 2005). U určitých svalových skupin lze svalovou sílu hodnotit měřením síly stisku ruky – tzv. Hand grip. Testovaná osoba má za úkol vyvinout maximální tlak ruky proti dynamometru (Castillo et al. 2003).

Dále se provádí tzv. izokinetická dynamometrie. Ta se používá k měření volní svalové kontrakce, kdy dochází k vytvoření proměnlivého odporu a jeho měření. Svalová kontrakce je provedena v celém rozsahu pohybu s konstantní rychlostí bez ohledu na napětí v kontrahovaných svalech. Pokud vyšetřovaný vyvine větší sílu, dochází i k zvětšení odporu, aby byl zachován plynulý pohyb.

Během ontogeneze dochází u člověka k podstatným změnám v úrovni svalové síly. Okolo 60. roku si člověk uchovává zhruba 80 % svého původního silového potenciálu, u některých svalových skupin může být pokles i větší (Měkota 2005).

3.2.4 Sarkopenie

Tento pojem pochází z řečtiny a složen ze slov *sarx* – ve významu maso neboli sval, a *penie* – ztráta. Jedná se tedy o multikauzální úbytek svalové hmoty, a tím i svalové tkáně, ve stáří. Dochází k poklesu svalové rychlosti a klesá i svalová síla. Úbytek svalové hmoty je z části kryt zmnožením tukové tkáně (Kalvach et al. 2008). Většinou tak není spojena s váhovým úbytkem a proto často uniká pozornosti lékařů.

V procesu sarkopenie se mění počty jednotlivých svalových vláken. Jak již bylo zmíněné výše, svalová vlákna obecně dělíme na dva typy a to pomalá a rychlá. Pomalá svalová vlákna jsou označována jako tonická a zajišťují především udržení polohy, udržení svalového tonu a svalové činnosti o nízké intenzitě. Červená i bílá vlákna druhého typu se

podílejí na výbušné svalové aktivitě a síle svalu. V průběhu stárnutí se snižuje počet rychlých bílých vláken typu II a to až o 27 %. Jejich místo zaujímají červená pomalá oxidativní vlákna typu I a jejich poměr je tedy relativně zvyšován. (Máček & Radvanský 2011).

Sarkopenie je často spojena s osteoporózou a postihuje především starší lidi. Příčiny onemocnění jsou různé. Jednou z příčin může být hormonální změna jedince a to především úbytek anabolických hormonů u žen po menopauze (Doležalová 2009). Za další příčiny bývá považován oxidativní stres, inaktivita, chronický zánět nebo celkové změny tělesného složení (Holmerová et al. 2007).

Nejčastěji dochází ke ztrátě síly na dolních končetinách a svalech trupu a mění se tak postura a držení těla (Valešová & Valeš 2010). Postiženy mohou být však i jiné svaly včetně svalů dýchacích. Kromě úbytku svalových vláken dochází také ke snížení syntézy specifických svalových proteinů, mitochondriální dysfunkci, poruchy inervace na nervosvalové ploténce a dochází i k úbytku motorických jednotek. Důsledkem je tak nezvládnání běžných činností, hypomobilita a hypoaktivita (Kalvach et al. 2008).

3.2.5 Dělení sarkopenie

Sarkopenii je možno rozdělit na primární a sekundární.

Primární sarkopenie může být identifikována jako progresivní a spojena s dopadem na stárnutí, což má za následek například snížení motorických neuronů, změny v hormonálním prostředí a změny tkáňového svalstva včetně mitochondriální dysfunkce (Vandewoude et al. 2012).

Sekundární sarkopenie je spojena s jiným chorobným stavem, inaktivitou nebo malnutricí (Berková et al. 2013). Patogenní mechanismy, které způsobují svalové ztráty v sekundárním stádiu nemoci, mohou poskytnout užitečné informace o sarkopenii související s věkem. Terapeutické postupy se při léčbě sekundární sarkopenie neliší a nejlepší cestou je úprava životosprávy a cílený trénink, ideálně vedený fyzioterapeutem (Dhillon & Hasni 2017).

Za zmínku stojí i pojem sarkopenická obezita. Nejedná se o typ sarkopenie, ale o stav, kdy je sarkopenie maskována přebytečným tukem a patří mezi zásadní komponenty u rozvoje sekundární sarkopenie. Infiltrace tuku do svalu snižuje kvalitu svalů a pracovní výkon (Donini et al. 2013).

3.3 Tělesné složení

Tělesné složení můžeme charakterizovat chemickým, či anatomickým modelem. Chemický model rozděluje lidské tělo na tuk, bílkoviny, sacharidy, vodu a minerály, zatím co podle anatomického modelu dělíme tělo na kosti, svaly, tukovou hmotu, vnitřní orgány a ostatní tkáň. Tělesné složení je ovlivněno geneticky, dále je formováno exogenními faktory, mezi které řadíme pohybovou aktivitu, výživové faktory a celkový zdravotní stav organismu (Riegerová et al. 2006). Kostmi a svaly jsme se zabývali v předešlých kapitolách.

Tuková tkáň (body fat mass, BFM) je nejvariabilnější komponentou hmotnosti těla. V lidském těle tvoří hlavní termoregulační rezervu (tzv. hnědý tuk), dále má funkci tepelnou (špatný vodič tepla, tedy dobře izoluje) a je také mechanicky významnou tkání. Mimo jiné lipidy slouží i jako rozpouštědlo vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E a K) (Trojan 2003). U žen tvoří tuková tkáň přibližně 28 % celkové hmotnosti. Ukládání tukové tkáně v horní části těla (abdominální obezita) je spojeno se škodlivými účinky na metabolismus, zatím co ukládání tukové tkáně v dolní části těla (gynoidní obezita) je spojena s ochranným účinkem (Thompson et al. 2012). BFM je jeden z nejsledovanějších parametrů lidského těla, který slouží jako ukazatel stavu výživy a zdraví a jeho podíl se postupně s věkem zvyšuje. Nejčastěji je dnes podíl tuku v těle posuzován podle hmotnosti z celkové tělesné výšky člověka. Tento model je celosvětově známý jako body mass index – BMI (Riegerová et al. 2006) avšak má svá omezení.

Tabulka 1. Klasifikace BMI dle WHO (2003)

BMI	Kategorie	Zdravotní rizika
< 18,5	Podváha	Vysoká
18,5–24,9	Norma	Minimální
25,0–29,9	Nadváha	Lehce zvýšená
30,0–34,9	Obezita 1. stupně	Středně vysoká
35,0–39,9	Obezita 2. stupně	Vysoká
> 40,0	Morbidní obezita 3. stupně	Velmi vysoká

U žen tuková tkáň během stárnutí přibývá nejvíce v bocích a na stehnech, dále pak v oblasti pasu a na pažích. U žen dochází k hromadění tuku až po 55. roce života, zatímco u mužů je to ještě před dosažením tohoto věku (Riegerová et al. 2006; Shephard 1997).

U jedinců nad 45 let bylo zaznamenáno nárůst tukové hmoty průměrně o 0,15 kg za rok, u starších jedinců poté docházelo k výraznému zrychlení nárůstu tukové hmoty a to až o 0,41 kg ročně (Kyle et al. 2006; Guo et al. 1999). Fourie et al. (2013) uvádí se, že starší lidé tíhnou především k androidnímu ukládání tuku. I u žen ve vyšším věku dochází k hromadění tuku a jeho ukládání do abdominální oblasti (Fourie et al. 2013). Jedná se především o reakci na změny doprovázející menopauzu. To je zapříčiněno především snížením sekrece pohlavních hormonů.

V období menopauzy u žen dochází rovněž k výraznému zvýšení VFA (viscerální neboli útrobní tuk) v porovnání s ženami před menopauzou (Kroemeke et al. 2014). Gába a Přidalová (2013) pozorovali nárůst tukové tkáně u žen o 2,58 kg během 10 let. Současně byl pozorován i úbytek tukuprosté tkáně a to zhruba o 0,92 kg. Tukuprostá tkáň (FFM – fat free mass) je tvořena asi z 60 % svalstvem, z 25 % pojivovou a opěrnou tkání a z 15 % vnitřními orgány. Podíl jednotlivých složek závisí na věku, tělesné aktivitě, a dalších exogenních a endogenních faktorech. Po 40. roce života činí ztráta svalové hmoty až 5 % za 10 let a tato tkáň je nahrazována tkání tukovou (Pastucha et al. 2014). Hudáková a Majerníková (2013) uvádějí snížení svalové hmoty u starších lidí až o 30 % a u lidí okolo 80 let věku dochází ke ztrátě svalových vláken o 40–50 %.

3.4 Tělesné obvody

Obvodové parametry jsou důležitým ukazatelem tělesného tuku, svalové hmoty a zásob energie a nejčastěji se využívají při měření obvodu pasu, boků, stehna a paže. Dalšími obvody, které se využívají k určení obezity, jsou (Kutáč 2009):

- Obvod relaxované paže (měří se na paži visící volně podél těla) (arm)
- Maximální obvod předloktí (měří se v nejširším místě) (forearm)
- Minimální obvod předloktí (zápěstí) (wrist)
- Obvod břicha (měří se přes pupek) (abdominal)
- Obvod pasu (měří se v nejužším místě) (waist)
- Obvod boků (v nejširším místě s nohama u sebe) (hip)
- Obvod stehna gluteální (měří se při rovnoměrně rozložené tělesné hmotnosti na obě nohy těsně pod příčnou hýždřovou rýhou)

- Obvod stehna střední (měří se v poloviční vzdálenosti mezi trochanterem a laterálním epikondylem kosti stehenní)
- Maximální obvod lýtky (calf)
- Minimální obvod bérce (ankle)

3.4.1 WHR

WHR index (Waist-Hip Ratio) je poměr obvodu pasu a obvodu boků a obecně se užívá k orientačnímu hodnocení abdominální obezity. Tento index se používá jako ukazatel rozložení tuku v těle a rizika kardiovaskulárních onemocnění. U žen se jako rizikový uvádí poměr pasu a boků při hodnotě vyšší než 85 % a u mužů vyšší než 95 %. Obvod pasu se měří v nejužším místě, zatímco obvod boků se měří přes nejširší část v místě nejvyššího vyklenutí hýždí (Riegerová et al. 2006).

Pomocí WHR hodnot můžeme rozlišit dva základní druhy obezity a těmi jsou centrální a periferní. Při centrálním (androidním) dochází k ukládání tuku především v oblasti břicha a při periferním (ženském) v oblasti steh a hýždí (WHO 2003).

Tabulka 2. Klasifikace poměru WHR v procentech [(obvod pasu/obvod boků)*100] ve vztahu ke zdravotnímu riziku u žen (upraveno dle Pastuchy et al. 2014).

Věk	Nízké riziko	Mírné riziko	Vysoké riziko	Velmi vysoké riziko
20–29	< 71 %	71–77 %	78–82 %	> 82 %
30–39	< 72 %	72–78 %	79–84 %	> 84 %
40–49	< 73 %	73–79 %	80–87 %	> 87 %
50–59	< 74 %	74–81 %	82–88 %	> 88 %
60–69	< 76 %	76–83 %	84–90 %	> 90 %

Tabulka 3. Optimální zastoupení procentuálního zastoupení tělesného tuku u žen podle věkových kategorií

zdravotní riziko/roky	Heyward & Wagner		Gallagher et al.		Kyle & Schutz et al.	
	35–55	> 55	40–59	60–79	40–59	60–79
Nízké	25 %	25 %	—	—	—	—
optimální	32 %	30 %	23 %	25 %	22,1 %	24,6 %
Vysoké	38 %	35 %	35 %	38 %	32,5 %	34,9 %
Obezita	> 38 %	> 35 %	> 41 %	> 43 %	> 39,1 %	> 40,4 %

poznámka: klasifikace dle Heyward & Wagner (2004); Gallagher et al. (2000); Kyle & Schutz (2004)

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika výzkumného souboru a metody

V práci posuzujeme vybrané parametry tělesného složení, tělesných obvodů, izokinetické síly a BMD u 58 žen po menopauze ve věku 50–74 let. Výzkum zahrnoval ženy, které pravidelně navštěvovaly vzdělávací program na Univerzitě třetího věku při Univerzitě Palackého v Olomouci v České republice. Hlavní kritéria pro vyloučení z účasti na výzkumu byla následující: (1) substituční hormonální léčba, (2) užívání léků, které významně ovlivňují metabolismus kostí (např. kortikosteroidy) v posledních dvou letech, (3) oboustranná ovariectomie a (4) přítomnost kovových implantátů. Ženy, které prošly denzitometrickým vyšetřením v posledních 12 měsících, byly také z této studie vyloučeny. Probandky zapojené do výzkumu byly převážně nekuřačky ($n = 38$) a převážně aktivní ($n = 54$). Pro tuto studii bylo získáno schválení Etické komise v souladu s místními institucionálními požadavky. Před samotným měřením poskytly všechny ženy Informovaný souhlas s účastí na výzkumu. Výzkum byl proveden v roce 2012 na specializované klinice za účasti odborně vyškolených pracovníků a radiologického asistenta.

4.2 Hodnocení tělesných obvodů

Tělesné obvody byly měřeny vyškoleným personálem za pomoci pásové míry. Probandky byly měřeny v lehkém oděvu za standardních podmínek v laboratoři Univerzity Palackého. Přípustná chyba při stanovení měř na těle je $\pm 0,5$ cm. V této práci pracujeme s vybranými obvody dle Riegerové et al. (2006):

(M62/1) – obvod břicha – měříme ve výši pupku (omphalion)

(M62/2) – obvod pasu – horizontální obvod břicha v nejužším místě trupu

(M63) – obvod boků – měříme s nohama u sebe v nejširším místě

(M64) – obvod paže – měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem lokte (olecranon ulnae) na paži volně visící podél těla (M64/1) – obvod předloktí maximální – měříme v nejsilnějším místě předloktí, přes nejvíce vyvinutý m. brachioradialis

(M64/2) – obvod předloktí minimální (obvod zápěstí) – měříme v nejužším místě, nad processu styloidei

(M68) – obvod stehna proximální – měříme za mírného rozkročení probanda těsně pod příčnou gluteální rýhou. Váha těla je rovnoměrně rozložena na obě dolní končetiny

(M68/2) – obvod stehna distální – měříme v distální části stehna nad patellou a kolenní jamkou

(M69) – obvod lýtka maximální – měříme v místě největšího vytvoření dvojhlavého lýtkového svalu (m. gastrocnemius)

(M69/1) – obvod kotníku – měříme v nejširších místech vnějšího a vnitřního kotníku (malleolus lateralis et medialis)

4.3 Hodnocení kostní tkáně a tělesného složení

Lumbální oblast páteře (L_1 – L_4), proximální část levého femuru a celotělová BMD byly měřeny pomocí metody DXA za použití přístroje Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare, Spojené Království) se softwarem Encore™ verze 12.20.023. K diagnóze osteopenie a osteoporózy jsme použili doporučení WHO (1994). Princip metody DXA spočívá v odlišné absorpci rentgenového záření tukuprostou, tukovou a kostní tkání (Bužga et al. 2012). Přístroj byl pravidelně kalibrován před každým diagnostickým blokem pomocí lunárního phantomu. DXA měří BMD bederní páteře, krčku stehenní kosti a celé kyčle s přesností (koeficient variace) 1,9 %, 2,3 % a 1,7 % (Rajamanohara et al. 2011). Procentuální přesnost LBM (Lean Body Mass, štíhlá tělesná hmota), BFM (Body Fat Mass, celkový tělesný tuk) a tuku in vivo je ~ 1,0 % a 0,8 % (Toombs et al. 2012).



Obrázek 7. Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) (zdroj: Brochure Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare)).

4.4 Izokinetické stanovení svalové síly

Samotnému měření svalové síly u dominantní nohy předcházelo pětiminutové rozcvičení na bicyklovém ergometru. Unilaterální koncentrická síla flexorů a extensorů kyčelního kloubu byla měřena izokinetickým dynamometrem IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Ženy byly testovány vleže s rukama na madlech podél lehátka. Byly zafixovány v oblasti pánve a osa otáčení dynamometru byla shodná s osou otáčení kyčelního kloubu (*trochanter major*). Rozsah pohybu byl 70° a pro měření byla použita úhlová rychlost 60°/sec (Brown 2000, Dvir 2004). Jako první probíhalo několik rozvíčovací sérií, jejichž cílem byla familiarizace pohybu. Po krátké pauze následovala vlastní testovací série provedena s maximálním úsilím (6 kontrakcí).

Pro měření síly stisku ruky u dominantní končetiny podstoupily probandky 3 série měření pomocí ručního dynamometru.

Pro statistickou analýzu jsme použili průměr tří provedených měření. Sílu stisku ruky jsme měřili pomocí ručního dynamometru Jamar Analogue Hand Dynamometer, kdy účastníci seděli s lokty po stranách těla, ohnutých do pravého úhlu a zápěstí v neutrální pozici. Madlo dynamometru bylo ve standartní poloze a pod dynamometrem byla zajištěna podpěra. Tato pozice, spolu s výpočtem průměru pro tři měření síly stisku každé ruky, byla dokumentována jako spolehlivá (Mac Dermin 2015).



Obrázek 8. IsoMed 2000

Zdroj: <http://www.elsa.web.tr/tr/urun/performans-olcum-ve-analiz/isomed-2000-izokinetik-sistem/isomed-2000-izokinetik-sistem>

4.5 Pohybová aktivita

Ke zjištění objemu denní pohybové aktivity (PA) žen byla úroveň PA monitorována po dobu sedmi po sobě jdoucích dnů pomocí akcelerometru ActiGraph model GT1M akcelerometr (ActiGraph; LLC, Pensacola, FL, USA), který zaznamenává vertikální zrychlení v jednotkách countů. Před vlastním testováním byl každý akcelerometr kalibrován podle výrobních doporučení. Časový interval testování byl nastaven na 60 s pomocí softwaru výrobce (ActiLife version 5.8) a byl aktivován režim kroku. Každý akcelerometr byl bezpečně připevněn v blízkosti pravého hřebene kosti kyčelní. Účastnice výzkumu byly poučeny, aby přístroj nosily pouze, když byly vzhůru a sundávaly jej pro aktivity ve vodním prostředí. Nesprávné nošení přístroje by mohlo znamenat zkreslení záznamu. Následně byly ženy hodnoceny, jako sedavé ($n = 4$), jestliže nachodily během dne méně než 5 000 kroků (Tudor-Locke & Bassett 2001).

Pro dodatečné informace (kouření, nemoci, léky) jsme využili krátký dotazník (viz příloha).



Obrázek 9. ActiGraph GT1M

Zdroj: <https://www.actigraphcorp.com/support/downloads/>

4.6 Statistická analýza

Popisná statistika výsledků je prezentována jako aritmetický průměr, směrodatná odchylka a 95 % interval spolehlivosti, pokud není uvedeno jinak. Normalita rozložení dat byla hodnocena Shapiro-Wilksův W testem. Vzhledem ke splnění požadavku normálního rozdělení dat, byly difference mezi jednotlivými subsoubory hodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy variance (ANOVA), pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test. Statistická významnost byla sledována na hladině $p < 0,05$, popřípadě $p < 0,01$. Pearsonův korelační koeficient (r) byl použit pro určení vztahu mezi závislými proměnnými (vybrané charakteristiky) a nezávislými proměnnými (tělesné obvody).

Asociace mezi izokinetickou silou a kostní denzitou s tělesnými obvody jsme hodnotili pomocí vícenásobné lineární regrese pro adjustaci potenciálních proměnných. Model 1 představuje explorační (neadjustovaný) model, který neposuzuje možný vliv predikujících proměnných souvisejících s izokinetickou silou, kostní denzitou či tělesným složením. Model 2 byl adjustován pro model 1 a vliv kouření, tělesnou výšku a věk. Model 3 byl adjustován pro model 2 a počet kroků za den ke zjištění zda asociace mezi tělesnými obvody a prediktory (svalovou silou, kostní denzitou) jsou nezávislé na objemu pohybové aktivity.

Pro analýzu dat byl použit program Statistica verze 13.4 (TIBCO Software Inc.).

4.7 Vymezení indexů

BMI (kg/m^2) – body mass index

BFM – body fat mass (tělesný tuk)

LBM – lean body mass (štíhlá tělesná hmota)

WHR – waist-hip ratio (poměr obvodu pasu a obvodu boků)

BMD (g/cm^2) – bone mineral density (kostní denzita)

T-skóre – velikost směrodatných odchylek (SD) nad nebo pod průměrnou hodnotou BMD u zdravých mladších dospělých

PT-F – peak torque (vrchol svalové síly při flexi)

PT-E – peak torque extension (vrchols svalové síly při extenzi)

5 Výsledky

Výzkumu se účastnilo 58 probandek, jak již bylo zmíněno v metodice. Ženy dosahovaly průměrného věku 62,1 let, jak je uvedeno v tabulce 4.

Tabulka 4. Popisná statistika (n = 58)

	\bar{x}	s	95 % CI		
Základní charakteristiky					
Věk (roky)	62,1	4,8	60,8	až	63,3
Věk menopauzy (roky)	51,3	3,5	50,4	až	52,3
Doba od menopauzy (YSM, roky)	10,7	6,2	9,1	až	12,4
Tělesná výška (cm)	162,3	5,7	160,8	až	163,8
Tělesné složení					
Hmotnost (kg)	68,9	10,7	66,0	až	71,7
BMI (kg/m ²)	26,1	4,0	25,1	až	27,2
BFM (kg)	25,5	9,0	23,1	až	27,8
BFM (%)	36,0	8,1	33,9	až	38,2
LBM (kg)	41,1	4,0	40,0	až	42,1
LBM (%)	60,6	7,9	58,5	až	62,7
T-skóre					
Krček femuru	-1,24	0,80	-1,45	až	-1,03
Wardův trojúhelník	-1,76	0,96	-2,01	až	-1,51
Proximální femur	-0,72	0,96	-0,97	až	-0,47
L ₁ -L ₄	-1,08	1,23	-1,41	až	-0,75
Celotělové	-0,20	1,13	-0,50	až	0,10
BMD (g/cm²)					
Krček femuru	0,86	0,11	0,84	až	0,89
Wardův trojúhelník	0,68	0,13	0,65	až	0,71
Proximální femur	0,92	0,12	0,89	až	0,95
L ₁ -L ₄	1,05	0,15	1,01	až	1,09
Celotělové	1,11	0,09	1,09	až	1,13
Svalová síla (dominantní končetina)					
Flexe PT (Nm)	72,2	18,9	67,3	až	77,2
Extense PT (Nm)	125,6	42,8	114,3	až	136,8
Síla úchopu (kg)	21,9	4,0	20,8	až	22,9
Pohybová aktivita					
Kroky za den	10 149	3338	9 246	až	11 051

Vysvětlivky: s – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti (confidence interval), BMI – body mass index, BFM – tělesný tuk (body fat mass), LBM – štíhlá tělesná hmota (lean body mass), WHR (waist-hip ratio), BMD – kostní denzita (bone mineral density), PT – vrchol svalové síly (peak torque), Nm – Newton metr

Průměrná tělesná výška probandek byla 162,3 cm a průměrná tělesná hmotnost 68,9 kg. Dle indexu BMI spadaly ženy v naší studii do kategorie nadváhy, zatímco podle procentuálního zastoupení tělesného tuku (BFM) se již jednalo o obezitu (> 35 %)

(Heyward & Wagner 2004). Podle T-skóre dosahoval krček femuru, Wardův trojúhelník i lumbální oblast hodnot osteopenie, zatímco proximální femur a celotělové T-skóre byly v normě. Wardův trojúhelník dosahoval nejnižších hodnot, jelikož zde dochází k úbytku kostní hmoty u proximálního femuru nejdříve. Z výsledků testování svalové síly dominantní končetiny je zřejmé, že u výzkumného souboru postmenopauzálních žen byly naměřeny vyšší průměrné hodnoty peak torque pro extenzory než pro flexory kyčelního kloubu. Podle objemu PA byly probandky hodnoceny jako aktivní, jelikož splňovaly doporučené množství 10 000 kroků/den podle autorů Tudor-Locke & Bassett (2004).

Tabulka 5. Průměrné hodnoty měřených tělesných obvodů (n = 58)

Proměnná	\bar{x}	<i>s</i>	95 % CI		
Obvod pasu (cm)	85,17	10,95	82,29	až	88,05
Obvod břicha (cm)	92,59	10,63	89,79	až	95,39
Obvod boků (cm)	102,24	7,98	100,14	až	104,34
WHR	0,83	0,07	0,81	až	0,85
Obvod stehna prox. (cm)	57,93	5,53	56,48	až	59,39
Obvod stehna dist. (cm)	44,11	5,54	42,65	až	45,57
Obvod lýtky (cm)	36,13	2,77	35,40	až	36,86
Obvod kotníku (cm)	21,69	2,01	21,16	až	22,22
Obvod paže (cm)	28,25	3,06	27,45	až	29,06
Obvod zápěstí (cm)	16,70	1,41	16,33	až	17,07
Obvod předloktí (cm)	23,97	1,74	23,52	až	24,43

Vysvětlivky: s – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti (confidence interval), WHR – poměr obvodu pasu a boků (waist-hip ratio), prox. - proximální), dist. - distální)

V tabulce 5 nalezneme průměrné hodnoty jednotlivých měřených částí. Podle hodnot WHR uvedených v tabulce dosahovaly probandky vysokého rizika, tedy zvýšené nahromadění tuku v androidní oblasti.

Korelace mezi vybranými parametry a tělesnými obvody jsou znázorněny v tabulce 6. Z této tabulky je zřejmý signifikantní ($p = 0,02$) vztah tělesné výšky s obvodem proximálního stehna ($r = 0,29$). Statisticky významný ($p \leq 0,01$) a negativní vztah nacházíme mezi počtem kroků a měřenými obvody (vyjma WHR a distálního stehna). Tento vztah ($r = -0,35$ až $-0,57$) je pravděpodobně zapříčiněn množstvím tukové tkáně, které je nižší u jedinců s vyšším objemem pohybové aktivity. Tuto domněnku

potvrzují i signifikantní ($p < 0,01$) korelace ($r = 0,36$ až $0,90$) mezi BFM a měřenými obvody. Dále je z tabulky 6 zřejmá signifikantní korelace mezi T-skóre krčku femuru ($p = 0,04$; $r = 0,29$), T-skóre proximálního femuru ($p < 0,01$; $r = 0,37$) celotělovým T-skóre ($p = 0,03$; $r = 0,31$) a obvodem lýtka. Pozitivní vztah s obvodem lýtka ($r = 0,23$) také sledujeme u T-skóre L₁-L₄ a Wardova trojúhelníku, avšak již bez signifikance.

Izokinetická síla či síla stisku ruky dle výsledků z tabulky 6 neovlivňuje měřené tělesné obvody.

Tabulka 6. Korelace mezi vybranými charakteristikami a tělesnými obvody (n = 58)

Proměnné	Věk menopauzy	Tělesná výška (cm)	BFM (kg)	LBM (kg)	Kroky za den	Síla stisku (grip, kg)	PT-F (Nm)	PT-E (Nm)	L ₁ -L ₄ T-skóre	T-skóre Wardův trojúhelník	T-skóre krček femuru	T-skóre prox. femur	Celotělové T-skóre
Obvod pasu (cm)	-0,13	-0,01	0,80**	0,36**	-0,35*	-0,18	-0,06	-0,13	0,14	0,01	0,08	0,21	0,11
Obvod břicha (cm)	-0,09	0,10	0,83**	0,34*	-0,40*	-0,15	-0,13	-0,17	0,06	-0,06	0,02	0,08	0,05
Obvod boků (cm)	-0,17	0,16	0,90**	0,27*	-0,48*	-0,11	0,03	-0,03	0,00	0,04	0,08	0,18	0,09
Obvod stehna prox. (cm)	-0,14	0,29*	0,74**	0,17	-0,42*	0,04	0,20	0,11	0,00	0,15	0,22	0,22	0,16
WHR	-0,03	-0,15	0,37**	0,27*	-0,07	-0,17	-0,12	-0,16	0,21	-0,01	0,06	0,16	0,09
Obvod stehna dis. (cm)	-0,27	0,23	0,61**	0,15	-0,24	0,04	-0,01	-0,05	-0,05	0,06	0,13	0,19	0,14
Obvod lýtky (cm)	-0,20	0,24	0,67**	0,38**	-0,50*	0,16	0,02	0,03	0,23	0,23	0,29*	0,37*	0,31*
Obvod kotníku (cm)	-0,08	0,20	0,36**	0,25	-0,40*	0,10	0,16	0,17	0,02	-0,14	-0,07	-0,01	0,03
Obvod paže (cm)	-0,21	-0,02	0,74**	0,25	-0,40*	-0,01	0,06	0,03	-0,07	0,02	0,05	0,10	0,13
Obvod zápěstí (cm)	-0,30*	0,10	0,67**	0,49**	-0,50*	-0,02	0,05	-0,04	-0,09	-0,06	0,00	0,13	0,07
Obvod předloktí (cm)	-0,27	0,20	0,62**	0,33*	-0,57*	0,09	0,06	0,01	0,05	0,03	0,11	0,21	0,19

*Vysvětlivky: WHR – poměr obvodu pasu a boků (waist-hip ratio), PT-F – vrchol svalové síly při flexi (peak torque-flexion), PT-E – vrchol svalové síly při extenzi (peak torque-extension), Nm – Newton metr; *p < 0,05; **p < 0,01*

V tabulce 7 sledujeme analýzu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre proximálního femuru. Normálních hodnot dosahovalo 35 probandek, osteopenie 21 probandek. V této analýze chybí kategorie osteoporózy, jelikož toto kritérium splňovaly pouze 2 probandky a výsledky vykazovaly značný rozptyl. Statisticky významný ($p < 0,05$) úbytek mezi kategoriemi norma a osteopenie vykazoval obvod boků. Mezi stejnými kategoriemi pak pozorujeme i signifikantní ($p < 0,01$) pokles u obvodu lýtka. Obecně mezi zmíněnými kategoriemi dochází i u ostatních sledovaných parametrů k poklesu hodnot, ale již bez signifikance. Toto snížení hodnot obvodů pravděpodobně souvisí se statisticky významným ($p < 0,01$) úbytkem tukové tkáně mezi kategoriemi.

Při analýze sledovaných parametrů na základě T-skóre lumbální páteře (tabulka 8) sledujeme vyšší počet probandek s osteopenií ($n = 31$) než s normální denzitou kosti ($n = 21$). Z tabulky 8 je zřejmý výrazný pokles WHR u kategorie osteoporózy, který pravděpodobně souvisí s úbytkem tukové tkáně a částečným úbytkem štíhlé tělesné hmoty (vše bez signifikance). V kategorii osteoporózy ($n = 6$) vykazovaly ženy nejvyšší průměrný věk ($64,75 \pm 2,06$).

Výraznější poklesy hodnot sledujeme především mezi kategoriemi osteopenie a osteoporóza u tělesného tuku, WHR a obvodu břicha či pasu (bez signifikance).

V poslední analýze (tabulka 9) pozorujeme podobný trend poklesu hodnot mezi kategoriemi také bez signifikance. Ženy, které vykazovaly hodnot osteopenie celotělového T-skóre ($n = 16$) byly v průměru o 2,43 roků starší než ženy, které měly celotělové T-skóre v normě ($n = 42$).

Tabulka 7. Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre proximálního femuru (n = 56)

Proměnné	Norma (n = 35) T-skóre > -1			Osteopenie (n = 21) T-skóre -1 až -2,5			F	p	
	\bar{x}	s	95 % CI	\bar{x}	s	95 % CI			
Věk (roky)	61,66	5,29	(59,84; 63,47)	62,71	3,87	(60,95; 64,48)	0,31	0,73	
BFM (kg)	28,15	7,96	(25,42; 30,89)	**	20,79	9,24	(16,58; 25,00)	5,12	0,01
LBM (kg)	41,32	3,55	(40,11; 42,55)		40,83	4,57	(38,75; 42,91)	0,31	0,73
Kroky za den	9 610	2 944	(8 549; 10 672)	*	11	3 492	(9 831; 13	4,47	0,02
Obvod pasu (cm)	87,17	10,37	(83,61; 90,73)		81,27	11,40	(76,08; 86,46)	2,30	0,11
Obvod břicha (cm)	93,95	9,55	(90,66; 97,23)		89,93	12,42	(84,28; 95,58)	1,10	0,34
Obvod boků (cm)	104,15	7,23	(101,66; 106,63)	*	98,94	8,60	(95,03;	3,02	0,06
Obvod stehna prox. (cm)	59,07	5,07	(57,33; 60,82)		56,31	6,12	(53,52; 59,10)	2,00	0,15
WHR	0,84	0,08	(0,81; 0,86)		0,82	0,07	(0,79; 0,85)	0,74	0,48
Obvod stehna dis. (cm)	45,15	5,93	(40,47; 44,82)		42,64	4,77	(40,47; 44,82)	1,66	0,20
Obvod lýtky (cm)	36,89	2,99	(35,86; 37,91)	**	34,86	1,86	(34,01; 37,70)	3,87	0,03
Obvod kotníku (cm)	21,87	2,39	(21,05; 22,69)		21,35	1,28	(20,77; 21,94)	0,45	0,64
Obvod paže (cm)	28,53	3,08	(27,47; 29,59)		27,57	3,02	(26,20; 28,95)	1,22	0,30
Obvod zápěstí (cm)	16,89	1,46	(16,39; 17,39)		16,31	1,23	(15,75; 16,87)	1,47	0,24
Obvod předloktí (cm)	24,28	1,72	(23,69; 24,87)		23,35	1,68	(22,59; 24,12)	2,46	0,09

Vysvětlivky: s – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti (confidence interval), WHR – poměr obvodu pasu a boků (waist-hip ratio),

BFM – tuková tkáň, LBM – štíhlá tělesná hmota

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Tabulka 8. Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre lumbální oblasti páteře L₁-L₄ (n = 58)

Proměnné	Norma (n = 21) T-skóre > -1			Osteopenie (n = 31) T-skóre -1 až -2,5			Osteoporóza (n = 6) T-skóre < -2,5			F	p
	\bar{x}	s	95 % CI	\bar{x}	s	95 % CI	\bar{x}	s	95 % CI		
Věk (roky)	60,38	5,87	(57,71; 63,05)	62,97	4,01	(61,50; 64,44)	64,75	2,06	(61,47; 68,03)	2,54	0,09
BFM (kg)	25,59	8,55	(21,70; 29,48)	25,97	9,70	(22,41; 29,53)	20,01	6,62	(9,47; 30,55)	0,76	0,47
LBM (kg)	41,37	3,51	(39,77; 42,97)	41,15	4,41	(39,54; 42,77)	40,00	3,41	(34,57; 45,42)	0,19	0,82
Kroky za den	9 591	2 886	(8 240; 10 942)	10 444	3 625	(9 065; 11 823)	11 731	3 629	(5 965; 17 506)	0,82	0,44
Obvod pasu (cm)	84,48	9,75	(80,04; 88,91)	86,24	12,10	(81,80; 90,68)	76,55	2,62	(72,39; 80,71)	1,42	0,25
Obvod břicha (cm)	91,12	8,21	(87,38; 94,86)	94,00	12,40	(89,45; 98,55)	85,75	4,65	(78,36; 93,14)	1,28	0,29
Obvod boků (cm)	101,74	6,81	(98,64; 104,84)	102,69	9,14	(99,34; 106,05)	98,75	4,80	(91,10; 106,40)	0,44	0,65
Obvod stehna prox. (cm)	58,43	5,60	(55,89; 60,98)	57,53	5,84	(55,39; 59,67)	57,88	4,40	(50,87; 64,88)	0,16	0,85
WHR	0,83	0,09	(0,79; 0,87)	0,84	0,07	(0,81; 0,86)	0,78	0,03	(0,72; 0,82)	1,21	0,31
Obvod stehna dis. (cm)	44,10	4,23	(42,17; 46,02)	43,47	4,52	(41,81; 45,13)	49,13	14,92	(25,38; 72,87)	1,83	0,17
Obvod lýtka (cm)	36,67	2,69	(35,45; 37,90)	35,78	2,99	(34,69; 36,88)	36,18	2,26	(32,57; 39,78)	0,62	0,54
Obvod kotníku (cm)	21,75	2,57	(20,58; 22,92)	21,63	1,69	(21,01; 22,25)	21,00	0,82	(19,70; 22,30)	0,23	0,80
Obvod paže (cm)	27,72	3,22	(26,26; 29,19)	28,74	3,08	(27,60; 29,87)	27,18	2,70	(22,88; 34,47)	0,91	0,41
Obvod zápěstí (cm)	16,58	1,28	(15,99; 17,16)	16,84	1,57	(16,84; 16,27)	16,10	1,17	(14,23; 17,97)	0,57	0,57
Obvod předloktí (cm)	23,94	1,33	(23,34; 24,55)	24,14	2,05	(23,38; 24,89)	23,00	1,22	(21,05; 24,95)	0,74	0,48

Vysvětlivky: s – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti (confidence interval), WHR – poměr obvodu pasu a boků (waist-hip ratio),

BFM – tuková tkáň, LBM – štíhlá tělesná hmota

Tabulka 9. Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě celotělového T-skóre (n = 58)

Proměnné	Norma (n = 42)			Osteopenie (n = 16)			F	p
	T-skóre > -1			T-skóre -1 až -2,5				
	\bar{x}	s	95 % CI	\bar{x}	s	95 % CI		
Věk (roky)	61,38	4,93	(59,85; 62,92)	63,81	4,09	(61,64; 65,99)	3,08	0,08
BFM (kg)	26,15	9,06	(23,33; 28,97)	23,66	8,76	(18,99; 28,33)	0,89	0,35
LBM (kg)	41,55	3,63	(40,41; 42,68)	39,84	4,63	(37,38; 42,31)	2,18	0,15
Kroky za den	10 152	3 411	(9 046; 11 257)	10 141	3 260	(8 404;	< 0,01	0,99
Obvod pasu (cm)	85,43	10,83	(82,06; 88,80)	84,48	11,59	(78,31; 90,66)	0,83	0,77
Obvod břicha (cm)	92,65	9,82	(89,58; 95,71)	92,44	12,87	(85,58; 99,29)	0,00	0,95
Obvod boků (cm)	102,42	8,10	(99,89; 104,94)	101,77	7,89	(97,57;	0,08	0,78
Obvod stehna prox. (cm)	58,26	5,51	(56,54; 59,98)	57,06	5,67	(54,04; 60,08)	0,54	0,46
WHR	0,83	0,08	(0,81; 0,86)	0,83	0,70	(0,79; 0,86)	0,06	0,81
Obvod stehna dis. (cm)	44,70	6,08	(42,81; 46,60)	42,55	3,51	(40,68; 44,42)	1,77	0,19
Obvod lýtka (cm)	36,44	2,91	(35,53; 37,35)	35,31	2,26	(34,11; 36,52)	1,95	0,17
Obvod kotníku (cm)	21,79	2,19	(21,11; 22,48)	21,41	1,46	(20,63; 22,19)	0,41	0,52
Obvod paže (cm)	28,43	3,01	(27,49; 29,37)	27,73	3,23	(26,07; 29,52)	0,49	0,48
Obvod zápěstí (cm)	16,76	1,50	(16,29; 17,23)	16,53	1,17	(15,92; 17,17)	0,27	0,61
Obvod předloktí (cm)	24,11	1,78	(23,56; 24,67)	23,61	1,63	(22,74; 24,47)	0,99	0,32

Vysvětlivky: s – směrodatná odchylka, CI – interval spolehlivosti (confidence interval), WHR – poměr obvodu pasu a boků (waist-hip ratio), BFM – tuková tkáň, LBM – štíhlá tělesná hmota

Tabulka 10. Asociace mezi vybranými obvody těla (cm) a vybranými tělesnými parametry (n = 58)

	BFM (kg)			PT-F (Nm)			T-skóre proximálního femuru			Síla stisku ruky (kg)		
	β	(95% CI)	P	β	(95% CI)	p	β	(95% CI)	p	β	(95 % CI)	p
Obvod pasu (cm)												
Model 1	0,80	(0,64; 0,96)	< 0,01	-0,12	(-0,39; 0,14)	0,37	0,18	(-0,09; 0,44)	0,18	-0,13	(-0,39; 0,14)	0,33
Model 2	0,81	(0,64; 0,97)	< 0,01	-0,03	(-0,31; 0,26)	0,84	0,21	(-0,05; 0,47)	0,11	-0,04	(-0,36; 0,28)	0,80
Model 3	0,82	(0,62; 1,01)	< 0,01	0,06	(-0,21; 0,34)	0,65	0,19	(-0,06; 0,44)	0,13	-0,06	(-0,37; 0,26)	0,73
Obvod boků (cm)												
Model 1	0,90	(0,70; 1,01)	< 0,01	-0,02	(-0,28; 0,25)	0,90	0,18	(-0,08; 0,45)	0,17	-0,08	(-0,35; 0,18)	0,53
Model 2	0,92	(0,79; 1,05)	< 0,01	-0,01	(-0,30; 0,29)	0,99	0,20	(-0,07; 0,47)	0,15	-0,11	(-0,43; 0,22)	0,50
Model 3	0,86	(0,71; 1,01)	< 0,01	0,11	(-0,15; 0,37)	0,40	0,16	(-0,08; 0,40)	0,19	-0,15	(-0,44; 0,14)	0,30
Obvod zápěstí (cm)												
Model 1	0,62	(0,41; 0,83)	< 0,01	0,02	(-0,25; 0,29)	0,88	0,15	(-0,11; 0,42)	0,26	< 0,01	(-0,26; 0,27)	0,97
Model 2	0,57	(0,34; 0,81)	< 0,01	0,06	(-0,23; 0,35)	0,70	0,15	(-0,12; 0,42)	0,27	0,02	(-0,30; 0,34)	0,88
Model 3	0,38	(0,11; 0,65)	< 0,01	0,16	(-0,10; 0,42)	0,22	0,09	(-0,15; 0,33)	0,46	-0,02	(-0,31; 0,27)	0,89
Obvod lýtky (cm)												
Model 1	0,67	(0,47; 0,87)	< 0,01	-0,02	(-0,28; 0,25)	0,91	0,32	(0,07; 0,57)	0,01	0,02	(-0,25; 0,29)	0,88
Model 2	0,69	(0,47; 0,90)	< 0,01	-0,11	(-0,41; 0,18)	0,43	0,27	(0,01; 0,54)	0,04	-0,17	(-0,48; 0,15)	0,30
Model 3	0,58	(0,34; 0,83)	< 0,01	0,01	(-0,26; 0,28)	0,94	0,28	(0,05; 0,52)	0,02	-0,12	(-0,41; 0,18)	0,43

Model 1 – neadjustovaný model

Model 2 – adjustovaný pro Model 1 a kouření, tělesná výška, věk

Model 3 – adjustovaný pro Model 2 a kroky za den

CI – interval spolehlivosti, BFM – tělesný tuk; PT-F – vrchol svalové síly při flexi,

Nm – Newton metr

Neadjustované a adjustované modely asociací sledovaných obvodů těla s vybranými parametry ukazuje tabulka 10. Signifikantní pozitivní asociace ($\beta = 0,38-0,92$; všechna $p < 0,01$) byly nalezeny mezi vybranými tělesnými obvody a tělesným tukem u neadjustovaného modelu stejně jako u adjustovaného modelu 2 a 3 (s mírným zeslabením vyjma obvodu pasu). Pozitivní asociace ($\beta = 0,09-0,21$), avšak bez signifikance nalézáme mezi tělesnými obvody a T-skóre proximálního femuru. Výjimkou je signifikantní asociace ($\beta = 0,32$; $p = 0,01$) mezi obvodem lýtky a T-skóre proximálního femuru u neadjustovaného modelu 1. Tato asociace mírně zeslabuje po adjustaci u modelu 2 ($\beta = 0,27$; $p = 0,04$) a modelu 3 ($\beta = 0,28$; $p = 0,02$).

Naopak negativní asociace u modelu 1 ($\beta = -0,12$ až $-0,02$; $p > 0,05$) nalézáme mezi tělesnými obvody a vrcholem svalové síly při flexi (PT-F) vyjma obvodu zápěstí ($\beta = 0,02$; $p = 0,88$) a veskrze také mezi tělesnými obvody a silou stisku ruky. Ve srovnání s modelem 1 pozorujeme zesilující pozitivní asociaci právě mezi obvodem zápěstí a vrcholem svalové síly při flexi u modelu 2 ($\beta = 0,06$; $p = 0,70$) a především modelu 3 ($\beta = 0,16$; $p = 0,22$).

6 Diskuse

V této diplomové práci jsme na základě naměřených tělesných obvodů hodnotili jejich vztah ke kostní denzitě, svalové síle a vybraným parametrům, jako je tělesná aktivita (počet kroků za den), věk nebo tělesná výška u postmenopauzálních žen.

Okolo 40. roku života ženy nastává tzv. premenopauza, kdy se projevují první známky změn endokrinního systému. Jako menopauza je obecně označováno období přechodu mezi reprodukčním obdobím a seniem, konkrétně se jedná o poslední fyziologické krvácení z dělohy. Jako průměrný věk při menopauze se uvádí 48.– 52. rok života (Citterbart et al. 2001). Po menopauze přichází období postmenopauzy, které začíná okolo 65. roku a trvá až do začátku senia. Během období menopauzy klesá hladina estrogenů. Tento hormon je zodpovědný za vyšší aktivitu při opravě a obnově kosti, a proto v období po menopauze hrozí větší riziko vzniku zlomenin a to vlivem úbytku kostní hmoty. Tento výrazný úbytek kostní tkáně je spojován s osteopenií a osteoporózou a představuje závažný zdravotní problém především pro jedince vyššího věku (Palička et al. 2011). BMD, neboli kostní denzita, je vysoce závislé na věku. BMD se v dětství rychle zvyšuje a svého vrcholu dosahuje okolo 30 let věku člověka, poté začíná klesat. Tento pokles je u mužů postupný, ale u žen klesá rapidně především během období menopauzy (Deurenberg et al. 2009).

Osteoporózou jsou nejvíce zasaženy především obratle, kost pánevní, žebra a také proximální konce stehenní kosti, což je jeden z nejzávažnějších projevů osteoporózy neboť zlomeniny kosti stehenní mohou mít až smrtelné následky (Broulík 2009). Osteoporóza se diagnostikuje na základě T-skóre, což je velikost směrodatných odchylek od průměrné hodnoty kostní denzity zdravých dospělých.

Zhruba 60–80 % kostní hmoty je ovlivněno geneticky, zatímco zbylých 20–40 % mohou být ovlivnitelné dalšími činiteli, jako je například věk, životní styl, stravování a také pohybová aktivita (Bartl & Frisch 2009).

V naší studii jsme hodnotili 58 žen, které dosahovaly průměrného věku 62,1 let. Ženy v naší zkoumané skupině dosáhly menopauzy průměrně ve věku 51,3 let. Také Jeřábková (2013) ve své práci uvádí u žen průměrný věk osteoporózy 51,7 let. Ve studii Papageorgiou et al. (2018) činil průměrný věk menopauzy u žen trpících osteoporózou 48,1 let a u žen, které osteoporózou netrpěly, to bylo 49,7 let. Shankam et al. (2018) ve své studii uvádí průměrný věk menopauzy 48,95 let. V průměru probandky dosahovaly tělesné výšky 162,3 cm a jejich průměrná tělesná hmotnost byla 68,9 kg. BMI námi měřené

skupiny činilo v průměru 26,1 kg/m², což odpovídá kategorii nadváhy, ale podle procentuálního zastoupení tělesného tuku - BFM, který byl 36 %, spadaly již do kategorie obezity. Podobných výsledků dosáhl i Gába (2011), který ve své dizertační práci naměřil u zkoumané skupiny s průměrným věkem 65,84 let BMI 27,38 kg/m², což spadá do kategorie nadváhy, zatímco BFM tvořila 36,56 %, tedy kategorie obezity. Také ve studii Ilesanmi-Oyelere et al. (2018) sledujeme kategorii nadváhy při hodnocení BMI (26,3 kg/m²), ale obezitu při hodnocení BFM (41,2 %).

Jako měřítko distribuce tělesného tuku nejčastěji využíváme obvod pasu. Jeho měření je obtížnější u starších lidí, často právě proto, že je tkáň více uvolněná a orientační body nemusí být jednoduché lokalizovat. S pokročilým věkem se však mezi svalová vlákna ukládá tuk, což často u starších osob vede k nadhodnocení svalové hmoty, pokud nejsou k dispozici radiologické snímky (Deurenberg et al. 2009). Z výsledků naší práce jsme zjistili, že průměrný obvod pasu byl 85,17 cm a průměrný obvod boků 102,24 cm. Průměrné WHR (poměr obvodu pasu a boků) bylo 0,83, což již značí vysoké zdravotní riziko (Pastucha et al. 2014). Podobné výsledky ve své studii naměřili Song et al. (2018). Průměrný obvod pasu v jejich studii byl 76–88,3 cm a 98–104,8 cm pro obvod boků. WHR v této studii činilo 0,77–0,84. Gába (2010) naopak naměřil vyšší WHR s hodnotou 0,99, což již značí velmi vysoké riziko. Index WHR se používá především pro hodnocení abdominální obezity. Čím vyšších hodnot nabývá, tím vyšší je pravděpodobnost abdominální obezity.

Podle Broulíka (2009) trpí v České republice osteoporózou asi 600 000 osob. V našem souboru se objevily pouze 2 případy osteoporózy, které jsme diagnostikovali na základě naměřeného T-skóre proximálního femuru. Stejných výsledků ve své práci dosáhla také Jeřábková (2013). Normálních hodnot dosahovalo 35 probandek, kdy jejich T-skóre bylo menší než -1, a 21 probandek, jejichž T-skóre se pohybovalo mezi -1 až -2,5, vykazovalo osteopenii. Statisticky významný ($p < 0,05$) úbytek mezi kategoriemi norma a osteopenie vykazoval obvod boků, signifikantní pokles ($p < 0,01$) jsme pak pozorovali u obvodu lýtka a BFM. Podobnou signifikantní závislost mezi BFM a kostní denzitou postmenopauzálních žen zaznamenali ve své studii i Ijuin et al. (2002). Také Gnudi et al. (2007) ve své studii zjistili statisticky významný vztah mezi BFM a BMD. BFM se jeví jako poměrně silný prediktor BMD u proximálního femuru i v práci Gáby et al. (2012). Na základě T-skóre lumbální páteře jsme sledovali vyšší počet probandek s osteoporózou ($n = 6$). Vyšší zastoupení sledujeme i u kategorie osteopenie ($n = 31$), normální kostní denzity pak dosahovalo 21 probandek. U kategorie osteoporózy pozorujeme výrazný

pokles WHR, což může souviset s úbytkem štíhlé tělesné hmoty. Gnudi et al. (2007) ve své studii zjistil i signifikantní vztah mezi štíhlou tělesnou hmotou a BMD. V našem souboru sledujeme průměrnou hodnotu LBM 41,1 kg, což odpovídá 60 %. Ve studii Ilesanmi-Oyelere et al. (2018) byla naměřena průměrná hodnota LBM 40,6 kg. Podle Ijuina et al. (2002) je však štíhlá tělesná hmota lepším prediktorem BMD u premenopauzálních žen. Ilesanmi-Oyelere et al. (2018) i Marin-Mio et al. (2018) ve své studii uvádějí, že daleko silnějším prediktorem BMD se jeví LBM než BFM u postmenopauzálních žen. Na základě celotělového T-skóre jsme v naší studii pozorovali podobný pokles hodnot, ale bez signifikace. Vyšší denzita kostní tkáně celého skeletu je spojována s vyšším zastoupením LBM (Gába et al. 2012).

Kvalitě života výrazně prospívá pohybová aktivita, která také předchází vzniku různých onemocnění, mezi které patří i osteoporóza. Pravidelné cvičení a pohybová aktivita vysoké intenzity u dětí a dospívajících totiž přispívá ke zvyšování kostního minerálu (Boomfield et al. 2004). V Cochrane review o efektivitě cvičení u postmenopauzálních žen ukázal relativně malý, ale statisticky významný účinek pohybové aktivity na BMD (Howe et al. 2011). V období menopauzy Suchomel a Sigmundová (2011) doporučují chůzi, plavání, cyklistiku, spinning, běh, nebo vybraná cvičení jógy. Pro dospělou populaci doporučují pohybovou aktivitu střední intenzity v délce 150 minut nebo 75 minut intenzivní pohybové aktivity. Nejjednodušší pohybovou aktivitou je chůze. Tudor-Locke a Basset (2004) uvádějí jako doporučenou denní normu 10 000 kroků. V naší studii jsme pro zjištění pohybové aktivity používali akcelerometr ActiGraph GT1M. Průměrná pohybová aktivita žen v naší zkoumané skupině byla 10 149 kroků za den. Obecně tedy ženy splňovaly doporučenou denní normu, můžeme je tedy hodnotit jako aktivní. Také Gába (2010) ve své práci zkoumal pohybovou aktivitu u postmenopauzálních žen. V jeho studii hodnotil 91 žen jako aktivní, protože splňovaly doporučenou denní normu 10 000 kroků, naopak 72 žen tuto normu nespĺňovalo. Pravidelná pohybová aktivita se uvádí jako významný faktor prevence osteoporózy i sarkopenie. Boyer et al. (2011) tvrdí, že pro udržení celotělového T-skóre -1,0 je potřeba vykonat alespoň 4 892 kroků za den u žen s průměrnou tělesnou váhou 65,1 kg. U naší skupiny, tvořené z 58 žen, jejichž průměrná tělesná hmotnost byla 68,9 kg, jsme naměřili průměrné celotělové T-skóre -0,20. Naše výsledky tak korespondují s prací Gáby et al. (2012), kde probandky průměrně plnily 9 766 kroků denně a jejich průměrná hodnota celotělového T-skóre činila -0,48.

Korelační analýza ukázala statisticky významný negativní vztah ($r = -0,35$ až $-0,57$) mezi počtem kroků a všemi námi měřenými obvody, vyjma WHR a obvodu distálního stehna. Můžeme se domnívat, že tento vztah je zapříčiněn množstvím tukové tkáně, která je nižší u jedinců s vyšší pohybovou aktivitou, což potvrzuje i signifikantní korelace ($r = 0,36$ až $0,90$) mezi BFM a měřenými obvody.

Také kosterní sval se v průběhu života mění. Objem kosterního svalstva je poměrně stabilní až do 40 let, poté začíná klesat. Snížení je většinou větší ve spodní části těla a ve svalcích nohou než v horní části. Spolu se sníženou svalovou hmotou klesá během stárnutí i svalová síla. Snížené množství svalové hmoty a svalové síly se označuje jako sarkopenie. Toto onemocnění získalo značný zájem, protože je mimo jiné spojeno se sníženou termogenezí, funkčními poruchami, zvýšeným rizikem pádů a frakturami kostí (Deurenbergh et al. 2009).

Ve studii Gerdhema et al. (2003), bylo prokázáno, že vliv svalové síly na kostní tkáň je malý nebo nevýznamný. Sööt et al (2005) naopak ve své studii prokázali, že izokinetická síla ovlivňuje BMD u dominantní končetiny.

V naší práci jsme našli negativní asociaci mezi tělesnými obvody a vrcholem svalové síly při flexi ($\beta = -0,12$ až $-0,02$; $p > 0,05$) (vyjma obvodu zápěstí). Podle našich výsledků ani síla stisku ruky neovlivňuje měřené tělesné obvody.

Přínos diplomové práce vidím ve využití moderních technologií, které nám umožní zkoumat a diagnostikovat kvalitu kostní tkáně a tělesného složení, monitorovat pohybovou aktivitu nebo izokinetickou sílu.

Jako další přínos této diplomové práce vidím v informovanosti populace postmenopauzálních žen v oblasti osteoporózy a sakropenie a zmínění rizikových faktorů, které s těmito nemocemi souvisí. Pozitivně hodnotím i informovanost v oblasti prevence těchto onemocnění, a to především zdravého životního stylu a pravidelné pohybové aktivity.

Za limity této práce považuji, že zkoumaný soubor se skládal pouze ze studentek Univerzity třetího věku Univerzity Palackého v Olomouci, které byly poměrně aktivní a o toto vyšetření projevily zájem. Zkoumaný soubor navíc tvořilo pouze 58 žen. Můžeme předpokládat, že kdyby se soubor skládal z náhodně vybraných žen po menopauze, výsledky by byly rozdílné. Rovněž pohybová aktivita byla měřena pouze v rozsahu 7 po sobě jdoucích dní. Tato pohybová aktivita mohla být v těchto dnech vyšší než během běžného dne probandek.

7 Závěry

Hlavním cílem diplomové práce bylo vyšetření a analýza stavu kostní tkáně, pohybové aktivity, svalové síly a vybraných tělesných obvodů ve skupině 58 postmenopauzálních žen ve věku mezi 50 až 74 let. Celkový stav kostní tkáně hodnotíme kladně, neboť průměrná hodnota celotělového BMD se u většiny žen nacházela v normě a více než polovina probandek dosahovala normy také při hodnocení T-skóre proximálního femuru. Pouze při analýze lumbální oblasti páteře jsme zaznamenali vyšší počet probandek s osteopenií než s normální denzitou.

V diplomové práci jsme hodnotili vztah mezi tělesnými obvody a kostní denzitou. Kostní denzitu jsme určovali na základě T-skóre. Dle korelační analýzy jsme zjistili signifikantní a negativní korelaci mezi T-skóre proximálního femuru, celotělovým T-skóre a obvodem lýtka. Při sledování vybraných měřených charakteristik na základě T-skóre proximálního femuru dochází obecně mezi kategoriemi norma a osteopenie k poklesu hodnot měřených parametrů. Statisticky významný úbytek vykazoval obvod boků, signifikantní pokles jsme zaznamenali u obvodu lýtka. Při analýze sledovaných parametrů na základě T-skóre lumbální páteře pak vidíme výrazný pokles WHR u kategorie osteoporózy a obecně zde lze říci, že čím nižší WHR a obvody v oblasti břicha a pasu, tím nižší T-skóre lumbální páteře. Na základě těchto výsledků můžeme hypotézu $H1_a$ přijmout jen částečně, protože jsme danou souvislost prokázali pouze u některých tělesných obvodů (obvodu břicha, pasu a boků).

Dále jsme z korelační analýzy zjistili, že izokinetická síla či síla stisku ruky neovlivňuje měřené obvody, proto jsme přijali hypotézu $H2_0$, tedy, že u žen po menopauze neexistuje vztah mezi tělesnými obvody a svalovou silou.

V další části naší práce jsme hodnotili, zda kouření, tělesná výška a objem pohybové aktivity ovlivňují nebo neovlivňují vztah mezi tělesnými obvody svalovou silou a kostní denzitou. Zjistili jsme zesilující pozitivní asociaci mezi vybranými obvody a vrcholem svalové síly ve flexi pro adjustovaný model a vliv kouření, tělesné výšky, věku a kroků za den, ale bez signifikance. Proto jsme přijali hypotézu $H3_0$. Dále jsme našli pozitivní asociaci mezi tělesnými obvody a T-skóre proximálního femuru, ale i zde je tato asociace bez signifikance. Výjimkou byla pouze signifikantní asociace mezi obvodem lýtka a T-skóre proximálního femuru a to u všech modelů. Tato asociace mírně zeslabuje u adjustovaného modelu. Proto jsme částečně přijali hypotézu $H4_0$.

8 Souhrn

Menopauza přináší pro ženu značné změny psychické i fyzické. Tyto změny se mohou negativně odrazit na kvalitě kostní tkáně, pohybové aktivitě i na kvalitě svalstva. Hlavním cílem této práce bylo zjistit vztah mezi vybranými tělesnými obvody, svalovou silou a kostní densitou, dále jsme se snažili prokázat vliv kouření, tělesné výšky, věku a pohybové aktivity na měřené parametry.

Obecná část diplomové práce se zabývá kosterní a svalovou soustavou jako celkem, jednotlivými onemocněními, které mohou ohrožovat ženy po menopauze, jako je sarkopenie a především osteoporóza. Dále se v teoretické části zabýváme tělesnými obvody a tělesným složením, jako je například tuková tkáň (BFM), tukuprostá tkáň (FFM) nebo měřením Body mas indexu (BMI).

Výzkumný soubor tvořilo 58 žen po menopauze ve věku 50 – 70 let, které navštěvovaly vzdělávací program na Univerzitě třetího věku při Univerzitě Palackého v Olomouci. U těchto žen bylo provedeno vyšetření a analýza stavu kostní tkáně a tělesného složení pomocí metody DXA přístrojem Lunar Prodigy PrimoTM. Měření svalové síly flexorů a extensorů bylo měřeno pomocí izokinetického dynamometru IsoMed 2000. Pohybová aktivita našeho souboru byla měřena po dobu 7 po sobě jdoucích dnů díky akcelerometru ActiGraph.

U 2 žen jsme diagnostikovali osteoporózu na základě vyšetření BMD proximálního femuru, osteopenie na základě tohoto vyšetření dosahovalo 21 probandek. Na základě T-skóre lumbální páteře vykazovalo osteoporózu 6 žen a osteopenii již 31. Z výsledků vyšetření celotělového T-skóre jsme diagnostikovali 16 žen s osteopenií.

Z korelační analýzy bylo zřejmé, že izokinetická síla stisku ruky nemá žádný vliv na měřené tělesné obvody.

Dále jsme z korelační analýzy zjistili, že vyšší hodnoty tělesných obvodů souvisí se statisticky významně vyššími hodnotami kostní density a to u obvodu lýtky s krčkem femuru, proximálním femurem a celotělovým T-skórem.

Měření pohybové aktivity ukazuje, že náš vzorek tvořily převážně aktivní ženy, které denně vykonávaly doporučenou normu 10 000 kroků. U pohybové aktivity jsme zjistili statisticky významnou negativní korelaci mezi počtem kroků a měřeními obvodu (vyjma WHR a distálního stehna) u žen po menopauze. Nepotvrdili jsme, že kouření, tělesná výška či věk ovlivňují vztah mezi tělesnými obvody a kostní densitou a svalovou silou u žen po menopauze.

9 Summary

Menopause brings significant changes in both mental and physical conditions for a woman. These changes can have a negative impact on both bone and muscle quality, as well as physical activity. The main purpose of this work was to find out the relationship between selected body circuits, muscle strength and bone density.

The general part of the thesis deals with the skeletal and muscular system as a whole, individual diseases that can threaten women after menopause, such as sarcopenia and especially osteoporosis. Furthermore, the theoretical aspect deals with body circuits and body composition, such as adipose tissue (BFM), fat free tissue (FFM) or Body Mass Index (BMI). The research group consisted of 58 postmenopausal women aged 50–70 years who attended an educational program at the University of the Third Age at Palacký University in Olomouc. These women were examined and analyzed for bone tissue and body composition using the DXA method of the Lunar Prodigy PrimoTM. Flexor and extensor muscle strength measurements were measured using the IsoMed 2000 isokinetic dynamometer. Motion activity of our group was measured for 7 consecutive days due to the ActiGraph Accelerometer.

In 2 women, osteoporosis was diagnosed on the basis of BMD proximal femur examination, osteopenia was based on 21 probands. According to the lumbar spine T-score, 6 women had osteoporosis and 31 had already osteopenia. 16 women with osteopenia were diagnosed from the results of the whole-body T-score.

From the correlation analysis, it was evident that the isokinetic force of the hand pressures had zero effect on the measured body circuits.

Further, we found out from the correlation analysis that higher values of body circuits are related to statistically significantly higher bone density values in the calf circumference with femoral neck, proximal femur and full-body T-score.

Measurement of physical activity shows that our sample consisted of mostly active women, who performed the recommended daily 10,000 steps. In physical activity, we found a statistically significant negative correlation between the number of steps and the measured circuits (excluding WHR and distal thigh) in postmenopausal women. We have not confirmed that smoking, body height or age affect the relationship between body circuits and bone density and muscle strength in postmenopausal women.

10 Přílohy

Osobní dotazník

1. Jméno a příjmení
2. Datum narození
3. V kolika letech u Vás nastala menopauza?
4. Věnovala jste se v mládí aktivně sportu? Pokud ano, tak jakému a na jaké úrovni?
(např. lyžování – závodně, reprezentačně; volejbal – rekreačně)
5. Do kolika let jste se aktivně věnovala sportu?
6. Udržujete stále pohybovou aktivitu?
7. Kouření
 - a. Kouřila jste v minulosti? ANO NE
 - b. Kouříte stále? ANO NE
 - c. Kolik cigaret denně vykouříte?
8. Utrpěl některý člen Vaší rodiny závažnou zlomeninu během života (zlomeniny obratle, krčku stehenní kosti, popř. předloktí)?

11 Referenční seznam

- AHMADIEH, H., ARABI, A.. Vitamins and bone health: beyond calcium and vitamin D. *Nutrition Reviews*, 2011, roč. 69, č.10, s.584–598. ISSN 1475-2700.
- BARTL, R., FRISH, B.. *Osteoporosis: diagnosis, prevention, therapy*. 2. vydání. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. ISBN 978-3-540-79526-1.
- BARTŮŇKOVÁ, S.. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1171-6.
- BERKOVÁ, M., BERKA, Z., TOPINKOVÁ, E.. *Problematika seniorského věku: Stařecká křehkost, sarkopenie a disabilita*. [online] Practicus, 2013, roč.12, č.2. [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <http://www.practicus.eu/data/Practicus2013/practicus2013-02.pdf>
- BLAHOŠ, J.. Stárnutí kostí a význam osteocytů. *Osteologický bulletin*, 2011, roč.16, č.2, s.52-54. ISSN: 1211-3778.
- BOYER, K., KIRATLI, B., ANDRIACCHI, T., BEAUPRE, G.. *Maintaining femoral bone density in adults: how many steps per day are enough?* *Osteoporosis International*, 2011, roč.22, č.12, s.2981–2988. ISSN 1433-2965.
- BROULÍK, P.. *Osteoporóza a její léčba: průvodce ošetřujícího lékaře*. 2. rozš. vydání. Praha: Maxdorf, 2009. Edice Farmakoterapie pro praxi. ISBN 978-80-7345-176-9.
- BROWN, L. E.. *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000. ISBN 0-7360-0005-4.
- BUŽGA, M., ZAVADILOVÁ, V., VLČKOVÁ, J., OLEKSIÁKOVÁ, Z., ŠMAJSTRLA, V., TOMÁŠKOVÁ, H., JIRÁK, Z., KAVKOVÁ, J.. Porovnání výsledků různých metod stanovení tělesného tuku. *Hygiena*, 2012, roč. 57, č.3, s.105–109. ISSN 1802-6281.
- CITTERBART, K. et al.. *Gynekologie*. Praha: Galén, 2001. ISBN 80-246-0318-7.
- CASTILLO, E. M., GOODMAN-GRUEN, D., KRTIZ-SILVERSTEIN, D., MORTON, D. J., WINGARD, D. L., BARRETT-CONNOR, E.. Sarcopenia in elderly men and women: The Rancho Bernardo study. *American Journal of Preventive Medicine*, 2003. roč.25, č.3, s.226–231. ISSN 0749-3797.
- ČIHÁK, R.. *Anatomie I*. Praha: Avicentrum, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8

- DEURENBERG, P., YAP, M.. Ageing and changes in body composition: The importance of valid measurements. In *Food for the Ageing Population* (M.R.A.L.D. Groot ed) Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2009, FL.pp. 169–181
- DHILLON, R. J. S., HASNI, S.. *Pathogenesis and Management of Sarcopenia*. Clinics in Geriatric Medicine [online]. 2017, roč.33, č.1, s.17-26 [cit. 2019-02-27]. ISSN 07490690. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749069016300714>
 - DOKLÁDAL, M., PÁČ, L.. *Anatomie člověka*. Brno: Masarykova univerzita-Lékařská fakulta, 1991. ISBN 80-210-0292-1.
 - DONINI, L. M., POGGIOGALLE, E., MIGLIACCIO, S., AVERSA, A., PINTO, A.. Body composition in sarcopenic obesity: systematic review of the literature. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* [online]. 2013, roč. 6, č. 3, s.191-198 [cit. 2019-02-27]. ISSN 1973-7998. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12349-013-0135-1>
 - DOVALIL, J.. *Výkon a trénink ve sportu*. 3. vydání. Praha: Olympia, 2009. ISBN 978-80-7376-130-1.
 - DVIR, Z.. *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications*. 2. vydání. Michigan University: Churchill Livingstone, 2004. ISBN 0-4430-7199-3.
 - DYLEVSKÝ, I.. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
 - DYLEVSKÝ, I.. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7.
 - FELLNEROVÁ, I., HLAVÁČEK, L., ČELECHOVSKÝ, A.. *Obecná fyziologie I: chemické a buněčné základy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4014-9.
 - FOURIE, M., GILDENHUYS, G. M., SHAW, I., SHAW, B. S., TORIOLA, A. L., & GOON, D. T.. Effects of a mat Pilates programme on body composition in elderly women. *The West Indian Medical Journal*, 2013, roč.62, vyd.6, s.524–528. ISSN 0043-3144.
 - FREIWALD, J., KRUSE, S.. *Pohybem proti osteoporóze*. Praha: Pragma, 2000. ISBN 8-0720-5705-7.
 - GALLAGHER, D., HEYMSFIELD, S. B., HEO, M., JEBB, S. A., MURGATROYD, P. R., SAKAMOTO, Y.. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, roč.72, vyd.3, s. 694-701. ISSN 0002-9165.

- GERDHEM, P., RINGSBERG, K., ÅKESSON, K., OBRANT, K.. Influence of muscle strength, physical activity and weight on bone mass in a population-based sample of 1004 elderly women. *Osteoporosis International*, 2003, roč.14, vyd.9, s.768–772. ISSN 0937-941X.
- GÁBA, A., PŘIDALOVÁ, M.. Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18–89 years: a cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*, 2014, roč.53, vyd.1, s.167-176. ISSN 1436-6207.
- GÁBA, A.. *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55-84 let*. Olomouc, 2011. disertační práce (Ph.D.). Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- GÁBA, A., KAPUŠ, O., PELCLOVÁ, J., RIEGEROVÁ, J.. The relationship between accelerometer-determined physical activity (PA) and body composition and bone mineral density (BMD) in postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2012, roč.54, vyd.3, s.315–321. ISSN 0167-4943.
- GNUDI, S., SITTA, E., FIUMI, N.. 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*, 2007, roč.25, vyd.5, s.326–332. ISSN 0914-8779.
- GRIM, M., DRUGA, R.. *Základy anatomie*. Praha: Galén, 2001. ISBN 80-246-0307-1.
- GUO, S. S., ZELLER, C., CHUMLEA, W. C., SIERVOGEL, R. M.. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, roč.70, vyd.3, s.405–411. ISSN 1938-3207.
- HEYWARD, V. H., WAGNER, D. R.. *Applied body composition assessment*. 2. vydání. Champaign, III: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-7360-4630-5.
- HOLIBKOVÁ, A., LAICHMAN, S.. *Přehled anatomie člověka*. 4. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. ISBN 80-244-1480-5.
- HOLMEROVÁ, I., JURAŠKOVÁ, B., VAŇKOVÁ, H., VELETA, P.. Křehkost vyššího věku a sarkopenie jako její důležitá komponenta. *Česká geriatrická revue*, 2007, roč.5, vyd.1, s. 24–32. ISSN: 1214-0732.
- HOWE, T.E., ROCHESTER, L., NEIL, F., SKLETON, D. A., BALLINGER, C.. Exercise for improving balance in older people. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2011. ISSN 1465-1858.

- HRČKOVÁ, Y., ŠARAPATKOVÁ, H.. Osteoporóza. *Interní medicína.pro praxi*, 2004, roč.6, č.1, s.37-39. ISSN 1212-729.
- HUDÁKOVÁ, A., MAJERNÍKOVÁ, L.. *Kvalita života seniorů v kontextu ošetrovatelství*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4772-9.
- IJUN, M., DOUCHI, T., MATSUO, T., YAMAMOTO, S., UTO, H., NAGATA, Y.. Difference in the effects of body composition on bone mineral density between preand postmenopausal women. *Maturitas*, 2002, roč.43, č.3, s.239–244. ISSN 0378-5122.
- ILESANMI-OYELERE, B. L., COAD, J., ROY, N., KRUGER, M. C.. Lean Body Mass in the Prediction of Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *BioResearch Open Access*, [on line] 2018, roč. 7, č.1. [cit.2019-03-22] ISSN 2164-7860. Dostupné na: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/biores.2018.0025>
- JANURA, M.. *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2003. ISBN 80-244-0644-6.
- JARKOVSKÁ, H.. *Posilování: kondiční kruhový trénink: [200 cviků v 28 programech s vlastní vahou, s lehkým náčiním]*. Praha: Grada, 2009, ISBN 978-80-247-3056-1.
- JAVŮREK, J.. *Život s osteoporózou*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-711-7.
- JENÍČEK, J.. *Žena v přechodu. 2. přepracované vydání*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0679-2.
- JENŠOVSKÝ, J.. Význam kalcia a vitamínu D v léčbě postmenopauzální osteoporózy. *Klimakterická medicína*, 2007, roč.12, č.1, s.6–9. ISSN 1211-4278 .
- JEŘÁBKOVÁ, A.. *Posouzení vlivu vybraných faktorů na kostní denzitu a geometrii proximálního femuru u postmenopauzálních žen*. Olomouc, 2013. diplomová práce (Mgr.). Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H., HOLMEROVÁ, I., WEBER, P.. *Geriatrické syndromy a geriatrický pacient*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2490-4.
- KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H.. *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0548-6.
- KAPOOR, D., JONES, T. H.. Smoking and hormones in health and endocrine disorders. *European Journal of Endocrinology*, 2005, roč.57, č.4, s.491–499. ISSN 0804-4643.

- KOCIÁN, J., PATLEJCHOVÁ, E.. *Dieta při odvápnění kostí - osteoporóze*. 3. vydání. Praha: Triton, 1998. ISBN 80-85875-69-1.
- KOLAŘÍK, D., HALAŠKA, M., FEYEREISL, J.. *Repetitorium gynekologie*. Praha: Maxdorf, 2008. ISBN 978-80-7345-138-7.
- KRÁTKÁ, J.. Biologické stáří skeletu a jeho úloha v prevenci osteoporózy. *Československá fyziologie*, 2007, roč.56, č.1,s.10-14. ISSN 1210-6313.
- KROEMEKE, A., ZAJAC-GAWAK, I., POŠPIECH, D., GÁBA, A., PŘIDALOVÁ, M., PELCOVÁ, J.. Postmenopausal obesity: 12,500 steps per day as a remedy? Relationships between body composition and daily steps in postmenopausal women. *Menopausal Rewiew*, 2014, roč.13, č.4, s.227–232. ISSN: 1643-8876.
- KŘIVÁNKOVÁ, M., HRADOVÁ, M.. *Somatologie: učebnice pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada, 2009. Sestra. ISBN 978-80-247-2988-6.
- KUTÁČ, P.. *Základy kinantropometrie: (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, katedra tělesné výchovy, 2009. ISBN 978-80-7368-726-7.
- KYLE, U. G., MELZER, K., KAYSER, B., PICARD-KOSSOVSKY, M., GREMION, G., PICHARD, C.. Eight-Year Longitudinal Changes in Body Composition in Healthy Swiss Adults. *Journal Of The American College Of Nutrition*, 2006, roč.25, č.6, s.493–501. ISSN 0731-5724.
- KYLE, U. G., SCHUTZ, Y., DUPERTUIS, Y., PICHARD, C.. Body composition interpretation:contribution of fat-free mass index and body fat mass index. *Clinical Nutrition*, 2004, roč.23, č.4, s.587–604. ISSN 0261-5614.
- LEBL, J., KRÁSNÍČANOVÁ, H.. *Růst dětí a jeho poruchy*. Praha: Galén, 1996. ISBN 80-85824-30-2.
- LORENZ, T., CAMPELLO, M.. kapitola Biomechanics of Skeletal Muscle. In NORDIN, M., FRANKEL, V. H.. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 4. vydání. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, ISBN 978-1609133351.
- MacDERMID, J., SOLOMON, G., VALDES, K.. *Clinical Assessment Recommendations*. 3. vydání. American Society of Hand Therapists; 2015. ISBN 0692525157.
- MÁČEK, M., RADVANSKÝ, J.. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-695-3.

- MARIN-MIO, R. V., MOREIRA, L. D. F., CAMARGO, M., PÉRIGO, N. A. S., CERONDOGLO, M. S., LAZARETTI-CASTRO, M.. Lean mass as a determinant of bone mineral density of proximal femur in postmenopausal women. *Archives of Endocrinology and Metabolism* [online]. 2018, sv.62, č.4, str. 431-437. [cit.2019-03-22] ISSN 2359-3997. Dostupné na: <http://www.scielo.br/pdf/aem/v62n4/2359-4292-aem-62-04-0431.pdf>.
- MĚKOTA, K., NOVOSAD, J.. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-X.
- PALIČKA, V., BLAHOŠ, J., BÝMA, S.. *Osteoporóza: doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře 2011*. Doporučené postupy pro praktické lékaře. Praha: Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP, 2011. ISBN 978-80-86998-44-2.
- PAPAGEORGIOU, M., SATHYAPALAN, T., SCHUTTE, R.. Muscle mass measures and incident osteoporosis in a large cohort of postmenopausal women. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, [online] 2018, roč.9, č.6, s.1-9. [cit.2019-03-22] ISSN 2190-6009. Dostupné na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcsm.12359>
- PASTUCHA, D. a kol.. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 8024794829.
- PEDREIRA, P.G., PINHEIRO, M. M., SZEJNFELD, V. L.. Bone mineral density and body composition in postmenopausal women with psoriasis and psoriatic arthritis. *Arthritis Research & Therapy*, [on line] 2011, roč.13. [cit.2019-03-22] ISSN 1465-9905. Dostupné na: <https://arthritis-research.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/ar3240>
- PŘIDALOVÁ, M., RIEGEROVÁ, J.. *Funkční anatomie*. Olomouc: HANEX, 2002. ISBN 80-85783-38-X.
- RAJAMANOVARA, R., ROBINSON, J., RYMER, J., PATEL, R., FOGELMAN, I., BLAKE G. M.. The effect of weight and weight change on the long-term precision of spine and hip DXA measurements. *Osteoporosis International*. 2011, roč.;22, č.5, s.1503-1512. ISSN 1433-2965.
- Report of a WHO Study Group.. *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis*. Geneva : WHO, 1994. ISBN 92-4-120843-0.
- RIEGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M., ULBRICHOVÁ, M.. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vydání. Olomouc: Hanex, 2006. ISBN 80-85783-52-5.

- ROKYTA, R.. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. 1. vydání, Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.
- ROSA, J., PALIČKA, V., BÝMA, S.. *Osteoporóza: doporučené diagnostické a terapeutické postupy pro všeobecné praktické lékaře 2018*. Doporučené postupy pro praktické lékaře. Praha: Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP, 2018. ISBN 978-80-86998-98-5.
 - SÖÖT, T., JÜRIMÄE, T., JÜRIMÄE, J., GAPEYEVA, H., PÄÄSUKE, M.. Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 2005, roč.23, č.5, s. 401–406. ISSN 0914-8779.
 - SHEPHARD, R. J.. *Aging, physical activity, and health*. Champaign: Human Kinetics, 1997. ISBN 0873228898.
 - SMÉKAL, D., LEPŠÍKOVÁ, M.. Vyšetření svalové síly. In Kolář, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. s.75-76. ISBN 978-80-7262-657-1.
 - SPIRDUSO, W., FRANCIS, K., MacRAE, P.. *Physical dimensions of aging*. 2. vydání. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-7360-3315-7.
 - SUCHOMEL, A., SIGMUNDOVÁ, D.. Pohybová aktivita mužů a žen libereckého regionu z hlediska denních činností. *Tělesná kultura*, 2011, roč.34, č.1, s.108–118. ISSN: 1211-6521.
 - THOMPSON, D., KARPE, F., LAFONTAN, M., FRAYN, K.. Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological Reviews*, 2012, roč.92, č.1, s.157–191. ISSN 0554-1395.
 - TOOMBS, R. J., DUCHER, G., SHEPHERD, J. A., DE SOUZA, M. J.. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*. 2012, roč.20, č.1, s.30-39. ISSN 1930-739X.
 - TRNAVSKÝ, K., KOLAŘÍK, J.. *Onemocnění kloubů a páteře v praxi*. Praha: Galén, 1997. ISBN 8085824655.
 - TROJAN, S. a kol.. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0512-5.
 - TUCKER, K. L., JUGDAOHSINGH, R., POWELL, J. J., QIAO, N., HANNAN, M. T., SRIPANYAKORN, S., CUPPLES, L. A., KIEL, D. P.. Effects of beer, wine, and liquor intakes on bone mineral density in older men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2009, roč. 89, č.4, s.1188–1196. ISSN 0002-9165.
 - TUDOR-LOCKE, C., BASSETT, D.. How many steps/days are enough? Preliminary

Pedometer Indices for Public Health. *Sport Medicine*, 2004, roč.34, č.1, s.1-8. ISSN 0112-1642.

- VALEŠOVÁ, M., VALEŠ, J.. Využití kinezioterapie v domácí péči. *Medicina pro praxi*, [online]. 2010, roč.7. č.4, s.199-200. [cit. 2019-03-20] ISSN 1803-5310.Dostupné z: https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-201004-0012_Vyuziti_kinezioterapie_v_domaci_peci.php
- VANDEWOUDE, M. F. J., ALISH, C. J., SAUER, A. C., HEGAZI, R. A.. Malnutrition-Sarcopenia Syndrome: Is This the Future of Nutrition Screening and Assessment for Older Adults?. *Journal of Aging Research* [online]. 2012, s.1-8 [cit.2019-03-10]. ISSN 2090-2204. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/jar/2012/651570/>
- VYSKOČIL, V.. *Osteoporóza a ostatní nejčastější metabolická onemocnění skeletu*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-637-3.
- VYSKOČIL, V., PAVELKA, T.. Nové možnosti DXA diagnostiky a její limity. *Osteologický bulletin*, 2011, roč.16, č.3, s.78-86. ISSN 1211-3778.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION.. *Prevention and management of osteoporosis: report of a WHO scientific Group*. Geneva: WHO, 2003. ISBN 92-4-120921-6.