

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Adam Jureňa

Diagnostika osteoporózy s využitím zobrazovacích metod

Diplomová práce

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

Olomouc 2022

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne a použil len uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 29. júla 2022

Podpis

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. PaedDr. Miroslavovi Kopeckému, Ph.D. za cenné rady a trpezlivosť pri odbornom vedení práce, za štatistické spracovanie výsledkov výskumu diplomovej práce a RNDr. Eve Reiterovej za poskytnuté konzultácie. Zároveň ďakujem aj primárke MUDr. Eve Kmetyovej, za poskytnutie výsledkov denzitometrického vyšetrenia pacientov vo Fakultnej nemocnici s poliklinikou sv. Cyrila a Metoda v Bratislave.

ANOTÁCIA

Typ záverečnej práce:	diplomová práca
Téma práce:	Metódy diagnostiky kostných minerálnych parametrov
Názov práce:	Diagnostika osteoporózy s využitím zobrazovacích metód
Názov práce v AJ:	Diagnosis of osteoporosis using imaging methods
Dátum zadania:	2021-01-28
Dátum odovzdania:	2022-07-29
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických vied Ústav radiologických metód
Autor práce:	Bc. Adam Jureňa
Vedúci práce:	doc. PaedDr. Miroslav Kopecký, Ph.D.
Oponent práce:	Mgr. Ivana Bokůvková

Abstrakt v SJ:

Cieľom tejto diplomovej práce je popísať ako sa menia kostné minerálne parametre v závislosti na veku u 45 – 76 ročných mužov a žien, ktorí absolvovali dvoj-energetickú röntgenovú absorpciometriu (DXA) a ako ich ovplyvňuje Body Mass Index.

V teoretickej časti je popísané zloženie a štruktúra kostí, charakteristika osteoporózy, jej druhy, prejavy, rizikové faktory vedúce k veku osteoporóza a diagnostické metódy osteoporózy.

Druhá časť diplomovej práce je venovaná výskumu, pričom výskumný súbor tvorili pacienti fyziatricko-rehabilitačného oddelenia Univerzitnej nemocnice s poliklinikou sv. Cyrila a Metoda v Bratislave, ktorí absolvovali denzitometrické vyšetrenie v rokoch

2019 – 2022. Počet vyšetrovaných pacientov bol 250, z toho 196 bolo ženského pohlavia a 54 mužského pohlavia. Všetky údaje boli zmerané na prístroji HOLOGIC QDR Discovery. Do výskumného súboru boli zahrnutí len pacienti, ktorí podstúpili meranie denzity v oblasti proximálneho femuru a L-chrbtice. Všetky dáta boli spracované programom STATISTICA CZ 12. Stanovené hladiny významnosti boli $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$.

Výsledky nášho výskumu poukazujú na to, že BMI má vzťah s kostnými minerálnymi parametrami a je potrebné, aby mu bola venovaná pozornosť. Zistili sme tiež, že vek nie je spoľahlivým prediktorom nízkej hustoty kostí, ani osteoporotickej zlomeniny, preto by sa v ďalších štúdiách mali sledovať aj iné faktory, ktoré ovplyvňujú hodnotu hustoty kosti a taktiež by sme mali brať do úvahy, že výsledky merania môžu byť ovplyvňované rôznymi nežiaducimi faktormi.

Abstrakt v AJ:

The aim of this thesis is to describe how bone mineral parameters change depending on age in 45 – 76 years old men and women who have undergone dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and how they are affected by Body Mass Index.

The theoretical part describes the composition and structure of bones, characteristics of osteoporosis, its types, manifestations, risk factors leading to osteoporosis and diagnostic methods of osteoporosis.

The second part of the diploma thesis is devoted to research, while the research group consisted of patients of the physiatry-rehabilitation department of the University Hospital with Polyclinic St. Cyril and Methodius in Bratislava, who underwent densitometric examination between 2019 and 2022. The number of examined patients was 250, of which 196 were female and 54 male. All data were measured on a HOLOGIC QDR Discovery. Only patients who underwent density measurement in the region of the proximal femur and L-spine were included in the research set. All data were processed with the program STATISTICA CZ 12. The determined levels of significance were $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$.

The results of our research indicate that BMI has a relationship with bone mineral parameters and needs to be paid attention to. We also found that age is not a reliable predictor of low bone density or osteoporotic fracture, so other factors that influence the value of bone density should be monitored in further studies and of course we should take into account that the measurement results can be influenced by various undesirable factors.

Klíčové slova v SJ: 45 – 76 roční muži a ženy, osteoporóza, denzitometria, dvoj-energetická röntgenová absorpciometria, T-skóre, Z-skóre, diagnostika osteoporózy

Klíčové slova v AJ: 45 – 76 years old men and women, osteoporosis, densitometry, dual-energy X-ray absorptiometry, T- score, Z-score, diagnosis of osteoporosis

Rozsah: 89 strán, 1 příloha

Obsah

ÚVOD	10
1 POPIS REŠERŠNEJ ČINNOSTI	11
2 TEORETICKÉ POZNATKY	13
2.1 Kostné tkanivo	13
2.1.1 Stavba kosti.....	13
2.1.2 Remodelácia a novotvorba kosti.....	15
2.2 Osteoporóza	16
2.2.1 Primárna osteoporóza	16
2.2.2 Sekundárna osteoporóza	18
2.2.3 Prejavy a rizikové faktory osteoporózy	20
2.3.1 Fracture Risk Assessment Tool	25
2.3.2 Laboratórne diagnostické metódy.....	27
2.3.3 Zobrazovacie diagnostické metódy	28
2.4 Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria.....	33
2.4.1 Výhody a nevýhody DXA	34
2.4.2 Časti skeletu vhodné na meranie	35
2.4.3 Polohovanie pacienta	36
2.4.4 Chyby pri vyšetrení.....	36
2.4.5 Opakované meranie	37
2.4.6 Vyhodnotenie vyšetrenia	38
2.4.7 T-skóre, Z-skóre a WHO klasifikácia.....	39
2.4.8 Diagnostika u detí	40
2.4.9 Periférna denzitometria.....	40
2.5 Diferenciálna diagnostika	40
3 HLAVNÝ CIEĽ, ČIASTKOVÉ CIELE A HYPOTÉZY PRÁCE.....	42
4 METODIKA	46

4.1 Charakteristika výskumného súboru.....	46
4.2 Metóda zberu dát	46
4.3 Realizácia výskumu	49
4.4 Štatistické spracovanie dát.....	49
5 VÝSLEDKY	51
5.1 Porovnanie kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách	51
5.1.1 Porovnanie hustoty kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách žien	51
5.1.2 Porovnanie hustoty kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov	53
5.1.3 Porovnanie obsahu kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách žien	55
5.1.4 Porovnanie obsahu kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov	57
5.2 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru ..	59
5.2.1 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru u žien.....	59
5.2.2 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru u mužov.....	61
5.3 Porovnanie T-skóre bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov.....	63
5.4 Vzťah medzi kostnými minerálnymi parametrami a BMI na bedrovej chrbtici a proximálnom femure u žien	65
6 DISKUSIA.....	67
ZÁVER	71
REFERENČNÝ ZOZNAM	73
ZOZNAM SKRATIEK.....	82
ZOZNAM OBRÁZKOV	84

ZOZNAM TABULIEK	85
ZOZNAM GRAFOV	86
ZOZNAM PRÍLOH	87
Prílohy.....	88

ÚVOD

S tým ako populácia starne sa zvyšuje aj výskyt osteoporotických zlomenín (Clynes et al., 2020). Sözen et al. (2017) uvádza, že osteoporóza sa stáva epidémiou. Osteoporóza je choroba, ktorá je charakterizovaná úbytkom kostnej hmoty a tiež zvyšuje krehkosť kosti a náchylnosť na zlomeniny (Clynes et al., 2020). V súčasnosti sa odhaduje, že viac ako 200 miliónov ľudí trpí osteoporózou. Podľa najnovších štatistík Medzinárodnej nadácie pre osteoporózu celosvetovo postihne 1 z 3 žien vo veku nad 50 rokov a 1 z 5 mužov osteoporotická zlomenina (Sözen et al., 2017). Všeobecne uznávaným najsilnejším determinantom rizika osteoporotickej zlomeniny je kostná hmota, ktorú môžeme merať ako hustotu kostného minerálu (BMD) alebo obsah minerálu v kosti (BMC) (Zhao et al., 2009). Najčastejšie sú merané pomocou dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie (DXA), ktorá má oproti iným denzitometrickým vyšetreniam množstvo výhod, medzi ktoré patrí interpretácia merania kostnej hustoty pomocou T-skóre, ktoré definovala Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) (Blake, Fogelman, 2007). Voort et al. (2001) uvádzajú, že vek a Body Mass Index (BMI) vplyvajú na tieto dva parametre. Schönau (2004) však hovorí, že množstvo kostnej hmoty by nemalo súvisieť s vekom, ale s inými rizikovými faktormi.

Ako rádiologický asistent sa zaujímam o problematiku diagnostiky osteoporózy s využitím zobrazovacích metód, ktorých zlatým štandardom je práve DXA, ktoré napomáha včasnému odhaleniu osteoporózy. Na kostnú hustotu vplyvajú rôzne faktory, ktoré ju môžu nepriaznivo ovplyvniť. Pre včasnú diagnostiku osteoporózy je dôležité tieto faktory rozpoznať.

V našom výskumnom šetrení sme sa zamerali na analýzu vplyvu veku na kostné minerálne parametre a ich vzťah s BMI. Naše zistenia by mohli doplniť už množstvo existujúcich zistení o vplyve veku na kostnú hustotu a jej vzťah s BMI.

Táto diplomová práca sa skladá z teoretickej a praktickej časti. V teoretickej časti práce je popísaná štruktúra kostí, charakteristika osteoporózy, jej druhy, prejavy, faktory ovplyvňujúce vznik osteoporózy a jednotlivé druhy zobrazovacích technológií využívaných v denzitometrii. V praktickej časti sú uvedené ciele výskumného šetrenia, metodika, zber, spracovanie dát a interpretácia výsledkov, ktorých zhrnutie sa nachádza v diskusii.

1 POPIS REŠERŠNEJ ČINNOSTI

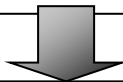
VYHĽADÁVACIE KRITÉRIÁ

Kľúčové slová v SJ: osteoporóza, denzitometria, DXA, kostná denzita, diagnostika osteoporózy, T-skóre a Z-skóre

Kľúčové slová v ČJ: osteoporóza, denzitometrie, DXA, kostní denzita, diagnostika osteoporózy, T-skóre a Z-skóre

Kľúčové slová v AJ: osteoporosis, densitometry, DXA, bone density, diagnosis of osteoporosis, T-score and Z-score

Jazyk: slovenský, český, anglický



DATABÁZY: Medvik, PubMed, Google Scholar, proLékaře,



NÁJDENÝCH 214



VYRAĎUJÚCE KRITÉRIÁ: duplicitné články, kvalifikačné práce, články netýkajúce sa cieľa



SUMARIZÁCIA VYUŽITÝCH DATABÁZ A DOHĽADANÝCH DOKUMENTOV

Medvik - 6

EBSCO - 10

PubMed - 15

Google Scholar - 32

proLékaře - 1

SUMARIZÁCIA DOHĽADANÝCH PERIODÍK A DOKUMENTOV

Recenzované tlačené periodiká - 2

Knižné publikácie - 4



Pre tvorbu diplomovej práce bolo použitých **71** dohľadaných zdrojov

2 TEORETICKÉ POZNATKY

2.1 Kostné tkanivo

Kosti tvoria kostrovú sústavu. Sú to pevné, tvrdé aj pružné orgány žltobielej farby. Ich súbor, kostra, spolu s chrupavkami, kĺbmi a väzivovými spojmi vytvára pasívny pohybový aparát (Čihák, 2001). Hlavnými funkciami kostí sú: poskytnutie podpory pre telo, chránia životne dôležité štruktúry a orgány, upínajú sa na nich svaly, zabezpečujú udržiavanie minerálnej homeostázy a acidobázickej rovnováhy, slúžia ako rezervoár rastových faktorov a cytokínov a poskytujú prostredie pre hematopoézu v kostných priestoroch (Clarke, 2008).

2.1.1 Stavba kosti

U dospelého človeka je kostné tkanivo zložené z organickej zložky, ktorá tvorí 25 %, anorganickej zložky, ktorá predstavuje 65 % a zvyšných 10 % tvorí voda, ktorá je uložená v kostných kryštáloch, intracelulárne a extracelulárne. Kostný matrix, ktorý sa nazýva aj osteoid je tvorený z 90 % kostným kolagénom, ktorý je I. typu a tvorí 30 % proteínu v ľudskom tele. Ďalej je tvorený nekolagénovým proteínovým matrixom. Anorganickú zložku tvorí hlavne kalcium a fosfát. Ľudská kostra je zásobárňou, ktorá obsahuje 90 % z celkového množstva kalcia v tele a 60 % zásob fosforu. 10 % z celkového množstva kalcia slúži na rôzne metabolické procesy v tele (Hulín, 2005). Vápnik je dôležitý pre kosť a jej metabolizmus, pretože je zodpovedný za stavbu kosti. Fosfor je zasa zodpovedný za uskladnenie vápniku v tkanive, fluór za vývoj kosti a horčík podporuje látkovú výmenu vápnika a fosforu. Vstrebávanie fosforu a vápnika zabezpečuje vitamín D (Benešová, 2011).

Bunkový systém tvoria osteoblasty, osteocyty a osteoklasty. Osteoblasty spúšťajú proces chondrogénnej aj desmogénnej osifikácie (Čihák, 2001). Sú to kuboidné mononukleárne bunky, tvorené stromálnymi bunkami kostnej drene a veľkosť majú 15 – 30 μm . Obsahujú bohaté endoplazmatické retikulum a podieľajú sa na syntéze bielkovín. Metabolická aktivita osteoblastov dosahuje 50 % úrovne metabolickej aktivity pečeneňových buniek (Hulín, 2005). Štruktúry, ktoré osteoblasty vytvarajú sú kostné trámčeky, ktoré sa množia apozíciou (Čihák, 2001). Približne 40 – 60 % osteoblastov zanikne v dôsledku apoptózy. Zvyšok sa transformuje na výstielkové bunky alebo sa začlení v podobe osteocytov (Hulín, 2005).

Osteocyty sú najpočetnejšie a majú najdlhšiu dobu života (Lüllman-Rauch, 2012). Sú úplne obklopené zrelou kosťou a možno ich považovať za usadené elementy redukcie výbavy organel (Hulín, 2005). Lüllman-Rauch (2012) uvádza, že funkcia osteocytov nie je úplne objasnená. Vitalita osteocytov sa zdá byť podstatná pre udržiavanie kosti. Osteocyty netvoria kostnú hmotu. Komunikujú medzi sebou a osteoblastmi prostredníctvom dlhých výbežkov. Tvoria hustú sieť, ktorá sa nazýva aj osteocytový membránový systém. Táto sieť je uložená v malých kanálikoch, kde je obklopená takzvanou kostnou tekutinou. Pretože sú blízko kapilár a v priamom kontakte s kostnou tekutinou, ktorá je bohatá na živiny, aktívne sa podieľajú na transporte minerálov v stene lakúny.

Osteoklasty sú mnohobudové obrovské bunky pripojené k povrchu kosti. Majú 15 až 20 jadier a ich veľkosť je niekoľko stoviek mikrometrov (Hulín, 2005). Tvorené sú spojením jednojadrových prekurzorových buniek (Lüllman-Rauch, 2012). Zvyčajne pôsobia v malých skupinách na menej ako 1 % povrchu kosti. Sú absorbované cez zvrásnené lemy, ktoré vylučujú proteolytické enzýmy, kyselinu citrónovú a kyselinu mliečnu. Enzýmy travia alebo rozpúšťajú organické zložky kostí a kyseliny rozpúšťajú anorganické soli. Výsledkom aktivity osteoklastov je dutinka. Táto dutinka je dlhá niekoľko milimetrov a má priemer asi 1 milimeter, okamžite ju obsadia osteoblasty a začína sa novotvorba kosti. Osteoklasty zanikajú v dôsledku apoptózy (Hulín, 2005).

Dutiny vo vnútri kostí vyplňa kostná dreň. Vyplňuje dreňovú dutinu v dlhých kostiach a tiež aj priestory medzi trámami špongiózy. Kostná dreň je mäkké tkanivo makroskopicky rôzneho vzhľadu. Rozoznávame červenú kostnú dreň, ktorá je hematopoetickým orgánom. Je zložená z priestorovej siete retikulárneho väziva prepleteného širokými krvnými kapilármi. V retikulárnom väzive kostnej drene je krvotvorné tkanivo obsahujúce kmeňové bunky, ktoré slúžia na produkciu červených krviniek a väčšiny bielych krviniek. Okrem toho v ňom vznikajú krvné doštičky z tiel viacjadrových buniek, ktoré sa nazývajú megakaryocyty. Žltá kostná dreň vzniká z červenej kostnej drene. Počas rastovej fázy sa krvotvorba v kostnej dreni dlhých kostí postupne zastaví. Dreňové retikulárne väzivo sa následne zaplňa tukovými bunkami, to spôsobí, že sa červená kostná dreň premení na žltú kostnú dreň. Pred narodením sa v dutinách dlhých kostí nachádza červená kostná dreň, kĺbové konce na kostiach sú stále chrupkovité. V dvadsiatom roku života sa v dreňovej dutine každej dlhej kosti v tele vyskytuje žltá kostná dreň. Výnimku tvorí len proximálna časť tela ramennej kosti a stehennej kosti, v ktorých sa stále nachádza červená kostná dreň. Ďalej sa červená dreň nachádza v špongióze kĺbových koncov kostí dlhých, ale aj kostí krátkych, v rebrách,

panvových kostiach, hrudnej kosti a aj v diploe lebkových plochých kostí. Šedá kostná dreň má želatínovú, priesvitnú podobu a vzniká stratou tuku zo žltej kostnej drene. Charakteristická je pre neskorý vek (Čihák, 2001).

Vonkajší obal na kostiach tvorí periost (Lüllman-Rauch, 2012). Je tuhý, pevný a má nerovnomernú hrúbku. Pokrýva takmer každé miesto na vonkajšom povrchu kosti, okrem miest, kde je na kosť napojený sval alebo kde je spojená s kĺbovým puzdrom a tiež okrem kĺbových koncov kosti (Čihák, 2001). Má dve vrstvy: vonkajšiu fibróznu (stratum fibrosum), ktorá sa skladá z hustého väziva a obsahuje zväzok kolagénových vlákien, ktoré sa nazývajú Sharpeyove vlákna a prenikajú do kosti (Lüllman-Rauch, 2012). Pomocou nich je periost ku kosti pripevnený (Čihák, 2001). Druhú, vnútornú vrstvu, ktorá sa nazýva aj stratum osteogenicum a je tvorená z mezenchýmových buniek, prekursorov kostných buniek, osteoblastov a osteoklastov, preto tu môže prebiehať proces prestavby a reparácie (Lüllman-Rauch, 2012). Ďalej sa tu nachádzajú cievy, ktoré tiež prenikajú do kosti. Cesty, ktorými prenikajú sa nazývajú Volkmannove kanáliky. Periost je dôležitou mechanickou aj biologickou zložkou kosti s výraznou kostitvorbou. Tá sa využíva v procese regenerácie (Čihák, 2001). Vnútorný povrch kosti je pokrytý endostom. Pokrýva trámčeky kostnej špongiózy a steny Harvesových kanálikov. Pozostáva z vrstvy nemineralizovaných kolagénových fibríl a z rovnakých buniek ako periost, ktoré sú spúšťačom kostnej prestavby (Lüllman-Rauch, 2012).

2.1.2 Remodelácia a novotvorba kosti

Kosť je dynamický orgán, vysoko vaskularizovaný a metabolicky veľmi aktívny. Keďže kosti nie sú pri narodení úplne vyvinuté, naďalej sa pomaly tvoria z chrupavky alebo spojivového tkaniva (Bartl, 2017). Modelovanie skeletu pokračuje v obmedzenom rozsahu aj v dospelosti na perioste z dôvodu prispôsobenia kosti na záťaž (Džupa, Jenšovský, 2018). Modelovanie je obzvlášť zaujímavé, pretože kosť je oveľa schopnejšia reagovať na vonkajšie zaťaženie počas rastu ako kedykoľvek inokedy. Počas dospelosti, teda počas celého života prebieha nepretržitý proces remodelácie, ktorý prispôbuje kosti meniacim sa vonkajším podmienkam (Bartl, 2017). Behom nej však už nedochádza ku zmene tvaru a veľkosti kostí (Džupa, Jenšovský, 2018). Avšak ako telo starne, kosť stráca časť svojej sily a pružnosti a preto sa ľahšie láme. Je to spôsobené stratou minerálov a zmenami v kostnej matrici. Komponenty kostí sa vymieňajú v pravidelných intervaloch. Tento proces sa nazýva prestavba kosti a slúži na mobilizáciu vápnika v rámci homeostázy

vápnika, náhradu starého kostného tkaniva, celkovú skeletálnu a individuálnu adaptáciu na rôzne zaťaženia, opravu poškodenej kosti (Bartl, 2017).

2.2 Osteoporóza

Na začiatku 90-tych rokov Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) definovala osteoporózu ako: „*systémová porucha skeletu charakterizovaná nízkou kostnou hmotou a mikroarchitektonickým poškodením kostného tkaniva s následným zvýšením krehkosti kostí a náchylnosťou na zlomeniny*,“ (Consensus development conference, 1993). Prvá konsenzuálna konferencia o osteoporóze v novom tisícročí navrhla novú definíciu osteoporózy: „*porucha skeletu charakterizovaná zníženou pevnosťou kostí, ktorá predisponuje k zvýšenému riziku zlomenín*,“ (Bartl, Frisch, 2009). Berúc do úvahy multifaktoriálny charakter krehkosti kostí, WHO a Medzinárodná nadácia pre osteoporózu (IOF) vydali aktualizované stanovisko v roku 2007, v ktorom hovoria, že osteoporóza je diagnostikovaná podľa celkového individuálneho 10-ročného rizika zlomeniny, na základe nezávislých a sebestačných rizikových faktorov (Bartl, Frisch, 2009).

Klinické prejavy osteoporózy sú najprv asymptomatické, ale vývojom ochorenia sa stávajú veľmi vážnymi. Môžu to byť bolesti kostí, diskynéza, zlomeniny. Na tieto závažné klinické prejavy nadväzujú ďalšie nepriaznivé dôsledky vrátane úmrtia (Masaryková et al., 2014).

Prvým prejavom tohto ochorenia je nízkotraumatická fraktúra po mierom úraze. 80 % všetkých zlomenín spôsobuje osteoporóza. Osteoporózu charakterizujú fraktúry stavcov, ktoré u osôb nad 70 rokov predstavujú až 23 % všetkých fraktúr, ale aj fraktúry predlaktia, tie predstavujú 30 %, fraktúry v oblasti bedrového kĺbu, ramennej kosti a rebier 7 %, fraktúry femuru a panvy 4 %. Zlomeniny stavcov nedokážeme v 35 % až 90 % odhaliť na rozdiel od mimo stavcových zlomenín. Tieto zlomeniny stavcov sú spájané s funkčnou nestabilitou, vyššou mortalitou, ale aj vyšším rizikom ďalších stavcových aj mimo stavcových fraktúr. Po zlomenine bedrového kĺbu zomrie 1/5 pacientov do jedného roka a invalidnými zostane 1/3 pacientov. Po zlomenine v oblasti bedrového kĺbu je úmrtnosť 2-násobná u žien a 2,5-násobná u mužov v priebehu 10 rokov. S narastajúcim vekom sa výskyt nízkotraumatických zlomenín exponenciálne zvyšuje (Štěpán, 2018).

2.2.1 Primárna osteoporóza

Primárna osteoporóza je charakterizovaná ako metabolické kostné ochorenie, ktoré je najčastejšie spojené s menopauzou alebo vekom, ak nie je prítomná sekundárna príčina

straty kostnej hmoty. Primárna osteoporóza sa vyskytuje častejšie oproti sekundárnej osteoporóze (Masaryková et al., 2014). Delí sa na dva typy:

Postmenopauzálna osteoporóza

Ide o najčastejšiu formu osteoporózy a vyskytuje sa u žien po menopauze (Bartl, Frisch, 2009). V menopauze je normálny cyklus kostnej premeny narušený nedostatkom estrogénu. Môže to byť spôsobené prítomnosťou estrogénových receptorov v progenitorových bunkách osteoklastov a viacjadrových osteoklastoch. Zvyšuje sa aktivita osteoklastickej resorpcie, zatiaľ čo aktivita osteoblastov klesá (Ji, Yu, 2015). Strata kostnej hmoty v skutočnosti začína roky predtým a zvyšuje sa v čase menopauzy (perimenopauza) (Bartl, Frisch, 2009). Postihnutá je najmä trabekulárna kosť a skomplikovať ochorenie môžu kompresívne zlomeniny stavcov a Collesova fraktúra predlaktia. Tieto zlomeniny spôsobuje náhly úbytok kostnej hmoty asociovaný deficitom estrogénov. Estrogény zamedzujú aktivácii osteoklastov osteoblastmi a podporujú aj apoptózu osteoklastov. Estrogény u žien, ktoré sú v plodnom veku zabráňujú prílišnej osteoresorpcii. Po menopauze sa však tento ochranný mechanizmus stráca. Riziko vzniku osteoporózy závisí od toho, v akom množstve sa kostná hmota vyskytovala na začiatku menopauzy. Ďalšie riziká sú nedostatok pohybu, fajčenie, nadužívanie alkoholu, nízka telesná hmotnosť, nedostatok kalcia, skorý prejav menopauzy, rodinná predispozícia (Masaryková et al., 2014). Je zrejmé, že tento typ osteoporózy sa vyskytuje len u žien, avšak muži sú tiež vystavení zvýšenej kostnej resorpcii v dôsledku nedostatku testosterónu, hoci v neskoršom štádiu života (Bartl, Frisch, 2009).

Senilná osteoporóza

Strata kostnej hmoty súvisiaca s vekom a následná osteoporóza u staršej populácie zvyšuje riziko zlomenín a morbiditu. Osteoporóza je jedným z najbežnejších stavov spojených so starnutím a vek je nezávislým rizikovým faktorom pre osteoporotické zlomeniny (Zhou et al., 2013). Vyskytuje sa viac u žien ako u mužov v pomere 2 : 1. Po dovŕšení 70. roku života sú pre tento typ osteoporózy charakteristické klincovité zlomeniny stavcov a proximálnej časti stehennej kosti. Prečo senilná osteoporóza vzniká nie je doteraz známe. Predpokladá sa, že jej výskyt ovplyvňuje viac faktorov: pokles aktivity osteoklastov podmienený vekom, nízke vstrebávanie vápnika pri zníženom prijímaní vitamínu D, sekundárna hyperparatyreóza, ktorá zapríčiní zvýšený kostný obrat a stratu kostnej hmoty, pokles množstva testosterónu a nedostatok estrogénov. Zníženie tvorby rastového hormónu podmienený vekom má tiež súvislosť so vznikom senilnej osteoporózy

(Masaryková et al., 2014). Zhou et al. (2013) uvádzajú, že existujú 3 hlavné procesy súvisiace s vekom, ktoré vedú k strate kostnej hmoty. Prvým je strata trabekulárneho kostného tkaniva spôsobená rednutím trabekul narušením mikroštruktúry trabekuly a stratou trabekulárnych elementov. Druhým je úbytok kortikálnej kosti spôsobený zvýšenou pórovitosťou v dôsledku zvýšenia resorpčných dutín a akumulácie neúplne uzavretých osteónov so starnutím. Tretím procesom je pokračujúca resorpcia na endokortikálnom povrchu (Zhou et al., 2013).

2.2.2 Sekundárna osteoporóza

Sekundárna osteoporóza je definovaná ako nízka hladina kostnej hmoty s mikroarchitektonickými zmenami v kosti, ktoré vedú k fraktúram v dôsledku krehkosti v prítomnosti základného ochorenia alebo liekov (Mirza, Canalis, 2015). Patrí sem:

Geneticky podmienená osteoporóza

Existuje množstvo genetických faktorov, ktoré ovplyvňujú rozvoj osteoporózy (Masaryková et al., 2014). Štúdie na dvojčatách a rodinách ukazujú, že dedičnosť kostnej hustoty je v rozmedzí 25 % až 85 %. Dedičnosť teda zohráva dôležitú rolu v znižovaní kostnej hmoty (Lazárová, 2012). Medzi genetické faktory, ktoré ovplyvňujú kostnú hustotu patrí samotná stavba kosti a jej metabolizmus, celková stavba tela, nepravidelnosť menštruačného cyklu alebo predčasná menopauza. Za gény, ktoré sú zodpovedné za kostný obrat pokladáme gén syntetizujúci kolagén typ I, gény pre estrogénový receptor, cytokíny, rastové faktory. Sú to aj zmeny na alelách receptora vitamínu D a v géne pre estrogénový receptor a aj v géne pre prokolagén typu I (Masaryková et al., 2014), gén kódujúci osteoprotegerín, lypoproteínový receptor proteínu 5, gén kódujúci inzulínový rastový faktor, gén pre interleukín (Lazárová, 2012). Tieto hypotézy vysvetľujú široké variácie peak bone mass (PMB) u zdravých jedincov, ale aj rozdiely v reakcii na liečbu vitamínom D. Ovplyvniť genetické faktory nedokážeme, je ale potrebné venovať pozornosť rodinnej anamnéze, ktorá sa týka výskytu osteoporózy v rodine (Masaryková et al., 2014).

Endokrinne podmienená osteoporóza

Rovnako ako endotel alebo tukové tkanivo, kosť je aktívny a hormonálne citlivý endokrinný orgán. Pre osteoporózu je klinicky najvýznamnejší parathormón, hormóny štítnej žľazy, glukokortikoidy a adrenokortikotropínový hormón, pohlavné hormóny a gonadotropíny, inzulínu podobný rastový faktor 1 (Masaryková et al., 2014).

Parathormón má významný vplyv na kostný metabolizmus, spúšťa resorpciu aj tvorbu kostí v závislosti od toho, ktoré typy buniek sú aktivované. Inhibíciou sekrécie osteoprotegerínu zvyšuje osteoklastogenézu a kostnú resorpciu, pričom prispieva najmä k strate kortikálnej kosti. V nadbytku teda parathormón podmieňuje vznik osteoporózy.

Tyreotoxikóza, teda zvýšenie hladiny hormónov štítnej žľazy je spojená s dočasným prerušením kostnej remodelácie, čo vedie k strate kostnej hmoty. 50 % zníženie expresie receptora hormónu stimulujúceho štítnu žľazu (TSH) spôsobuje osteoporózu. TSH má priamy účinok na remodeláciu kostí. Najmä TSH priamo znižuje remodeláciu kosti, pričom pôsobí na tvorbu a prežívanie osteoklastov, ako aj na diferenciáciu osteoblastov (Cannarella et al., 2019).

Osteoporóza vyvolaná glukokortikoidmi je najčastejšou formou sekundárnej osteoporózy (Mirza, Canalis, 2015). Glukokortikoidy ovplyvňujú kostný metabolizmus primárne pôsobiaci na osteoblasty. Predpokladá sa teda, že inhibícia tvorby kostí je hlavným prispievateľom k osteoporóze vyvolanej glukokortikoidmi. Glukokortikoidy môžu znížiť dozrievanie osteoblastov, ich životnosť a funkciu. Okrem toho môžu glukokortikoidy spôsobiť osteonekrózu indukciou apoptózy osteoblastov a znížením prietoku krvi a hydratácie kostí (Cannarella et al., 2019).

Základným bodom, ktorý treba uznať je, že glukokortikoidy sa často podávajú pacientom so zápalovými a autoimunitnými poruchami. Podávanie glukokortikoidov je spojené s nežiaducimi účinkami vrátane osteoporózy a tiež výrazným nárastom zlomenín. Mirza a Canalis (2015) ďalej uvádzajú, že približne 250 000 mužov a žien v Spojenom kráľovstve dlhodobo užíva glukokortikoidy a je u nich významne zvýšené riziko osteoporotických zlomenín. Naopak, hormón adrenokortikotropín preukázal ochranné účinky proti osteonekróze vyvolanej glukokortikoidmi (Cannarella et al., 2019).

Hypogonadizmus sa môže u žien vyskytnúť už pred menopauzou. Nedostatok gonadotropínov a estrogénu spôsobujú stavy po operáciách hypofýzy alebo ovárií (Masaryková et al., 2014). Hypogonadizmus sa vyskytuje až u 12,5 % mužov a môže spôsobiť sekundárnu osteoporózu. Ukazuje sa, že hypogonadizmus u mužov znižuje kostnú hustotu a zvyšuje kostnú remodeláciu (Ebeling, 2013). Testosterón sa viaže na androgénne receptory, ktoré sú prítomné vo väčšine kostných buniek (Ebeling, 2010). Testosterón môže ovplyvňovať metabolizmus kostí buď priamo väzbou na ich androgénny receptor alebo nepriamo, pôsobením na estrogénový receptor. Androgény podporujú bunkovú proliferáciu a diferenciáciu inhibíciou ich apoptózy. Zdá sa, že androgény tiež nepriamo potlačujú proliferáciu osteoklastov, pretože hypogonadizmus v dôsledku

orchiektómie vedie k proliferácii osteocytov (Cannarella et al., 2019). V prípade kostného obratu môže náhrada testosterónu znížiť kostnú resorpciu (Ebeling, 2013).

Inzulínu podobný rastový faktor 1 (IGF1) ovplyvňuje rast kostí a moduluje vlastnosti kortikálnej a trabekulárnej kosti pôsobiace na funkciu osteoblastov, osteocytov a osteoklastov. Plní ochrannú funkciu kostnej hmoty, pretože nízke hladiny IGF1 sa podieľajú na strate kostnej hmoty (Cannarella et al., 2019).

Farmakologicky indukovaná osteoporóza

Mnohé široko používané lieky spôsobujú zníženie hustoty kostného minerálu (BMD) a zvyšujú výskyt zlomenín, pričom si lekári nemusia byť týchto účinkov vedomí. Glukokortikoidy sú najčastejšie spojené s osteoporózou vyvolanou liekmi. Avšak použitie niekoľkých ďalších terapeutických činidiel zvyšuje riziko úbytku kostnej hmoty a výskyt zlomenín. Tieto lieky zahŕňajú inhibítory protónovej pumpy, selektívne inhibítory serotonínových receptorov, tiazolidíndióny, antikonvulzíva, medroxyprogesterón acetát, hormonálnu depriváciu terapiu, inhibítory kalcineurínu, chemoterapie a antikoagulanciá (Panday et al., 2014).

Osteoporóza spojená s onkologickým ochorením

Niektoré druhy rakoviny môžu mať významný negatívny vplyv na kosť. Rakovina je hlavným rizikom generalizovaného aj lokálneho úbytku kostnej hmoty, pričom úbytok kostnej hmoty podľa testovania BMD je u pacientov podstatne vyšší ako u bežnej populácie. Strata kostnej hmoty spojená s rakovinou je výsledkom vzájomne pôsobiacich faktorov. Patria sem priame účinky rakovinových buniek, ale aj účinky terapií používaných pri liečbe rakoviny. K takýmto onkologickým ochoreniam patria karcinóm prsníka a prostaty (Drake, 2013).

2.2.3 Prejavy a rizikové faktory osteoporózy

Osteoporóza je klinicky tiché ochorenie, kým sa neprejaví vo forme zlomeniny (Benčeková, 2011).

Benčeková (2011) uvádza klinické prejavy osteoporózy:

- chronická difúzna bolesť chrbtice, hlavne v stoj a predklone,
- náhla silná bolesť chrbta, obmedzená na určitú oblasť, zvyčajne po páde na chrbát alebo pri pokuse zdvihnúť ťažký predmet,
- slabosť, bolesti kostí,

- rýchla únava pri chôdzi,
- výrazne zohnutý chrbát,
- fraktúry

Rizikové faktory osteoporózy

Eliminácia rizikových faktorov priaznivo ovplyvňuje vznik závažných ochorení. Tento prístup sa využíva v osteológii. Avšak meranie kostnej denzity je nedostatočné, lebo nedokáže s určitosťou predpovedať riziko vzniku osteoporotickej zlomeniny. Viac ako polovica zlomenín sa objaví u ľudí, ktorých kostná denzita je v rozmedzí osteopénie, teda u ľudí, ktorí nemajú indikovanú antiporotickú liečbu. Je potrebné určiť rizikový status pacienta v najbližších 10 rokoch z hľadiska vzniku osteoporotickej zlomeniny. Preto venujeme veľkú pozornosť hodnoteniu vážnosti rizikových faktorov ako aj definícii skórovacieho systému, vďaka ktorému by sme dokázali určiť pacientov, pre ktorých by bola indikovaná špeciálna antiporotická liečba efektívna (Kužma et al., 2018).

K rizikovým faktorom patria:

Hustota kostného minerálu

Hodnota hustoty kostného minerálu (BMD) je významným rizikovým faktorom. Včasná diagnóza osteoporózy, ešte pred výskytom zlomenín môže byť vykonaná len pomocou merania kostnej hustoty. Kostná hustota detekuje osteopéniu alebo osteoporózu pred výskytom zlomeniny, predpovedá riziko neskoršieho rozvoja osteoporózy, určuje rýchlosť úbytku kostnej hmoty v opakovaných meraniach, dokumentuje účinnosť alebo zlyhanie terapie (Bartl, Frisch, 2009). Ak kostná denzita klesne o jednu smerodajnú odchýlku, tak sa riziko zlomeniny zvýši dvojnásobne. Nižšie je riziko pre oblasť chrbtice, ktoré predstavuje 1,6-násobok.

Napriek tomu si je potrebné uvedomiť, že ak je hodnota kostnej hustoty v norme, neznamená to, že sa fraktúra neobjaví. To platí aj pre hodnotu kostnej denzity v osteoporotickej oblasti, ktorá nezaručuje, že sa fraktúra vyskytne. Hodnote kostnej denzity však chýba senzitivita pri predpovedaní rizika výskytu zlomenín spôsobených osteoporózou. Vhodné je kombinovať BMD hodnotu s rizikovými faktormi vek a pohlavie. Ak meriame kostnú denzitu u žien vo vyššom veku, tak je senzitivita v predikcii rizika osteoporotickej zlomeniny vyššia.

Rizikové faktory rozdeľujeme na faktory, ktoré sú závislé na kostnej hustote a faktory, ktoré sú nezávislé na kostnej hustote. Riziko vzniku zlomenín je ovplyvnené rizikovými faktormi prostredníctvom vplyvu na kostnú denzitu. Keď poznáme denzitu, tak zvýšenie

rizika fraktúry daný faktor neovplyvňuje. Do týchto rizikových faktorov patria sekundárne príčiny osteoporózy (Kužma et al., 2018).

Vek a pohlavie

Každou dekádou života je riziko vzniku fraktúry vyššie (Kužma et al, 2018). Pokles sily stavcov s vekom je výraznejší u žien ako u mužov, pričom sila stavcov začína u žien klesať po piatej dekáde a u mužov až po šiestej dekáde. Riziko súvisiace s pohlavím sa viac prejaví u žien. Muži majú väčšiu silu stavcov. Odhaduje sa, že sila stavcov je o 25 % nižšia u žien ako u mužov (Pietschmann et al., 2009).

Pády

Pády sú tiež významnými faktormi. Až 95 % zlomenín proximálneho femuru, 75 % zlomenín proximálneho humeru a 95 % zlomenín distálneho predlaktia je spôsobených pádom v pokročilom veku. U žien je o 40 % až 79 % zvýšené riziko zlomeniny proximálneho humeru. Ašak len 25 % zlomenín stavcov je zapríčinených pádom (Kužma et al., 2018). Pády sú veľmi časté u starších ľudí, pričom jedna tretina ľudí vo veku 65 rokov a viac padá každý rok. Je pozoruhodné, že polovica z tých ľudí, ktorí padajú to robí opakovane a približne 5 % pádov má za následok zlomeninu (Close et al., 2005). Tieto fraktúry sa najčastejšie vyskytujú pri vykonávaní domácich aktivít. Či pád spôsobí fraktúru ovplyvňuje okrem kvality a kvantity kosti aj energia pádu, miesto dopadu a obranné reflexy. U starších ľudí je bodom dopadu väčšinou bedrový kĺb. Vyššie riziko zlomenín distálneho predlaktia a humeru však majú ľudia v strednom veku kvôli zachovaným obranným reflexom, preto dopadajú na horné končatiny.

K odstráneniu rizika pádov stačia jednoduché opatrenia a to: vhodná obuv, vhodné rozmiestnený nábytok, úprava zraku a sluchu v prípade zhoršeného videnia a nedoslýchavosti, liečba neurologických ochorení, dostatočný pohyb, vynechanie liekov, ktoré spôsobujú poruchy rovnováhy, normálna hodnota krvného tlaku, používanie chráničov bedrových kĺbov a ďalšie opatrenia. Optimálna hladina vitamínu D tiež pomáha priaznivo ovplyvniť rovnováhu a stabilitu človeka (Kužma et al., 2018).

Fraktúry

Prekonaná fraktúra spojená s osteoporózou je významný rizikový faktor. Aj keď príčina nie je známa, riziko utrpenia ďalšej zlomeniny sa zdvojnásobí, keď už k nej došlo. Keď je napríklad rameno imobilizované na 3 týždne v sadre kvôli zlomenine zápästia, postihnuté kosti stratia 6 % svojej hustoty. Obnovenie pôvodnej hustoty potom môže trvať roky. Najvýznamnejším rizikovým faktorom je rodinná anamnéza fraktúry femuru (Bartl, Frisch,

2009). Kanis et al. (2004) uvádzajú, že zlomenina v rodičovskej anamnéze je spojená so zvýšeným rizikom akejkol'vek zlomeniny, osteoporotickej zlomeniny a zlomeniny bedra u mužov aj u žien. Zvýšenie rizikových pomerov bolo 17 %, 18 % a 49 % pre akúkoľvek zlomeninu, osteoporotickú zlomeninu a zlomeninu bedra v uvedenom poradí.

Body Mass Index

Body Mass Index (BMI) má vzťah s kostnou denzitou, pretože so zvyšujúcim sa BMI sa zvyšuje aj kostná denzita a tým klesá strata kostnej hmoty (Kužma et al., 2018). Je to preto, lebo zvýšená hmotnosť posilňuje kosti, zatiaľ čo metabolity estrogénu produkované tukovými bunkami ďalej chránia kosti pred osteoporózou (Bartl, Frisch, 2009). V roku 2005 Laet et al. (2005) hodnotili BMI ako prediktor rizika zlomenín. V porovnaní s BMI 25 kg/m² bolo BMI 20 kg/m² spojené s takmer dvojnásobným zvýšením rizika zlomenín bedra. Negatívom však je, že nadváha má škodlivé následky akými sú deformácie stavcov a opotrebenie kĺbov. Nízka telesná hmotnosť so znížením hustoty kostí postihuje mužov aj ženy (Bartl, Frisch, 2009).

Fajčenie a alkohol

Fajčenie má negatívny vplyv na kostnú hustotu. Zdvojnásobuje riziko osteoporózy a preto je dôležitý rizikový faktor. Ženy, ktoré vyfajčia jedno balenie cigariet denne v dospelosti, majú vo veku menopauzy o 5 až 10 % nižšiu hustotu kostí ako nefajčiarky. Podľa výsledkov nedávnych štúdií sa odhaduje, že fajčenie zvyšuje celoživotné riziko zlomenín stavcov o 13 % u žien a 32 % u mužov. Predpokladá sa, že 10 až 20 % zlomenín bedra u žien možno pripísať fajčeniu (Bartl, Frisch, 2009). Kanis et al. (2005) zistili, že fajčenie je spojené so zvýšeným rizikom akejkol'vek zlomeniny o 25 % v porovnaní s nefajčiarmi a so zvýšeným rizikom zlomeniny bedra o 60 %. Hoci presný mechanizmus účinku nie je známy, zodpovedné sú pravdepodobne rôzne chemické látky v cigaretách (Bartl, Frisch, 2009).

Vzťah medzi príjmom alkoholu a rizikom zlomeniny je nelineárny (Kanis et al., 2005). Ich vzťah závisí od množstva užitého alkoholu. Pri užití 2 alebo menej jednotiek alkoholu denne nebolo nezaznamenané zvýšenie rizika zlomenín. Existuje tiež hypotéza, že malé množstvo alkoholu môže mať ochranný účinok na kosti. Avšak užitie 3 a viac jednotiek alkoholu denne zvyšuje riziko osteoporotickej zlomeniny u mužov aj u žien (Kužma et al., 2018). Riziko sa zvyšuje o 23 % pre akúkoľvek zlomeninu, o 38 % pre akúkoľvek osteoporotickú zlomeninu a o 68 % pre zlomeninu bedra (Kanis et al., 2005).

Kostný obrat

Podľa výsledkov štúdií je vysoký miera kostného obratu považovaná za rizikový faktor zlomenín, ktorý je nezávislý na hustote kostí, veku a predchádzajúcich zlomeninách. Z markerov tvorby kostí s rizikom zlomenín čiastočne súvisí C-terminálny propeptid prokolagénu tyu I (PICP) (Kužma et al., 2018). Markery kostného obratu však nemožno použiť na diagnostiku osteoporózy ani na predpovedanie zrýchleného úbytku kostnej hmoty. Užitočnosť markerov kostného obratu na predikciu zlomenín u žien po menopauze si vyžaduje ďalšie štúdie (Szulc et al., 2021). Morris et al. (2017) taktiež uvádzajú, že poznatky získané z klinických štúdií môžu zlepšiť nástroje na odhad rizika so zahrnutím markerov kostného obratu.

Sérová koncentrácia markerov kostného obratu po začiatku antiresorpčnej liečby klesá. Tento pokles je spojený s významným znížením výskytu zlomenín (Kužma et al., 2018). Môžeme teda markery kostného obratu použiť na monitorovanie antiresorpčnej liečby (Eastell, Szulc, 2017).

Iné rizikové faktory

Uvádza sa, že vznik zlomeniny súvisí s výškou kostry a jej vlastnosťami. S vyšším rizikom súvisí aj dĺžka krčku stehennej kosti, ktorého predĺženie zvyšuje výskyt zlomeniny (Kužma et al., 2018).

Rizikovým faktorom je aj nedostatok vitamínu D. Jeho suplementáciou môžeme znížiť kostný obrat a zvýšiť minerálnu hustotu kostí (Lips, Schoor, 2011).

Etnická príslušnosť a rasa sú dôležitými faktormi ovplyvňujúcimi výskyt osteoporózy. Najvyššia miera zlomenín sa vyskytuje u bielych žien. Miera u čiernych žien je asi o 50 % nižšia ako u bielych žien, pričom miery u hispánskych a ázijských žien sú vo všeobecnosti o 25 % nižšie ako u bielych žien (Cauley, Nelson, 2021).

Životný štýl, je tiež rizikový faktor, ktorý ale môžeme ovplyvniť. Patrí sem chronická inaktivita, nadmerná fyzická aktivita, nízka telesná hmotnosť, fajčenie, alkohol, nízky celoživotný príjem vápnika, ale aj obezita. Aj mnohé lieky oslabujú kosti a medzi najdôležitejšie patrí kortizón a jeho deriváty, glukokortikoidy. U pacientov, ktorí sú liečení kortizónom dlhšie ako rok sa rozvinie osteoporóza s vysokým rizikom fraktúr. Ďalej to môže byť lítium, izoniazid, karbamazepín, heparín, warfarín a iné (Bartl, Frisch, 2009).

2.3 Diagnostické metódy

Pri diagnostike osteoporózy sa využívajú laboratórne a zobrazovacie diagnostické metódy, ktoré posudzujú riziko budúcich zlomenín. Avšak žiadna z bežne dostupných metód nie je schopná posúdiť mechanickú odolnosť kosti a kvalitu organických a anorganických zložiek kostnej hmoty. Pomocou kvantitatívnej výpočetnej tomografie (QCT) a biopsiou priamo z kosti na histomorfometrické vyšetrenie môžeme získať viac informácií o kvalite kosti. Zlatým štandardom diagnostiky osteoporózy je kostná denzitometria pomocou DXA (Kučerová, 2014).

2.3.1 Fracture Risk Assessment Tool

Nástroj Fracture Risk Assessment Tool (FRAX) bol vyvinutý Svetovou zdravotníckou organizáciou (WHO) na hodnotenie rizika fraktúr u mužov a žien. FRAX získal celosvetové uznanie a je široko používaný v primárnej starostlivosti, pretože sa jednoducho používa. Je založený na vzorkách pacientov s hodnotou BMD alebo bez nej. Algoritmy FRAX produkujú 10-ročné pravdepodobnosti veľkých osteoporotických fraktúr (fraktúry v oblasti stavcov, distálneho predlaktia, bedra alebo humeru) a fraktúr krčka femuru. FRAX sa používa vo veku 40 až 90 rokov (Oka et al., 2018).

Závažnosť jednotlivých rizikových faktorov, ktoré sú zahrnuté vo FRAX-e sa určuje na základe metaanalýzy údajov z prospektívnej štúdie populácie z celého sveta, vrátane centier v Severnej Amerike, Európe, Ázii a Austrálii a boli overené na nezávislých prospekciách s podobným geografickým rozložením nezahrnutých v primárnej štúdii. Rizikové faktory, ktoré sa museli validovať u každej populácie u oboch pohlaví na jedincoch, ktorí mali viac ako 50 rokov boli sledované a overené. Tieto rizikové faktory sa dali zistiť anamnesticky počas bežného vyšetrenia. BMD bola meraná u 75 % pacientov v oblasti femuru. Veľká výhoda tohto bodovacieho systému je, že je jednoduchý a dostupný a okrem toho zahŕňa aj údaje o úmrtnosti a prevalencii zlomenín krajiny.

Krajiny, v ktorých FRAX nie je dostupný sú nahradené krajinou s podobnými epidemiologickými podmienkami. V januári v roku 2012 bol zaradený FRAX kalkulátor pre Slovenskú republiku. FRAX je prístupný na internete, zahrnutý je aj v niektorých softvéroch skenera dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie (DXA) a aj v počítačových programoch bez potreby použitia internetu. FRAX počíta 10-ročné riziko zlomeniny pre mužov a ženy od 40 do 90 rokov života (Kužma et al., 2018).

Pravdepodobnosť sa vypočíta z veku, pohlavia, BMI a dichotomizovaných rizikových faktorov zahrňujúcich predchádzajúcu zlomeninu z krehkosti, zlomeninu bedra u rodičov, fajčenie tabaku, akékoľvek dlhodobé užívanie glukokortikoidov, reumatoidnú artritídu, iné príčiny sekundárnej osteoporózy a vysoká konzumácia alkoholu (Kanis et al., 2011). FRAX má aj nevýhody, medzi nich patria predovšetkým nedostupnosť pre všetky krajiny, nedá sa použiť pre liečených pacientov, nepoužiteľný je aj pre monitorovanie reakcie na liečbu, variabilné riziká v rôznych regiónoch tej istej krajiny sa neberú do úvahy. Obmedzením je aj to, že pri zadávaní rizikových faktorov do FRAX-u je možné zvoliť len možnosti áno - nie.

Anamnéza zlomeniny v dospelosti, ktorá vznikla spontánne alebo zlomenina, ktorá vznikla pri páde zo stojacej výšky, či menšej a tento pád u zdravého človeka nespôsobil zlomeninu sa považuje za predchádzajúcu zlomeninu. Rádiologicky zistené zlomeniny stavcov, ktoré nemajú klinický význam sa tiež hodnotia ako predchádzajúca fraktúra. Riziko zlomeniny ovplyvňuje aj počet a závažnosť predchádzajúcich zlomenín, čo ale nemožno zadať do FRAX-u. Riziko môže byť podhodnotené u pacientov s ťažkými zlomeninami stavcov a viacnásobnými zlomeninami (Kužma et al., 2018).

FRAX zisťuje anamnézu zlomeniny bedra u matky alebo otca pacienta, ktorá sa zadáva ako odpoveď áno – nie. Dalo by sa očakávať, že rodinná anamnéza zlomeniny na iných miestach bude rizikovým faktorom, účinok je však malý. FRAX sa rozhodol použiť rodičovskú anamnézu kvôli silnej a konzistentnej asociácii a vylúčiť súrodeneckú anamnézu.

Každé použitie systémových glukokortikoidov je dichotomickým rizikovým faktorom vo FRAX a preto nezohľadňuje dávku glukokortikoidov. Neberie do úvahy ani trvanie ich používania, okrem toho, že by sa nemali brať do úvahy expozície kratšie ako 3 mesiace. Pri dlhodobom užívaní glukokortikoidov FRAX predpokladá priemerné riziko, pričom poskytuje rizikové pomery pre priemernú dávku a trvanie expozície glukokortikoidov. FRAX vyžaduje kladné zadanie, ak pacient užíva 3 alebo viac jednotiek alkoholu denne.

Riziko spojené s reumatoidnou artritídou môže FRAX podhodnotiť z dôvodu skreslenia hlásení. Prevalencia reumatoidnej artritídy v kohortách FRAX je približne 4 %, zatiaľ čo skutočná prevalencia vo všeobecnej populácii sa môže približovať k 1 až 2 %. Zjavné riziko teda môže byť riadené pacientmi, ktorí uvádzajú osteoartritídu ako reumatoidnú artritídu (Kanis et al., 2011).

Veľa rizikových faktorov FRAX neberie do úvahy. Sú to pády, kostný obrat, nedostatok vitamínu D, denzita driekovej chrbtice. Dôvodom sú viaceré prekážky v stanovovaní týchto parametrov v klinickej praxi.

FRAX sa dá použiť aj pri výpočte rizika zlomeniny, bez zadávania hodnoty kostnej denzity. Po zadaní kostnej denzity je však vypočítané riziko presnejšie. FRAX bez zadávania kostnej denzity je dostupný hlavne pre lekárov, ktorí nemajú prístup k meraniu kostnej hustoty. Vypočítané riziko im umožní vybrať rizikovejších pacientov, vyžadujúcich prevenciu alebo doplnenie merania hustoty kostí.

Hoci FRAX dokáže určiť absolútne riziko zlomeniny, nedokáže uviesť absolútnu hodnotu rizika, pri ktorej by mal pacient podstúpiť liečbu. Neexistuje zatiaľ akceptovaná hranica hodnoty, pri ktorej by bola špeciálna antiporotická liečba medicínsky opodstatnená a ekonomicky realizovateľná. Táto hranica by mala brať do úvahy aj ekonomický stav zdravotníctva krajiny (Kužma et al., 2018).

2.3.2 Laboratórne diagnostické metódy

Základné biochemické testy musia zahŕňať mineralogram, kreatinín, pečeňové testy vrátane alkalické fosfatázy (ALP), elektroforézu bielkovín séra a moči (Kučerová, 2014). Bez znalosti výsledkov týchto testov by sme sa k diagnóze osteoporózy nemali vyjadrovať. Napríklad nameraná nízka hustota kosti, nemusí nutne znamenať osteoporózu, môže však byť dôsledkom iných závažných ochorení (Kužma et al., 2018).

Kostné markery sa delia na markery osteoresorpcie a markery kostnej novotvorby, ich úlohy ale do istej miery súvisia. Rozdiely v hladinách sa vyskytujú iba v patologickom procese kostí (Kučerová, 2014).

Kostné markery však nemožno použiť na diagnostiku osteoporózy, hoci môžu pomôcť zodpovedať niektoré dôležité klinické otázky: predpovedanie budúceho úbytku kostnej hmoty (vysoký alebo nízky kostný obrat), predpovedanie rizika osteoporotických zlomenín, monitorovanie odpovede na liečbu (Bartl, Frisch, 2009). Zapojenie markerov kostného obratu do kalkulátora rizika zlomeniny nie je možné kvôli nedostatočnej štandardizácii a nedostatočne preskúmanému vzťahu s inými rizikovými faktormi (Rosa et al., 2015). Metabolity kostnej resorpcie a tvorby prechádzajú do krvného obehu a odtiaľ do moču. Tieto produkty môžu byť identifikované biochemicky a ich hladiny v krvi a moči naznačujú vysoký obrat alebo nízky obrat osteoporózy. V tvorbe kostí v reakcii na liečbu sú pomalé, na rozdiel od kostnej resorpcie, ktorá rýchlo klesá niekoľko po začatí antiresorpčnej terapie.

Parametrami kostnej novotvorby sú alkalická fosfatáza, osteokalcín (Killinger et al., 2013) a osteonektín (Bartl, Frisch, 2009). Tie sú produkované osteoblastmi a ich hladiny v periférnej krvi odzrkadľujú osteoblastickú aktivitu. Alkalická fosfatáza sa tiež produkuje v rôznych tkanivách vrátane pečene a obličiek, avšak kostná alkalická fosfatáza sa dá rozlíšiť imunitnými testami s vysokou špecificitou. Osteokalcín odráža celkový kostný obrat, to je súčet resorpcie a tvorby. Sérové koncentrácie C-terminálneho propeptidu prokolagénu typu I (PICP) a N-terminálneho propeptidu prokolagénu typu I (PINP) odzrkadľujú zmeny v syntéze nového kolagénu, produkovaného osteoblastmi v kostiach a fibroblastmi v iných spojivových tkanivách. Všetky vytvorené PICP a PINP sa vylučujú do behu.

Parametre kostnej resorpcie pozostávajú predovšetkým z produktov degradácie kolagénu. Zdá sa, že predpovedajú riziko zlomeniny bedra u starších žien nezávisle od hustoty kostí. Štúdie ukázali, že ženy s vysokými hladinami markerov kostnej resorpcie majú asi 1,5-násobne až 3-násobne zvýšené riziko bedrových fraktúr. Desoxypyridinolín a telopeptidy kolagénu typu I. sú dva najčastejšie skúmané markery resorpcie (Bartl, Frisch, 2009). Telopeptidy sa delia na N-terminálny telopeptidový fragment kolagénu typ I. (NTX) a C-terminálny telopeptidový fragment kolagénu typ I. (CTX) (Killinger et al., 2013). Pri hodnotení výsledkov týchto testov sa musia brať do úvahy zmeny denného rytmu a vplyv jedla (Bartl, Frisch, 2009). Pracovná skupina IOF a Medzinárodná federácia klinickej chémie a laboratórnej medicíny (IFCC) vydala odporúčanie používať jeden marker kostnej resorpcie (CTX) a jeden marker kostnej novotvorby (PINP) (Rosa et al., 2015).

Krvnú vzorku je potrebné odobrať v rovnakom čase nalačno (vrchol kostnej resorpcie nastáva medzi treťou a siedmou hodinou rannou a neskoro popoludní) (Kučerová, 2014). NTX a CTX vykazujú signifikantnú odpoveď na antiresorpčnú liečbu a v súčasnosti sa považujú za najspoľahlivejšie parametre kostnej resorpcie. Koncentrácie NTX v sére sú však zvýšené pri chronickom zlyhaní obličiek, čo je samozrejme potrebné vziať do úvahy (Bartl, Frisch, 2009).

2.3.3 Zobrazovacie diagnostické metódy

Včasná diagnostika osteoporózy ešte pred výskytom zlomenín môže byť vykonaná len pomocou merania kostnej hustoty. Tieto merania merajú kostnú hustotu na rôznych miestach skeletu a umožňujú tak predpovedať riziko neskoršej zlomeniny. Zníženie hustoty kostí o 10 % zdvojnásobuje riziko zlomeniny tela stavca a strojnásobuje ho pre bedrový kĺb. Ak už prišlo k zlomenine, meranie kostnej hustoty sa používa na potvrdenie

diagnózy osteoporózy a určenie stupňa jej závažnosti (Bartl, Frisch, 2009). Hodnota hustoty kostí má vysokú špecifickosť predikcie rizika osteoporotických zlomenín, ale má nízku senzitivitu, keď sa používa ako jediný prediktor zlomeniny. V dôsledku toho má polovica pacientov so zlomeninou denzitu kostí v osteopenickom pásme.

Meranie kostnej hustoty sa vykonáva mnohými typmi denzitometrov s rôznymi princípmi merania a s rôznou presnosťou (Kužma et al., 2018). Prístroje na meranie kostnej hustoty by mali napĺňať tieto ciele:

- detekcia osteopénie alebo osteoporózy pred výskytom zlomeniny,
- predpovedanie rizika neskoršieho rozvoja osteoporózy,
- určenie rýchlosti úbytku kostnej hmoty v sekvenčných meraniach,
- dokumentovanie účinnosti alebo zlyhania terapie,
- zvyšovanie súladu lekára a pacienta.

V súčasnosti zostáva meranie hustoty kostí najlepšou a najľahšie kvantifikovateľnou metódou na hodnotenie rizika zlomenín a reakcie skeletu na liečbu (Bartl, Frisch, 2009). Zložité je však vyhodnotenie výsledkov merania kostnej hustoty, keďže sa dnes na jej meranie používa viacero typov prístrojov s rôznymi princípmi merania (Kužma et al., 2018). Obsah minerálov v kostiach (BMC) sa meria v gramoch a BMD v g/cm^2 alebo g/cm^3 . Presnosť merania závisí od typu prístroja, pravidelnej kontroly a nastavenia prístroja, spolupráce pacienta (musí byť v pokoji), presného nastavenia prístroja vyšetrovateľom, stupňa osteoporózy (čím je kostná denzita nižšia, tým je meranie nepresnejšie) (Bartl, Frisch, 2009).

Kvantitatívny ultrazvuk

Výskum v oblasti kvantitatívnej kostnej denzitometrie prebieha už viac ako 40 rokov. Až v posledných rokoch začal hrať kvantitatívny ultrazvuk (QUS) úlohu v klinickom hodnotení pacienta (Bonnick, 2010). Správa pre potraviny a liečivá (FDA) schválila QUS kostí pre jeho diagnostickú hodnotu pri osteoporóze a súvisiacich zlomeninách. Správanie týchto ultrazvukových vĺn v kosti sa značne líši od röntgenových lúčov. Meria sa absorpcia, rýchlosť, odraz v kosti a od jej povrchu. Pri meraní kosti pomocou QUS sa používajú dva hlavné parametre: rýchlosť šírenia zvuku v kosti (SOS) (Bartl, Frisch, 2009), ktorá sa udáva v metroch za sekundu (m/s) (Oei et al., 2016). Vyššia hodnota naznačuje vyššie hodnoty kostnej denzity (Bonnick, 2010). Ďalším parametrom je tlmenie

zvuku pri prechode kosťou (BUA) (Bartl, Frisch, 2009). Tento parameter sa uvádza v decibeloch na megahertz (dB/MHz) (Bonnick, 2010).

Niektoré prístroje kombinujú SOS a BUA na vytvorenie klinického indexu (kvantitatívny ultrazvukový index, QUI) (Bartl, Frisch, 2009). Ďalšími parametrami sú index tuhosti (SI) a odhadovaná kostná hustota (eBMD) (Oei et al., 2016). Časť skeletu, ktorá sa má merať je umiestnená medzi vysielačom a prijímačom ultrazvuku. Preto je táto metóda vhodná pre kosti, ktoré sú ľahko dostupné. Ide o päťovú kosť, radius, tibiú a falangy. Výsledky QUS sú ovplyvnené najmä tromi parametrami: mikroarchitektúra kosti, minerálne zložky kostnej matrice, pružnosť kosti.

Nedávne štúdie ukázali, že QUS päťovej kosti je prediktorom rizika zlomeniny bedra, nezávisle od femorálnej BMD a že táto technológia môže rozlišovať normálne a osteoporotické subjekty. Pri každom poklese smerodajnej odchýlky (SD) v BUA päťovej kosti sa riziko zlomeniny bedra zvyšuje dvojnásobne, čo je porovnateľné v výsledkami DXA. QUS sa stáva čoraz populárnejším kvôli absencii vystavenia žiareniu a jednoduchosti aplikácie. Ďalšou výhodou je, že kortikálna a trabekulárna kosť sú opísané oddelene. QUS zatiaľ nemôže nahradiť DXA merania chrbtice a bedier. Je potrebné zdôrazniť, že normálne hodnoty falangov pri vyšetrení pomocou QUS nevylučujú možnosť závažnej osteoporózy inde, napríklad v oblasti chrbtice alebo bedier. Naopak, ak falangy vykazujú osteoporotické hodnoty, potom by sa to malo považovať za prejav generalizovanej osteoporózy a malo by sa vykonať DXA bedrovej chrbtice a bedra na objasnenie a klasifikáciu WHO. Merania na prstoch sú indikované najmä u pacientov s reumatickými poruchami postihujúcimi ruky. V súčasnosti sa QUS nepoužíva na monitorovanie liečby (Bartl, Frisch, 2009).

Kvantitatívna počítačová tomografia

Hoci kvantitatívna počítačová tomografia (QCT) využíva absorpciu fotónov podobne ako DXA, je jedinečná v tom, že poskytuje trojrozmerné alebo objemové meranie hustoty kostí a priestorové oddelenie trabekulárnej kosti od kortikálnej kosti (Bonnick, 2010). Táto zobrazovacia metóda sa používa na meranie BMD bedrovej chrbtice a apendikulárneho skeletu. QCT sa zvyčajne aplikuje na chrbticu na meranie trabekulárnej kosti v po sebe nasledujúcich stavcoch (Bartl, Frisch, 2009). Rez o hrúbke 8 až 10 mm sa meria cez stred dvoch alebo viacerých tiel stavcov, ktoré sú vybrané od dvanásteho hrudného stavca (TH12) po tretí drienkový stavec (L3) (Bonnick, 2010). Meranie trvá asi 20 minút a má relatívne vysokú radiačnú záťaž asi 100 až 1000 mSv. Oblasť záujmu (ROI) sa umiestňuje

manuálne alebo automaticky. QCT sa môže vykonávať v jedno-energetických (SEQCT) alebo v dvoj-energetických režimoch (DEQCT), ktoré sa líšia presnosťou a radiačnou záťažou. Prítomnosť dreňového tuku v telách stavcov môže spôsobiť podhodnotenie BMD o 10 až 15 %. Hodnoty získané priamym meraním a pomocou kalibračného fantómu by sa nemali uvádzať ako T-skóre, ale sú vypočítané ako hmotnosť hydroxyapatitu na objem.

Normálna hodnota: $> 120 \text{ HA/cm}^3$.

Osteopénia: $120 - 80 \text{ HA/cm}^3$.

Osteoporóza: $< 80 \text{ HA/cm}^3$ (Bartl, Frisch, 2009).

Periférne QCT (pQCT) je čoraz dostupnejšie. Zariadenia pQCT sa používajú predovšetkým na meranie hustoty kostí na predlaktí (Bonnick, 2010). Získané hodnoty však nemožno považovať za reprezentatívne pre kosť ako celok, aj keď poskytujú presné hodnoty pre namerané kosti. Napríklad špongiovitá kosť v radiu môže pri meraní vykazovať osteoporózu, ale nemusí byť ani zďaleka taká, aké majú bedrové stavce alebo bedrá (Bartl, Frisch, 2009).

Magnetická rezonancia

Magnetická rezonancia (MRI) s vysokým rozlíšením (HR) môže pomôcť priamo alebo nepriamo posúdiť štruktúru kosti. MRI je relatívne nákladnejšia a časovo náročnejšia metóda a poskytuje menšie priestorové rozlíšenie ako CT, oproti ktorému však nevyžaduje ionizujúce žiarenie. Okrem toho má MRI veľký potenciál na podrobnú charakteristiku kosti na mikroarchitektonickej a molekulárnej úrovni (Oei et al., 2016). Využíva sa ako nástroj na hodnotenie hustoty stavcov na základe obsahu tuku v kostnej dreni. Vertebrálna osteoporóza je charakterizovaná rednutím trabekulárnej a kortikálnej kosti a nárastom tuku. Štúdie s T1-váženou sekvenciou, v ktorej má tuk vysoký signál a zdá sa byť svetlý, preukázali negatívnu koreláciu medzi tukom v kostnej dreni bedrovej chrbtice a BMD z DXA (Chou, LeBoff, 2017). Bolo vyvinuté kvantitatívne skóre, ktoré sa nazýva M-skóre a využíva sa na skríning osteoporózy na MRI lumbálnej chrbtice. Môže sa použiť aj na identifikáciu pacientov, ktorí by mali podstúpiť DXA (Bandirali et al., 2015). M-skóre slúži na normalizáciu individuálneho pomeru signál-šum v oblasti prvého až štvrtého drienkového stavca (L1-L4) k priemeru referenčnej skupiny zdravých, mladých beloškých žien, podobne ako T-skóre pre BMD podľa DXA. Bolo zistené, že M-skóre negatívne koreluje s T-skóre a má 83 % presnosť pri predpovedaní nízkej hustoty kostí pomocou

DXA. Navyše M-skóre môže mať lepšiu citlivosť ako T-skóre pri predpovedaní osteoporózy u pacientov s obezitou alebo spinálnym degeneratívnym ochorením kĺbov, keďže merania MRI nie sú týmito stavmi ovplyvnené. MRI je tiež schopné rozlíšiť osteoporotické zlomeniny od patologických zlomenín.

Difúzne vážené zobrazenie (DWI) je taktiež možné použiť na odlíšenie osteoporózy od patologických zlomenín stavcov. DWI zachytáva zmeny v Brownovom pohybe molekúl vody v dôsledku patologických zmien v tkanivách. Akútne osteoporotické zlomeniny majú normálnu alebo zvýšenú difúziu v dôsledku edému, krvácania a narušenia trabekulárnej štruktúry na rozdiel od vysokej celularity nádorového tkaniva, ktorá vedie k zníženiu difúzie. Zistilo sa, že MRI má vysokú senzitivitu, špecifitu a presnosť pri rozlišovaní medzi metastatickými a osteoporotickými kompresnými zlomeninami (Chou, LeBoff, 2017).

Röntgenové vyšetrenie

Na rozdiel od kvalitatívnych hodnotení röntgenových snímok, ktoré sa väčšinou používajú na diagnostiku a sledovanie zlomenín, sa použitie kvantitatívnych röntgenových metód pri osteoporóze znižuje, pretože tieto techniky boli vo veľkej miere nahradené DXA (Oei et al., 2016). Výhodou röntgenového vyšetrenia (RTG) je väčšinou dostupnosť a nízka cena. Nevýhodami sú zlá technická kvalita, hrúbka okolitého mäkkého tkaniva a popis lekára má tendenciu komplikovať hodnotenie hustoty. Pomocou RTG vyšetrenia však môžeme posúdiť kostnú hustotu, kostné štruktúry, prekonané zlomeniny a deformity stavcov. Môžeme ho použiť aj na diferenciálnu diagnostiku iných ochorení kostí. Množstvo röntgenového žiarenia absorbovaného kosťami závisí najmä od množstva vápnika. Pri poklese mineralizovanej zložky vedie k nižšej absorpcii röntgenového žiarenia (Kužma et al., 2018). Zmeny môžeme pozorovať, až keď je strata kostnej hmoty na úrovni 30 % (Killinger et al., 2005). Osteoporózu môžeme ale predpokladať ak je prítomná výrazná trabekulárna strata, platničky medzi stavcami sú tenšie, preriednutá kortikálna kosť sa môže zdať výraznejšia oproti preriednutému telu stavca čo vytvorí tzv. obraz prázdnej krabice (Kužma et al., 2018).

RTG vyšetrenie hrá tiež dôležitú úlohu v diferenciálnej diagnostike iných ochorení kostí a deformít stavcov (Killinger et al., 2005). Pri senilnej osteoporóze pozorujeme endosteálne zúbkovanie, ktoré môže spôsobiť kortikálne zúženie a dilatáciu medulárneho kanála. V neskoršom období je kortikálna kosť tenká ako papier a endosteálne zúbkovanie

vymizne. Pri postmenopauzálnej osteoporóze pozorujeme longitudinálne kanáliky v subendosteálnej oblasti (Kužma et al., 2018).

2.4 Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria

Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria (DXA) je zlatým štandardom na stanovenie hustoty kostí, preto sa jej venuje najväčšia pozornosť. Je to kľúčová metóda diagnostiky osteoporózy podľa WHO. DXA tiež volíme, keď je potrebné sledovať dynamiku zmien na kostiach a efekt liečby (Kužma et al., 2018). Diagnostická klasifikácia osteoporózy sa robí testovaním BMD pomocou DXA s použitím T-skóre vypočítaného odčítaním priemernej BMD referenčnej populácie mladých dospelých od pacientovej BMD a vydelením štandardnou odchýlkou referenčnej populácie mladých dospelých (Lewiecki, 2021).

Základným princípom DXA je meranie prenosu röntgenového žiarenia, ktoré má vysoké a nízke energie a je produkované zo stabilného zdroja. O znamená, že žiarenie, ktoré zdroj emituje má dve energie. Pôvodné skenery používali vysoko kolimované röntgenové lúče v spojení so sekvenčnými detektormi alebo jedným detektorom, ktorý sa pohyboval v rastrovom vzore cez pacienta. Tento systém vytvára najpresnejšie informácie s malým alebo žiadnym zväčšením. Novšie „fan beam“ systémy používajú štrbinový kolimátor na generovanie lúča, ktorý sa rozbieha dvomi smermi v spojení s lineárnym poľom detektorov. Systémy „fan beam“ používajú vyššie energie fotónov a väčší tok fotónov, čím sa vytvára obraz s lepším rozlíšením podstatne rýchlejšie. Lumbálna chrbtica sa dá naskenovať za 30 sekúnd, zatiaľ čo pri ceruzkovom lúče trvalo skenovanie 3 až 10 minút. Systém „fan beam“ má však vyššiu radiačnú záťaž. Okrem toho geometria spojená s touto technikou vedie k zväčšeniu obrazu v jednom smere (Crabtree et al., 2007). Žiarenie, ktoré je absorbované kosťou a tkanivami v okolí zaznamená detektor a následne ho vyhodnotí počítač. Potom sa spracuje a vyhodnotí počítačovým softvérom. Výsledkom je miera útlmu žiarenia, ktorá nám poskytne informácie o kostnej hustote (Kužma et al., 2018).



Obrázok 1. *Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria*

2.4.1 Výhody a nevýhody DXA

Bartl a Frisch (2009) uvádzajú tieto výhody a nevýhody dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie:

- Je neinvazívna, pacient zostáva oblečený a nie je teda pre pacienta zaťažujúca.
- Vykonáva sa veľmi rýchlo. Trvá asi 5 až 10 minút.
- Je cenovo dostupná.
- Pacient dostane len veľmi malú dávku žiarenia.
- Meria tie oblasti, ktoré sú najviac náchylné na osteoporózu a zlomeniny - lumbálna chrbtica a oblasť bedra.
- Má zdokumentovaný silný gradient rizika pre predikciu zlomeniny.
- Merania sú presné a preto ideálne pre následné a kontrolné vyšetrenia.
- Je uznávaná WHO ako štandardná metóda na diagnostickú definíciu osteoporózy.
- Európska spoločnosť pre klinické a ekonomické aspekty osteoporózy, osteoartrózy a muskuloskeletálnych ochorení (ESCEO) a IOF ju uznávajú ako referenčný štandard v diagnostike osteoporózy.

Jedinou skutočnou nevýhodou DXA je, že do merania môžu byť zahrnuté aj iné látky ako sú kovové upevňovacie prvky na odevoch, kontrastné látky s vysokou hustotou. Tieto úskalia je možné rozpoznať a následne im predísť pomocou röntgenového vyšetrenia

meranej oblasti kostry (Bartl, Frisch, 2009). Za možnú nevýhodu sa dá považovať aj nemožnosť vykonať DXA u tehotných žien na základe odporúčaní Medzinárodnej spoločnosti pre klinickú denzitometriu (ISCD), pretože neexistuje dostatočné opodstatnenie radiačnej záťaže počas tehotenstva (Kendler et al., 2013). V skutočnosti je však dávka žiarenia extrémne nízka a riziko ožiarenia pre plod je zanedbateľné (McCollough et al., 2007).

2.4.2 Časti skeletu vhodné na meranie

Informácie o hustote kostí môžeme získať z ktorejkoľvek časti skeletu. Určiť diagnózu však môžeme len niektorých oblastí. Pri stanovení diagnózy osteoporózy je potrebné zmerať denzitu v oblasti lumbálnej chrbtice v AP (predo-zadnej) projekcii a proximálneho femuru (Kužma et al., 2018). Ak meriame denzitu v oblasti proximálneho femuru, hodnotiteľná je len oblasť krčka femuru, trochanteru alebo oblasť, ktorá sa označuje ako total femur. Na diagnostiku nie je možné použiť oblasť Wardovho trojuholníka (Killinger et al., 2005). Relevantná nie je ani intertrochanterická oblasť, ktorá je tiež odstránená z výsledkov merania. Predvolená analýza bedrového kĺbu obsahuje stredovú čiaru, ktorá musí byť umiestnená správne, aby boli ostatné miesta správne identifikované (Doroudinia, Colletti, 2015). Na lumbálnej chrbtici meriame hustotu stavcov v oblasti L1 až L4 v AP projekcii. Stavce, ktoré nie sú ovplyvnené faktormi, ktoré by mohli ovplyvniť meranie a sú hodnotiteľné, využijeme na meranie kostnej hustoty. Z merania vylúčime len tie, ktoré sú ovplyvnené štrukturálnymi zmenami a artefaktmi. Ak je z merania vylúčených viacero stavcov a ostane len jeden stavec, ktorý je hodnotiteľný, musíme vykonať meranie kostnej hustoty na inom mieste skeletu. Abnormality na stavcoch sú faktorom, ktorý môže spôsobiť, že sa takéto stavce nedajú vyhodnotiť, preto musia byť odstránené z merania. Po odstránení týchto stavcov sa upraví BMD a T-skóre zostávajúcich stavcov (Kužma et al., 2018).

V niektorých prípadoch môže byť na diagnostiku osteoporózy použitá oblasť predlaktia. Na hodnotenie sa využíva len 33 % radius nedominantnej hornej končatiny. Ostatné časti predlaktia, ktoré sú prístrojom merané, nie sú na hodnotenie odporúčané. Meranie na predlaktí by sa tiež nemalo používať na sledovanie efektu liečby (Killinger et al., 2008).

Pokiaľ chceme zachytiť včasnú osteoporózu u ženy, je vhodné merať v oblasti chrbtice, pretože má vysoký podiel trabekulárnej kosti a to v prvých rokoch po menopauze. V pokročilom veku oblasť chrbtice skresľujú osteoproduktívne zmeny, preto u ľudí vo veku 65 až 70 rokov je na meranie vhodná oblasť proximálneho femuru. Pri podozrení na

hyperparatyreózu je vhodné vykonať meranie z oblasti predlaktia, kvôli prevahe kortikálnej kosti.

Na hodnotenie dynamiky kostných zmien a efektu liečby meriame v oblasti chrbtice a to kvôli vyššiemu podielu trabekulárnej kosti a vyššiemu kostnému obratu. Laterálny sken chrbtice môžeme využiť na lepšie hodnotenie dynamiky kostných zmien (Kužma et al., 2018) a taktiež pri monitorovaní (Doroudinia, Colletti, 2015). Nie je však vhodný na diagnostikovanie osteoporózy. V bočnej projekcii môžeme telá jednotlivých stavcov hodnotiť zvlášť. Zvyčajne sa merajú iba dva stavce, pretože kaudálny a kraniálny stavec prekrýva panvová kosť a rebrá. Navyše je potrebné ožarovať hrubšiu časť mäkkých tkanív, čo má tiež rušivý vplyv na vyšetrenie. V praxi sa však táto metóda vo všeobecnosti nepoužíva. V zásade platí, že čím viac oblastí meriame, tým viac je pravdepodobné, že osteoporózu zachytíme (Kužma et al., 2018).

2.4.3 Polohovanie pacienta

Pri meraní v oblasti lumbálnej chrbtice pacient leží na stole rovno, nie je otočený. Chrbtica je centrovaná v strede poľa, oblasti mäkkých tkanív sú približne rovnaké po oboch stranách chrbtice. Pacienti, ktorí trpia skoliózou nemôžu byť polohovaní na stole s rovnou chrbticou, navyše pri ťažkej skolióze môžu nastať degeneratívne zmeny na chrbtici, ktoré znehodnotia meranie. Rozsah skenovania by mal zahŕňať stavec TH12 a mal by siahať až po panvový okraj, čo je zvyčajne úroveň medzipriestoru L4 až L5. Pacientove kolená sú zdvihnuté a sú podložené penovým blokom (bedrá sú v 90 stupňovom uhle k chrbtici), aby bola bedrová lordóza sploštená. Pri meraní v oblasti proximálneho femuru by mal mať pacient stehennú kosť uloženú na stole rovno s 15 až 25 stupňovou vnútornou rotáciou, čo sa dá dosiahnuť použitím polohovacích pomôcok. Táto miera vnútornej rotácie umožní, že dlhá os krčka stehennej kosti je kolmá na röntgenový lúč a to nám poskytne najväčšiu možnú plochu a najnižšie BMC a BMD. Potvrdí sa to tým, že na skene vidíme len malú časť malého trochanteru alebo ho nevidíme vôbec. Ak nie je možné dosiahnuť požadovaný rozsah vnútornej rotácie, čo sa často stáva u pacientov s artritídou bedrového kĺbu, rádiologický asistent by mal pacienta umiestniť do takej polohy, ktorá bude reprodukovateľná aj pri kontrolnom meraní (Maghraoui, Roux, 2008).

2.4.4 Chyby pri vyšetrení

Výsledok denzitometrického vyšetrenia môže ovplyvniť osteoartróza v oblasti lumbálnej chrbtice a proximálneho femuru, deformujúca spodylóza, aortálne kalcifikácie,

stav po zlomenine, skolióza, deformácie stavcov, lordóza chrbtice, nesprávna poloha (Kužma et al., 2018), kontrastná látka, chirurgické spony, kov zo zipsu alebo iný kovový predmet. Takmer všetky artefakty a štrukturálne zmeny falošne zvyšujú BMD, a to najmä degeneratívne zmeny chrbtice (Doroudinia, Colletti, 2015).

Preto by sa mali takéto stavce, ktoré majú odlišnú hodnotu BMD (viac ako 1 smerodajná odchýlka oproti ostatným stavcom) vylúčiť z hodnotenia. Významné zvýšenie hustoty v dôsledku kalcifikácie aorty nemôžeme odstrániť, ale mali by sme túto skutočnosť uviesť pri vyhodnocovaní merania.

Ak skenovanie nie je dostatočne dlhé a nevidíme posledné rebro a lopatu bedrovej kosti znamená to, že nebola zameraná správna oblasť chrbtice. V tomto dôsledku môžeme namerať iné hodnoty denzity a pacientovi môže byť nesprávne diagnostikovaná osteoporóza. Diagnózu preto nemôžeme robiť z hodnôt, ktoré prístroj automaticky vypočíta.

Pri meraní v oblasti femuru je časté, že sa do výslednej hodnoty denzity započíta aj kortikálna kosť, ktorá spôsobí, že denzita bude mať vyššie hodnoty, následkom čoho nesprávne určíme diagnózu. U obéznych pacientov s ťažkou skoliózou sú tiež skreslené výsledky merania (Kužma et al., 2018).

Ovplyvniť výsledky vyšetrenia a spôsobiť artefakty môžu aj kontrastné látky a rádiofarmaká, počas ich pretrvávania v tele, preto by sa malo zväžiť oneskorenie vyšetrenia pomocou DXA, až keď sa kontrastná látka alebo rádioizotop z tela vylúči (Bazzocchi et al., 2016).

Kvalita denzitometrického vyšetrenia závisí však aj na skúsenostiach lekára pri hodnotení výsledkov (Kužma et al., 2018).

2.4.5 Opakované meranie

Opakované meranie hustoty kostí sa využíva na sledovanie procesu úbytku kostnej hmoty u pacientov, ktorí sú neliečení ako aj na sledovanie reakcie na liečbu (Kužma et al., 2018). Takisto sa môže využiť aj na hodnotenie pacientov, ktorí na liečbu neodpovedajú (Killinger et al., 2008).

Ak bude očakávaná zmena kostnej hustoty vyššia ako signifikantná zmena (LSC), ktorá je stanovená na danom pracovisku, malo by sa vykonať kontrolné meranie BMD (Payer et al., 2018). Interval medzi meraniami sa stanoví podľa očakávanej rýchlosti úbytku kostnej hmoty a typu liečby. Ženy v postmenopauzálnom veku bez prítomnosti rizikových faktorov, ktoré však trpia osteoporózou, na ktorú neužívajú žiadnu antiporotickú liečbu,

prichádzajú na meranie denzity za 2 roky. Časový odstup medzi meraniami môžeme predĺžiť, ak si hodnota kostnej hustoty udržiava svoju hladinu. U pacientov, u ktorých sú prítomné rizikové stavy je vhodné merať denzitu po roku. Po nasadení antiporotickej liečby zvyčajne meriame hustotu po roku. Čas na ďalšie meranie závisí od dosiahnutej zmeny BMD a od vyhodnotenia účinku liečby. Za predpokladaných okolností, že dôjde k poklesu kostnej hmoty napríklad u osteoporózy, ktorá je indukovaná glukokortikoidmi sa interval merania skracuje na pol roka (Kužma et al., 2018).

Ako metódu merania na posúdenie dynamiky kostných zmien používame meranie v oblasti lumbálnej chrbtice alebo proximálneho femuru v AP projekcii. Meranie v oblasti predlaktia a päty nepoužívame (Payer et al., 2018).

Na opakované meranie sa musí použiť rovnaký prístroj, inak by hodnotenie bolo chybné a interval medzi meraniami by sa musel predĺžiť, aby sme zaznamenali signifikantnú zmenu.

Ak je na opakovanom meraní hodnotená iná oblasť, než na tom predchádzajúcom, hodnotenie zmeny denzity sa nedá považovať za správne. Preto je často liečba interpretovaná ako neúčinná. Ďalšou chybou môže byť, že je končatina inak zrotovaná ako pri poslednom meraní, následkom čoho sú hodnoty denzity a dynamika nesprávne. Ak meraná oblasť na krčku femuru určená softvérom je uložená pri kontrolnom meraní na inom mieste ako pri prvom meraní, môže to spôsobiť falošné hodnoty denzity (Kužma et al., 2018).

2.4.6 Vyhodnotenie vyšetrenia

Interpretovanie výsledkov merania robí lekár a správa z denzitometrického vyšetrenia by mala obsahovať všetky požiadavky ISCD, ktoré sú:

- meno, identifikačné číslo, dátum narodenie, pohlavie,
- indikujúci lekár,
- indikácia pre meranie BMD,
- výrobca a model prístroja,
- technická kvalita a obmedzenia merania, uvedenie dôvodu prečo konkrétna oblasť merania nebola meraná,
- BMD v g/cm^2 pre každú meranú oblasť,
- merané oblasti skeletu a aj strana merania,
- T-skóre a Z-skóre,

- WHO klasifikácia diagnózy,
- identifikovanie rizikových faktorov a netraumatických zlomenín,
- určenie rizika zlomeniny, ISCD odporúča určenie absolútneho rizika zlomeniny,
- vyjadrenie sa k tomu, či je potrebné hľadať sekundárne príčiny nízkej BMD,
- časový interval kontroly BMD,
- prípadné odporúčanie iných vyšetrení, farmakologických alebo nefarmakologických intervencií (Kučma et al., 2018), percentuálne porovnanie s referenčnou populáciou (Killingner et al., 2008).

2.4.7 T-skóre, Z-skóre a WHO klasifikácia

Na popis výsledkov DXA sa bežne používajú dva pojmy, T-skóre a Z-skóre, pričom obidva sa spoliehajú na smerodajnú odchýlku (SD) merania. Smerodajná odchýlka predstavuje normálnu variabilitu merania v populácii: rozdiel medzi 5. a 95. percentilom skupiny pokrýva približne 4 SD. Jedna štandardná odchýlka BMD bedra alebo chrbtice zodpovedá asi 10 až 15 % priemernej hodnoty (Bartl, Frisch, 2009). Aj keď je denzitometrické vyšetrenie dôležité pri diagnostike osteoporózy, určiť riziko fraktúry by sme mali komplexným hodnotením (Šteňová et al., 2008).

T-skóre predstavuje počet SD od ideálnej hodnoty hustoty mladých a zdravých osôb rovnakého pohlavia. Pomocou hodnoty T-skóre stanovujeme diagnózu osteoporózy podľa štandardov WHO u postmenopauzálnych žien a u mužov nad 50 rokov. Diagnostický prah, na základe ktorého môžeme osteoporózu klasifikovať je T-skóre pod -2,5 SD (Kučma et al., 2018).

Tabuľka 1 WHO klasifikácia osteoporózy (Šteňová et al., 2008)

Norma	T-skóre väčšie než -1 SD
Osteopénia	T-skóre medzi -1 a -2,5 SD
Osteoporóza	T-skóre menšie než -2,5 SD
Manifestná osteoporóza	T-skóre menšie než -2,5 SD a aspoň jedna fraktúra

Legenda: SD – smerodajná odchýlka

Z-skóre predstavuje počet SD od ideálnej hustoty zdravých ľudí rovnakého pohlavia aj rovnakého veku. Túto hodnotu používame na vyhodnotenie výsledkov u detí, žien pred menopauzou a u mužov do 50 roku života pri denzitometrickom vyšetrení.

U žien pred menopauzou a mužov mladších ako 50 rokov sa kostná hustota hodnotí podľa Z-skóre. Zníženie denzity pod očakávaný rozsah pre danú vekovú skupinu sa

hodnotí ako Z-skóre -2 SD a nižšie. Ak je Z-skóre vyššie ako -2 SD, tak je denzita definovaná ako denzita v rámci normálneho rozsahu pre danú vekovú skupinu. V klasifikácii podľa Z-skóre nepoužívame termín osteopénia (Kužma et al., 2018).

2.4.8 Diagnostika u detí

Kostnú denzitu u detí do 20 rokov hodnotíme vždy len podľa Z-skóre. T-skóre by sa nemalo používať. Hustota môže mať u detí normálne hodnoty aj keď je T-skóre veľmi znížené. Osteoporóza však nemôže byť diagnostikovaná len podľa denzitometrického vyšetrenia. U detí preferujeme na meranie oblasť chrbtice a celé telo bez hlavy. Na opakované meranie BMD sa používa rovnaký prístroj, režim snímania, softvér a analýza (Kužma et al., 2018). Diagnostika osteoporózy v pediatrickej populácii vyžaduje prítomnosť klinicky významnej zlomeniny v anamnéze a nízky obsah kostných minerálov alebo hustotu kostných minerálov. Klinicky významná zlomenina v anamnéze je jedno alebo viacero z nasledujúcich: zlomenina dlhých kostí dolných končatín, kompresívna zlomenina stavcov, dve alebo viac zlomenín dlhých kostí horných končatín (Doroudinia, Colletti, 2015).

2.4.9 Periférna denzitometria

Periférna denzitometria sa používa už mnoho rokov a odporúčanie na jej použitie zverejnila Medzinárodná spoločnosť pre klinickú denzitometriu v roku 2008 (Bartl, Frisch, 2009). Používanou metódou merania je dvojenergetická absorpciometria, ktorá je používaná v prenosných zariadeniach. Tieto zariadenia sú určené na meranie jedného alebo dvoch apendikulárnych miest. Nazývajú sa aj periférne zariadenia alebo zariadenia pDXA. Pretože využívajú duálnu energiu, nevyžadujú vodný kúpeľ, obklopujúci oblasť vyšetrovacej oblasti (Bonnick, 2010). Na diagnostiku osteoporózy je možno použiť meranie na predlaktí. Možno však toto meranie použiť len u pacientov, ktorí trpia hyperparatyreózou, sú obézni alebo u pacientov, u ktorých oblasti chrbtice a femuru nie sú hodnotiteľné. Pri meraní na predlaktí hodnotíme oblasť, ktorá sa označuje ako 33 % radius nedominantnej hornej končatiny (Payer et al., 2018).

2.5 Diferenciálna diagnostika

Ak nameriame kostnú denzitu menšiu ako -2,4 SD, neznamená to, že pacient trpí primárnou osteoporózou. Nízkou denzitou sa totižto môžu prejavovať aj rôzne iné ochorenia, ktoré je potreba vylúčiť a tak isto je potrebné vylúčiť aj sekundárnu

osteoporózu. Pri meraní kostnej denzity denzitometrickým prístrojom nemôžeme vykonať diferenciálnu diagnostiku, pretože kvalita denzitometrického skenu je príliš nízka. V indikovaných prípadoch je potreba doplniť denzitometrické vyšetrenie doplňujúcimi vyšetreniami a to buď röntgenovým vyšetrením, počítačovou tomografiou alebo magnetickou rezonanciou. Diferenciálnu diagnostiku využívame vtedy, keď nameranú kostnú denzitu nemôžeme objasniť. Môže sa však stať, že ani doplňujúcimi vyšetreniami nezistíme príčinu nízkej denzity. Dôležitá je predovšetkým u mužov, pretože v 50 až 70 % sa jedná o sekundárnu osteoporózu (Killinger et al., 2005).

3 Hlavný cieľ, čiastkové ciele a hypotézy práce

Hlavný cieľ práce

Hlavným cieľom práce bolo porovnať kostné minerálne parametre, posúdiť ich vzájomný vzťah a zistiť ako ich body mass index ovplyvňuje u vekových kategórií 45 – 76 ročných mužov a žien pomocou dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie.

Čiastkové ciele

ČC 1: Porovnať kostné minerálne parametre na L-chrbtici a proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien.

ČC 2: Porovnať kostné minerálne parametre na L-chrbtici a proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov.

ČC 3: Zistiť, či existuje vzťah medzi kostnými minerálnymi parametrami u žien.

ČC 4: Zistiť, či existuje vzťah medzi kostnými minerálnymi parametrami u mužov.

ČC 5: Porovnať T-skóre L-chrbtice a proximálneho femuru medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov.

ČC 6: Zistiť, či existuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

Hypotézy

H₀1: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaká.

H_A1: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaká.

H₀2: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaká.

H_A2: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaká.

H₀3: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaká.

H_A3: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaká.

H₀4: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaká.

H_A4: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaká.

H₀5: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaký.

H_A5: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaký.

H₀6: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaký.

H_A6: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaký.

H₀7: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaký.

H_A7: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaký.

H₀8: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaký.

H_A8: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaký.

H₀9: Neexistuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_A9: Existuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H₀10: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_A10: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H₀11: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_A11: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H₀12: Neexistuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H_A12: Existuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H₀13: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

H_A13: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

H₀14: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H_A14: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H₀15: T-skóre L-chrbtice medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaké.

H_A15: T-skóre L-chrbtice medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaké.

H₀16: T-skóre proximálneho femuru medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaké.

H_A16: T-skóre proximálneho femuru medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaké.

H₀17: Neexistuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici u žien.

H_A17: Existuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici u žien.

H₀18: Neexistuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na proximálnom femure u žien.

H_A18: Existuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na proximálnom femure u žien.

4 METODIKA

4.1 Charakteristika výskumného súboru

Do výskumného súboru boli zaradení pacienti, ktorí podstúpili vyšetrenie kostnej denzity pomocou DXA v období od roku 2019 až 2021 v Univerzitnej nemocnici s poliklinikou sv. Cyrila a Metoda v Bratislave. Výskumný súbor tvorilo spolu 250 respondentov, z toho bolo 54 mužského pohlavia a 196 ženského pohlavia. Výber bol špecifikovaný na pacientov od 45 roku až 76 roku života, ktorí podstúpili meranie v oblasti lumbálnej chrbtice a proximálneho femuru. Rozdelenie respondentov podľa vekovej kategórie je uvedené v tabuľke 2. Rozdelenie respondentov podľa BMI je uvedené v tabuľke 3. Vyradovacím kritériom bolo užívanie antiporotickej liečby a meranie v oblasti predlaktia.

Tabuľka 2 Rozdelenie mužov a žien do vekových kategórií

Vekové kategórie	Muži		Ženy		Celkom	
	n	%	n	%	n	%
45 – 55	10	18,52	24	70,59	34	13,60
56 – 65	17	31,48	88	83,81	105	42,00
66 – 76	27	50,00	84	75,68	111	44,40
Celkom	54	21,60	196	78,40	250	100,00

Legenda: n – početnosť, % - percentá

Tabuľka 3 Rozdelenie mužov a žien do kategórií BMI podľa WHO

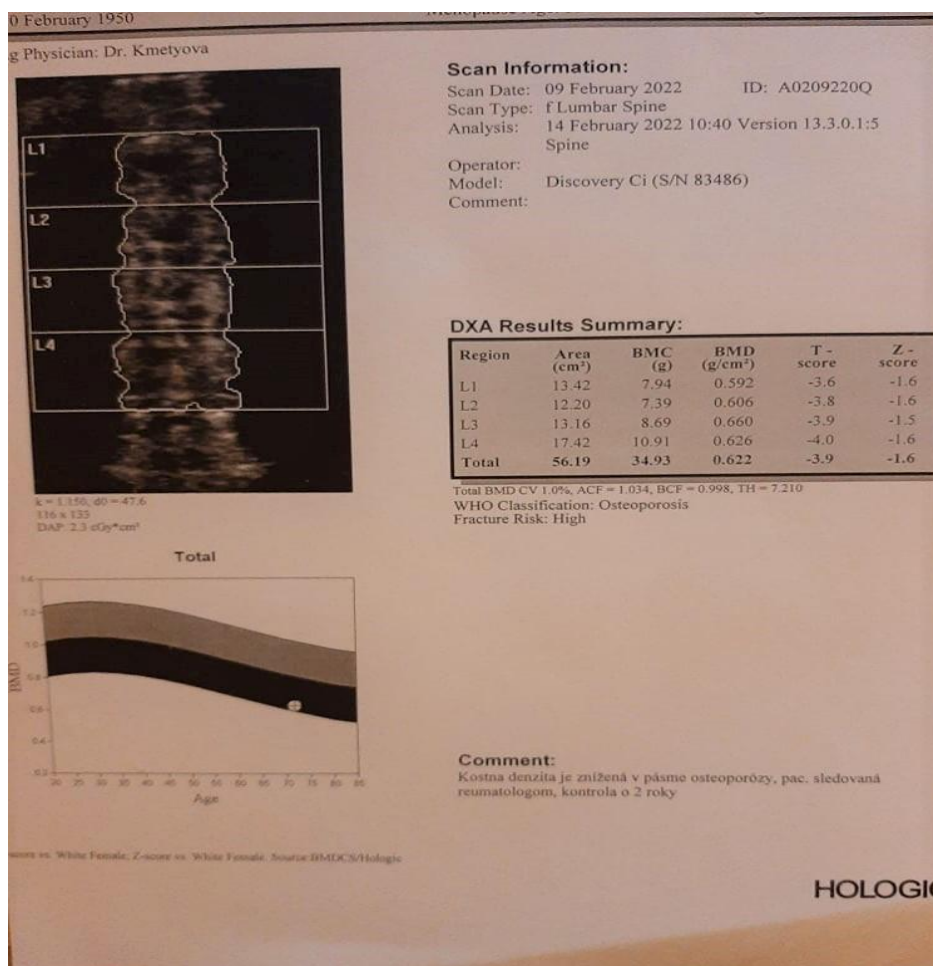
Kategorie BMI	Muži		Ženy		Celkom	
	n	%	n	%	n	%
Podváha	0	0,00	5	2,55	5	2,00
Norma	15	27,78	88	44,90	103	41,20
Nadváha	26	48,15	64	32,65	90	36,00
Obezita	13	24,07	39	19,90	52	20,80
Celkom	54	21,60	196	78,40	250	100,00

Legenda: n – početnosť, % - percentá

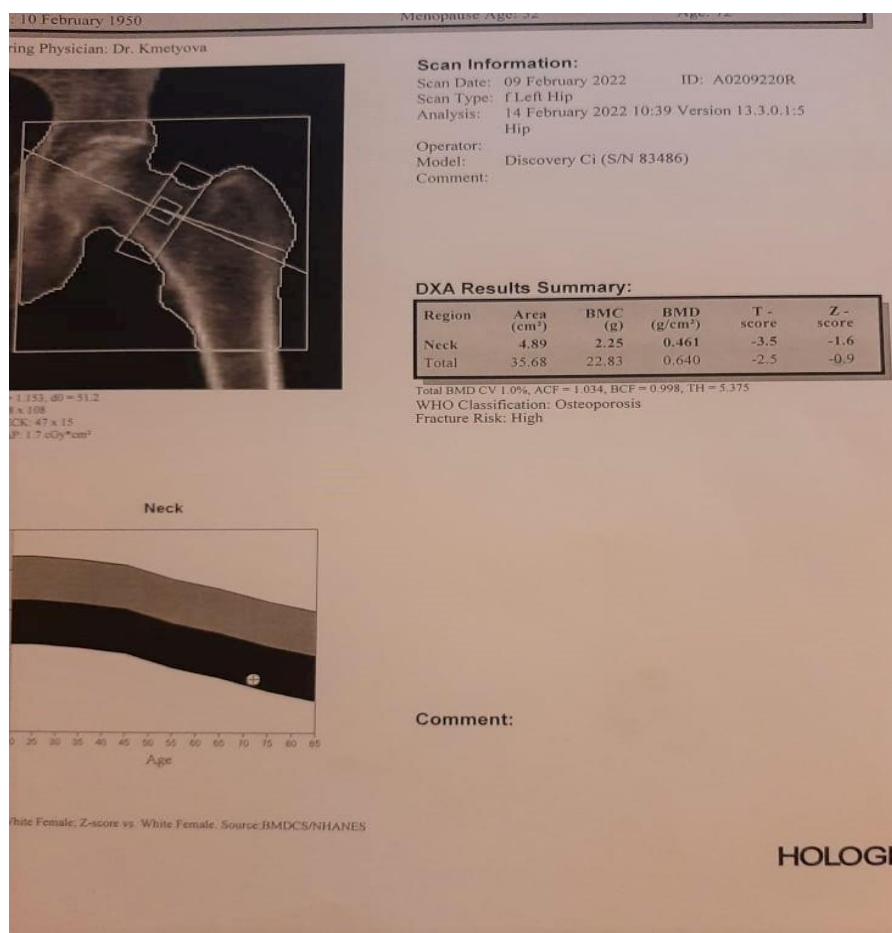
4.2 Metóda zberu dát

Zber dát prebiehal v Nemocnici sv. Cyrila a Metoda v Bratislave na Fyziatricko-rehabilitačnom oddelení na denzitometrickom pracovisku. Ako už bolo spomínané do výskumu bolo zaradených 250 pacientov, ktorých výber prebiehal formou výpisu z dokumentácie z Nemocničného informačného systému (NIS).

Všetky údaje boli zmerané na prístroji HOLOGIC QDR Discovery. Do výskumného súboru boli zahrnutí len pacienti, ktorí podstúpili meranie denzity v oblasti L-chrbtice (Obrázok 2) a proximálneho femuru (Obrázok 3). U týchto dvoch oblastí boli zaznamenané AREA (cm^2), BMC (g), BMD (g/cm^2), T-skóre, Z-skóre a WHO klasifikácia, pričom pri meraní na proximálnom femure, bola sledovaná len oblasť označovaná ako Total, ktorá sa použila na stanovenie WHO klasifikácie. T-skóre bolo zaznamenané ako počet SD (smerodajná odchýlka) od ideálnej hodnoty hustoty mladých a zdravých osôb rovnakého pohlavia. Z-skóre bolo zaznamenané ako počet SD od ideálnej hustoty zdravých ľudí rovnakého pohlavia aj rovnakého veku. Pri meraní denzity na L-chrbtici boli tieto dáta zaznamenané u jednotlivých stavcov (L1 - L4) a taktiež v oblasti Total, ktorá sa takisto použila na stanovenie WHO klasifikácie. U niektorých stavcov chýbali zmienené údaje, v dôsledku ich nehodnotiteľnosti.



Obrázok 2. Ukážka vyšetrenia L-chrbtice



Obrázok 3. Ukážka vyšetrenia proximálneho femuru

Ďalej bolo zaznamenané pohlavie, výška, hmotnosť, vek a bolo vypočítané BMI podľa nasledujúceho vzorca: $BMI = \frac{\text{hmotnosť (kg)}}{\text{výška}^2 \text{ (m)}}$

Podľa WHO rozdeľujeme BMI do 6. kategórií, ktoré sú uvedené v tabuľke 4 (Report of a WHO consultation, 1999).

Tabuľka 4 Klasifikácia BMI podľa WHO (Report of a WHO consultation, 1999), upravené

BMI (kg/m ²)	Kategórie	Kategórie použité v práci
<18,50	Podváha	Podváha
18,50 - 24,99	Norma	Norma
25,00 - 29,99	Nadváha	Nadváha
30,00 - 34,99	Obezita I. stupňa	Obezita
35,00 - 39,99	Obezita II. Stupňa	
>40,00	Obezita III. stupňa	

Legenda: BMI – Body Mass Index, kg – kilogram, m – meter

4.3 Realizácia výskumu

Pred samotnou realizáciou výskumu prebehlo štúdium základnej literatúry, ktorá sa týkala diagnostiky osteoporózy pomocou DXA. Na základe toho boli stanovené výskumné ciele a hypotézy. Následne bol podaný návrh na schválenie výskumu Etickou komisiou Univerzitnej nemocnice s poliklinikou v Bratislave (Nemocnica sv. Cyrila a Metoda). Žiadosť bola schválená a jej kópia sa nachádza v prílohe. Súhlas na spracovanie dát mi bol udelený pani primárkou MUDr. Evou Kmetyovou.

Na retrospektívny zber dát bol využitý NIS (Nemocničný informačný systém). Dáta boli zapísané do pripravenej tabuľky v programe Microsoft Office Excel 365. Každý respondent bol označený poradovým číslom, v dôsledku zachovania jeho anonymity.

4.4 Štatistické spracovanie dát

Výsledky boli spracované programom STATISTICA CZ 12, pomocou ktorého boli zhotovené popisné štatistiky jednotlivých vekových skupín u mužov aj u žien, kde bol u zaznamenaných parametrov vypočítaný: aritmetický priemer – M, medián – Me, maximálna hodnota – Max, minimálna hodnota – Min, rozpätie – R a smerodajná odchýlka SD.

Na úvod štatistickej analýzy, na overenie normálneho rozdelenia zaznamenaných parametrov bol použitý test normality Shapiro-Wilkov test. Výsledok Shapiro-Wilkovho testu ukázal, že sledované parametre nemajú normálne rozdelenie.

Vzhľadom k tomu, že dáta nemajú vo všetkých sledovaných skupinách mužov a žien normálne rozdelenie počtostí hodnôt, bol k vyhodnoteniu výsledkov použitý neparametrický test, jednofaktorová neparametrická ANOVA, Kruskal-Wallisov test. Test bol použitý pre porovnanie Total BMD (g/cm^2) na L-chrbtici a proximálnom femure s meniacim sa vekom u žien a mužov v 3 vekových kategóriách ako aj pre porovnanie Total BMC (g) u žien a mužov v troch vekových kategóriách a tiež pre zistenie rozdielu v T-skóre L-chrbtice a proximálneho femuru s meniacim sa vekom u mužov v troch vekových kategóriách. Najskôr však bola zistená korelácia medzi Total BMD na L-chrbtici a proximálnom femure, medzi Total BMC na L-chrbtici a proximálnom femure a medzi Total BMD a Total BMC u mužov aj u žien pomocou Spearmanovho koeficientu poradovej korelácie. Pre zistenie, či existuje signifikantný vzťah medzi BMI, BMD (g/cm^2) a BMC (g) na L-chrbtici a proximálnom femure u žien bol použitý Spearmanov koeficient poradovej korelácie. Interpretácia hodnôt korelačného koeficientu podľa Hanáka (2016) je

uvedená v tabuľke 5. Hladina štatistickej významnosti bola stanovená ako $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$.

Tabuľka 5 *Interpretácia hodnôt korelačného koeficientu (Hanák, 2016)*

Korelačný koeficient	Závislosť
0 až 0,1	triviálna
0,1 až 0,29	malá
0,3 až 0,49	stredná
0,5 až 0,69	veľká
0,7 až 0,89	veľmi veľká
0,9 až 1	takmer dokonalá

5 VÝSLEDKY

V tejto kapitole sú popísané výsledky z výskumného šetrenia, ktoré prebiehalo podľa vyššie uvedenej metodiky. Hodnotené sú minerálne kostné parametre, T-skóre získané pomocou dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie a body mass index. Tieto parametre sú hodnotené medzi vekovými kategóriami 45 – 76 ročných mužov a žien.

5.1 Porovnanie kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách

Porovnanie kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru u žien a mužov bolo vykonané pomocou neparametrického Kruskal-Wallisovho testu.

5.1.1 Porovnanie hustoty kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách žien

Porovnanie Total BMD L-chrbtice je uvedené v tabuľke 6. Na základe Kruskal-Wallisovho testu bol zistený štatisticky nesignifikantný rozdiel ($p = 0,128$) medzi vekovými skupinami žien.

Tabuľka 6 Total BMD (g/cm^2) na L-chrbtici u žien

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	24	0,864	0,845	1,089	0,692	0,135
56 – 65	88	0,842	0,810	1,325	0,617	0,150
66 – 76	84	0,863	0,866	1,351	0,533	0,132

Legenda: n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka

Porovnanie Total BMD proximálneho femuru u žien je znázornené v tabuľke 7. Kruskal-Wallisovým testom bol taktiež zistený štatisticky nesignifikantný rozdiel ($p = 0,211$) medzi vekovými kategóriami.

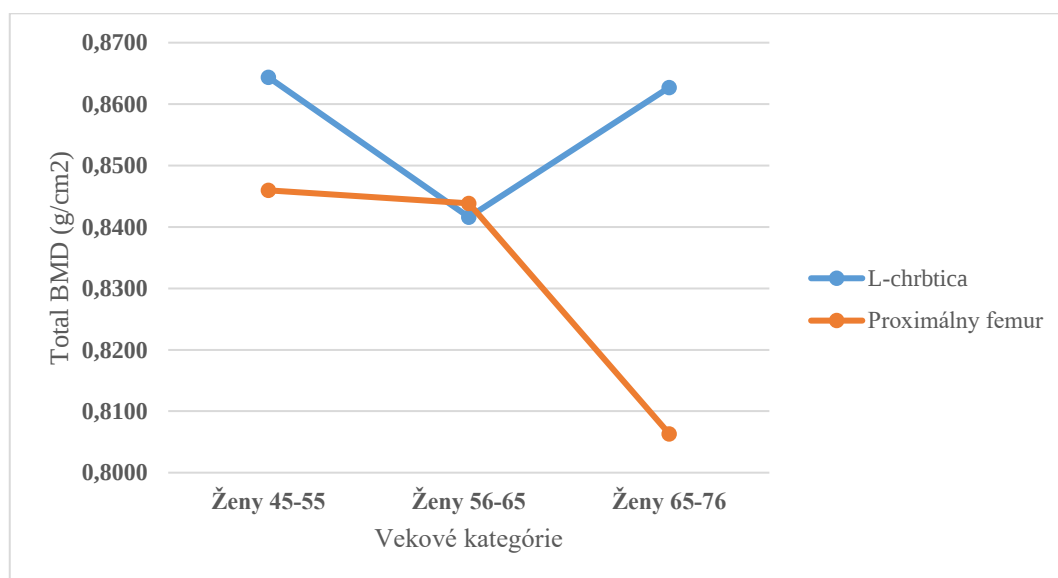
Porovnanie zmeny vývoja BMD L-chrbtice a proximálneho femuru v závislosti na veku žien môžeme pozorovať aj v grafe 1. Z grafu je badateľné, že úbytok BMD na L-chrbtici bol najpodstatnejší vo vekovej kategórii 56 – 65 rokov a potom sa opäť stabilizoval. Taktiež si môžeme všimnúť, že proximálny femur vykazuje rozdiel v úbytku BMD oproti L-chrbtici u 65 – 76 ročných žien. Je to dané rozdielmi v zložení kosti, ktorá na L-chrbtici obsahuje väčšie množstvo trabekulárnej kosti oproti kortikálnej než proximálny femur. Taktiež je to dané aj rozdielom v namáhaní L-chrbtice a proximálneho femuru a inými

degeneratívnymi zmenami, ktoré ovplyvňujú meranie stavcov na L-chrbtici, zakrývajúce úbytok trabekulárnej kosti (Berger et al., 2008).

Tabuľka 7 Total BMD (g/cm^2) na proximálnom femure u žien

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	24	0,846	0,839	1,060	0,543	0,127
56 – 65	88	0,844	0,838	1,157	0,510	0,132
66 – 76	84	0,806	0,806	1,088	0,542	0,116

Legenda: n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka



Graf 1. Total BMD (g/cm^2) na L-chrbtici a proximálnom femure u žien

Podľa uvedených výsledkov môžeme overiť tieto hypotézy:

H₀1: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaká.

H_A1: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaká.

H₀2: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaká.

H_{A2}: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaká.

Pri porovnávaní Total BMD na L-chrbtici bola podľa uvedených výsledkov neparametrického Kruskal-Wallisovho testu dosiahnutá hodnota štatistickej významnosti ($p = 0,128$), ktorá je vyššia než $\alpha = 0,05$. Nulovú hypotézu **H₀₁** preto nemôžeme zamietnuť, hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaká.

Porovnanie Total BMD na proximálnom femure bolo vykonané pomocou Kruskal-Wallisovho testu, kedy bola dosiahnutá hodnota štatistickej významnosti ($p = 0,211$), ktorá je tiež vyššia než hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Hypotézu **H₀₂** preto nezamietame. Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi vekovými skupinami žien je rovnaká.

5.1.2 Porovnanie hustoty kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov

Porovnanie Total BMD na L-chrbtici u mužov je znázornené v tabuľke 8. Výsledky Kruskal-Wallisovho testu znázorňujú štatisticky signifikantný rozdiel medzi vekovými kategóriami 45 – 55 ročných a 66 – 76 ročných mužov ($p = 0,019$).

Tabuľka 8 Total BMD (g/cm^2) na L-chrbtici u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	0,846	0,895*	0,952	0,682	0,108
56 – 65	17	1,005	0,977	1,377	0,803	0,184
66 – 76	27	1,002	0,995*	1,251	0,680	0,137

Legenda: * - signifikantný rozdiel $p < 0,05$, n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka

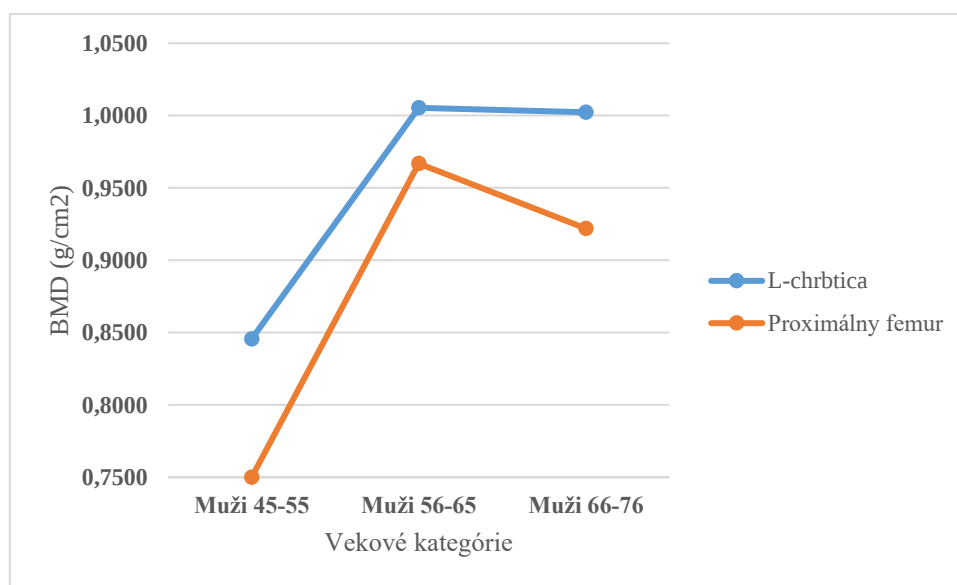
V tabuľke 9 je zobrazené Total BMD proximálneho femuru u mužov. Medzi niektorými skupinami môžeme Kruskal-Wallisovým testom dokázať veľmi signifikantný rozdiel ($p = 0,006$), ktorý bol pozorovaný medzi 45 – 55 a 66 – 75 ročnými mužmi.

Vývoj zmien BMD na L-chrbtici a na proximálnom femure je viditeľný v grafe 2. Môžeme si všimnúť takmer totožnú zmenu BMD na L-chrbtici aj na proximálnom femure. V porovnaní so ženami vo vekovej kategórii 45 – 55 rokov je hodnota BMD na L-chrbtici aj proximálnom femure u mužov toho istého veku nižšia. Avšak vzhľadom na väčší výskyt osteoporotických zlomenín u žien má úbytok BMD u žien väčší vplyv na krehkosť kostí ako úbytok BMD u mužov (Berger et al., 2008).

Tabuľka 9 Total BMD (g/cm^2) na proximálnom femure u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	0,750	0,731*	0,945	0,536	0,161
56 – 65	17	0,967	0,967	1,241	0,602	0,177
66 – 76	27	0,922	0,914*	1,105	0,697	0,115

Legenda: * - signifikantný rozdiel $p < 0,05$, n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka



Graf 2. Total BMD (g/cm^2) na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

Môžeme overiť tieto hypotézy:

H₀₃: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaká.

H_{A3}: Hustota kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaká.

H₀₄: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaká.

H_{A4}: Hustota kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaká.

Na základe neparametrického Kruskal-Wallisovho testu bol zistený rozdiel medzi Total BMD L-chrbtice a vekovými skupinami mužov na úrovni štatistickej významnosti ($p = 0,019$), ktorá je menšia než $\alpha = 0,05$. Môžeme teda zamietnuť H_03 a prijať H_A3 .

Rovnako bol preukázaný veľmi signifikantný rozdiel medzi Total BMD proximálneho femuru a vekovými skupinami mužov pomocou neparametrického Kruskal-Wallisovho testu na hladine štatistickej významnosti $p = 0,006$, ktorá je teda nižšia než hladina významnosti $\alpha = 0,01$, preto zamietame H_04 a prijímame H_A4 . Z výsledkov vyplýva, že hustota kostného minerálu na L-chrbtici aj proximálnom femure sa s vekom mení.

5.1.3 Porovnanie obsahu kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách žien

Rozdiel v Total BMC L-chrbtice medzi skupinami žien je uvedený v tabuľke 10. Zistený rozdiel pomocou Kruskal-Wallisovho testu-však nebol signifikantný ($p = 0,955$).

Tabuľka 10 Total BMC (g) L-chrbtice u žien

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	24	51,097	47,875	71,280	35,020	12,179
56 – 65	88	49,354	47,360	100,000	28,380	11,090
66 – 76	84	50,310	48,020	100,640	26,480	11,829

Legenda: n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka

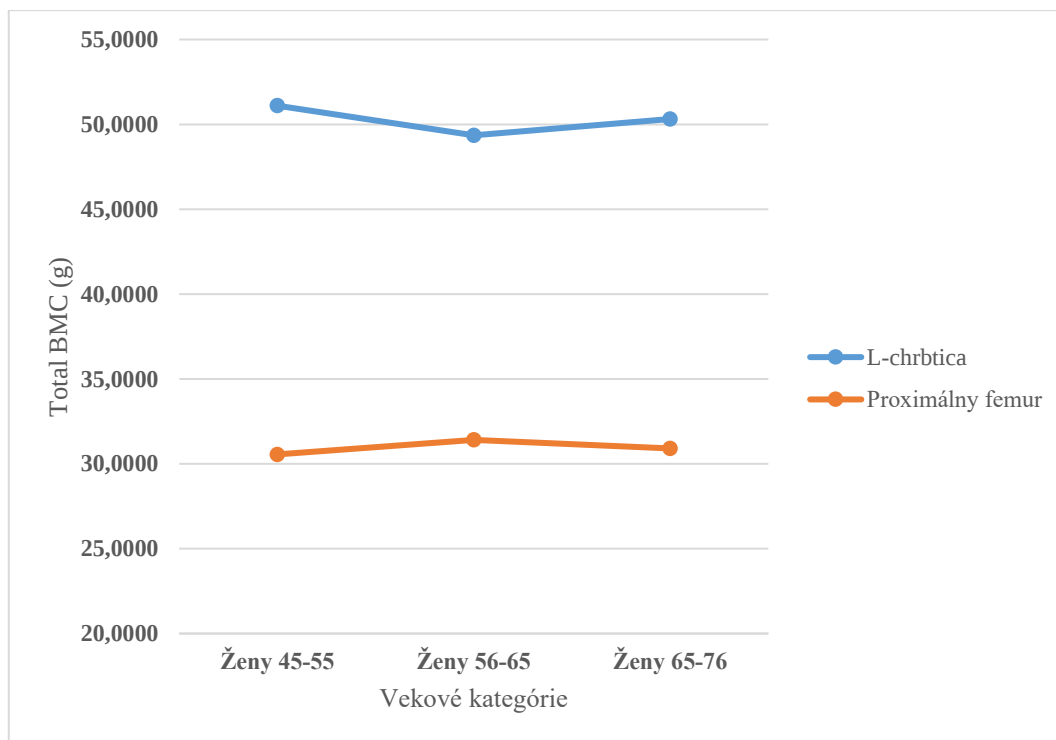
U Total BMC proximálneho femuru nie je tiež na základe Kruskal-Wallisovho testu pozorovaný žiadny signifikantný rozdiel (Tabuľka 11) ($p = 0,955$). Total BMC sa teda u žien rôzneho veku takmer nezmenilo.

Znázornenie porovnania Total BMC medzi L-chrbticou a proximálnym femurom je uvedené v grafe 3.

Tabuľka 11 Total BMC (g) proximálneho femuru u žien

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	24	30,555	29,585	43,350	21,480	6,178
56 – 65	88	31,408	29,515	48,360	15,750	7,171
66 – 76	84	30,910	29,320	48,460	21,450	5,341

Legenda: n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka



Graf 3. Total BMC (g) L-chrbtice a proximálneho femuru u žien

Hypotézy, ktoré môžeme overiť:

H₀₅: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaký.

H_{A5}: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaký.

H₀₆: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien je rovnaký.

H_{A6}: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami žien nie je rovnaký.

Štatisticky významný rozdiel nebol na základe testovania neparametrickým Kruskal-Wallisovým testom zistený pri porovnávaní Total BMC L-chrbtice medzi vekovými skupinami žien, pretože hladina významnosti ($p = 0,955$) bola vyššia než $\alpha = 0,05$. Preto nulovú hypotézu **H₀₅** nemôžeme zamietnuť, obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi vekovými skupinami žien je rovnaký.

Pri porovnávaní Total BMC na proximálnom femure pomocou neparametrického Kruskal-Wallisovho testu bola dosiahnutá hodnota štatistickej významnosti ($p = 0,955$), taktiež vyššia ako $\alpha = 0,05$. Nemôžeme teda H_0 zamietnuť. Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi vekovými skupinami žien je rovnaký.

5.1.4 Porovnanie obsahu kostného minerálu bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov

Pomocou Kruskal-Wallisovho testu bol zistený štatisticky signifikantný rozdiel medzi Total BMC L-chrbtice u 45 – 55 a 66 – 76 ročných mužov ($p = 0,02$), ktorý je uvedený v tabuľke 12. Najnižšia pozorovaná hodnota bola u skupiny 45 – 55 ročných.

Tabuľka 12 Total BMC (g) L-chrbtice u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	55,326	58,990*	70,590	35,670	15,236
56 – 65	17	70,418	69,420	94,900	56,030	12,260
66 – 76	27	72,734	72,210*	103,580	40,070	15,653

Legenda: * - signifikantný rozdiel $p < 0,05$, n - početnosť, M - priemer, Me - medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka

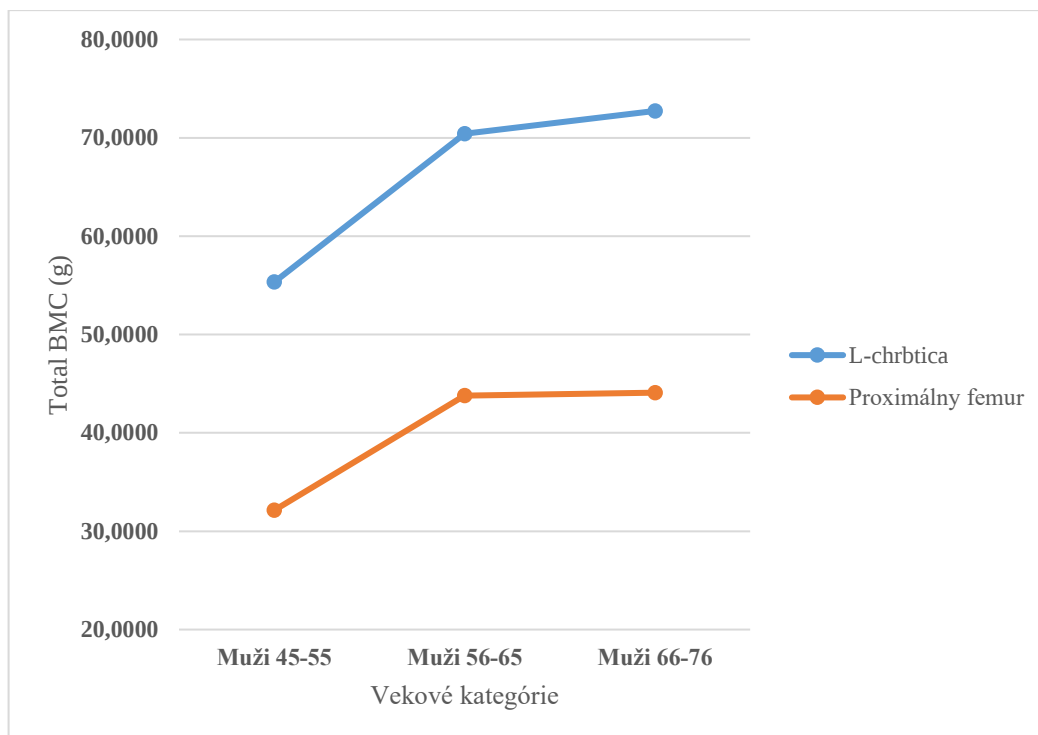
Štatisticky významný rozdiel ($p = 0,001$) medzi Total BMC proximálneho femuru u mužov rozdelených do vekových skupín bol zaznamenaný pomocou Kruskal-Wallisovho testu. Toto porovnanie môžeme vidieť v tabuľke 13. Zmena Total BMC bola pozorovaná u všetkých vekových skupín.

Porovnanie zmeny Total BMC na L-chrbtici a proximálnom femure vidíme v grafe 4. Najnižšiu hodnotu Total BMC na L-chrbtici a tak isto aj na proximálnom femure môžeme vidieť vo vekovej kategórii 45 – 55 rokov, potom však hodnota Total BMC s vekom rástla. Tento nárast môže byť spôsobený v dôsledku periostálnej apozície (Szulc, Delmas, 2007).

Tabuľka 13 Total BMC (g) proximálneho femuru u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	32,124	30,025**	42,650	28,990	4,954
56 – 65	17	43,801	42,880**	57,240	26,640	9,330
66 – 76	27	44,085	44,040**	56,150	27,580	7,968

Legenda: ** - vysoko signifikantný rozdiel $p < 0,01$, n - početnosť, M - priemer, Me - medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka



Graf 4. Total BMC (g) na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

Otestovať môžeme tieto hypotézy:

H₀7: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaký.

H_A7: Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaký.

H₀8: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaký.

H_A8: Obsah kostného minerálu na proximálnom femure medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaký..

Na základe Kruskal-Wallisovho testu bol zistený rozdiel v Total BMC v oblasti L-chrbtice medzi vekovými skupinami mužov, ktorého hladina významnosti ($p = 0,02$) bola nižšia ako $\alpha = 0,05$. Obsah kostného minerálu na L-chrbtici medzi vekovými kategóriami mužov teda nie je rovnaký, preto zamietame **H₀7** a prijímame **H_A7**.

Veľmi významný rozdiel bol zistený Kruskal-Wallisovým testom aj na proximálnom femure, ktorého hladina štatistickej významnosti ($p = 0,001$) bola nižšia ako $\alpha = 0,01$. Z tohto dôvodu zamietame hypotézu **H₀8** a potvrdzujeme hypotézu **H_A8**.

5.2 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru

Vzťah medzi kostnými minerálnymi parametrami bedrovej chrbtice a proximálneho femuru bol otestovaný pomocou Spearmanovho koeficientu poradovej korelácie.

5.2.1 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru u žien

Pre zistenie korelácie Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u žien bol využitý Spearmanov koeficient poradovej korelácie (Tabuľka 14). Korelácia medzi oboma premennými bola na úrovni $r = 0,640$, čo znamená, že tento vzťah je vysoko signifikantný ($p = 0,000$).

Tabuľka 14 Vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u žien

Premenná	r	p
Total BMD L-chrbtice – Total BMD prox. femuru	0,640	0,000**

Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMD – hustota kostného minerálu

Môžeme overiť nasledujúce hypotézy:

H₀₉: Neexistuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_{A9}: Existuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

Podľa výsledkov Spearmanovej korelácie medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru bol zistený výrazne signifikantný vzťah na hladine štatistickej významnosti ($p = 0,000$), ktorá hladina je nižšia ako $\alpha = 0,01$, preto prijímame **H_{A9}** a zamietame **H₀₉**. Z výsledkov teda vyplýva, že existuje významný vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a hustotou kostného minerálu na proximálnom femure u žien.

Pri testovaní vzťahu medzi ďalším kostným minerálnym parametrom dvoch meraných lokalít (L-chrbtica a proximálny femur) pomocou Spearmanovho koeficientu poradovej korelácie bolo zistené, že existuje veľká korelácia ($r = 0,571$) na vysokej hodnote

štatistickej významnosti ($p = 0,000$) medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru. Tento vzťah si môžeme všimnúť v tabuľke 15.

Tabuľka 15 *Vzťah medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru u žien*

Premenná	r	p
Total BMC L-chrbtice – Total BMC prox. femuru	0,571	0,000**

*Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMC – obsah minerálu v kosti*

Uvedené výsledky slúžia k overeniu nasledovných hypotéz:

H₀₁₀: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_{A10}: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

Dosiahnutá hodnota štatistickej významnosti Spearmanovej korelácie medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru ($p = 0,000$) je nižšia ako $\alpha = 0,01$. Vzťah medzi oboma lokalitami a ich obsahom kostného minerálu teda existuje a preto zamietame **H₀₁₀** a prijímame **H_{A10}**.

Testovaním vzťahu medzi oboma kostnými minerálnymi parametrami bolo dokázané, že medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice existuje veľmi veľká závislosť ($r = 0,822$), tak ako aj v druhej oblasti, ktorou bol proximálny femur ($r = 0,864$). Oba vzťahy boli na vysokej hodnote štatistickej významnosti ($p = 0,000$), čo si môžeme všimnúť v tabuľke 16.

Tabuľka 16 *Vzťah medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru u žien*

Premenná	r	p
Total BMC – Total BMD L-chrbtice	0,822	0,000**
Total BMC – Total BMD proximálneho femuru	0,864	0,000**

*Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMC – obsah minerálu v kosti, Total BMD – hustota kostného minerálu*

Pre vzťah Total BMC a Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru u žien boli stanovené tieto hypotézy:

H₀11: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

H_A11: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u žien.

Spearmanovým korelačným koeficientom bolo zistené, že vzťah medzi Total BMD a Total BMC L-chrbtice a proximálneho femuru má vysokú hodnotu štatistickej významnosti ($p = 0,000$) pre obe lokality. Z toho dôvodu zamietame **H₀11** a prijímame **H_A11**.

5.1.2 Vzťah kostných minerálnych parametrov bedrovej chrbtice a proximálneho femuru u mužov

Otestovaný bol vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u mužov a to pomocou výpočtov Spearmanových korelácií (Tabuľka 17). Tento vzťah bol vysoký ($r = 0,659$) a vysoko významný ($p = 0,000$).

Tabuľka 17 Vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u mužov

Premenná	r	p
Total BMD L-chrbtice – Total BMD prox. femuru	0,659	0,000**

Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMD – hustota kostného minerálu

Pre vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru mužov boli stanovené tieto hypotézy:

H₀12: Neexistuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H_A12: Existuje vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

Dosiahnutá hodnota Spearmanových korelácií medzi Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru ($p = 0,000$) bola nižšia než stanovená hladina významnosti $\alpha = 0,01$, môžeme teda prijať **H_A12** a zamietnuť **H₀12**. Podľa vyššie uvedených skutočností môžeme povedať, vzťah medzi hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov existuje a je vysoko významný.

Na základe Spearmanovho koeficientu poradovej korelácie, bol dokázaný vysoký vzťah ($r = 0,620$) medzi Total BMC L-chrbtice a proximálneho femuru, ktorého významnosť bola vysoko signifikantná ($p = 0,000$) (Tabuľka 18).

Tabuľka 18 Vzťah medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru u mužov

Premenná	r	p
Total BMC L-chrbtice – Total BMC prox. femuru	0,620	0,000**

Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMC – obsah minerálu v kosti

Opísané výsledky slúžia k overeniu týchto hypotéz:

H₀₁₃: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

H_{A13}: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov

Pomocou Spearmanovej korelácie sa zistila silná závislosť medzi Total BMC L-chrbtice a proximálneho femuru na hladine štatistickej významnosti ($p = 0,000$), ktorá je menšia ako $\alpha = 0,01$ a preto prijímame **H_{A13}** a zamietame **H₀₁₃**.

Spearmanovým koeficientom bol tiež následne otestovaný vzťah medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice a Total BMC a Total BMD proximálneho femuru (Tabuľka 19). Bol dokázaný takmer dokonalý vzťah ($r = 0,903$) medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice na úrovni $p = 0,000$. Podobná korelácia bola zistená aj medzi Total BMC a Total BMD proximálneho femuru ($r = 0,861$), čo predstavuje veľmi vysoko významnú závislosť ($p = 0,000$).

Tabuľka 19 Vzťah medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru u mužov

Premenná	r	p
Total BMC – Total BMD L-chrbtice	0,903	0,000**
Total BMC – Total BMD proximálneho femuru	0,861	0,000**

Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), Total BMC – obsah minerálu v kosti, Total BMD – hustota kostného minerálu

Stanovené hypotézy:

H₀14: Neexistuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

H_A14: Existuje vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.

Podľa výsledkov Spearmanovej korelácie je zjavné, že medzi kostnými minerálnymi parametrami existuje takmer dokonalá závislosť, ktorá je veľmi významná ($p = 0,000$) a to na L-chrbtici aj na proximálnom femure. Na základe stanovenej hladiny významnosti $\alpha = 0,01$, ktorá je väčšia ako p môžeme potvrdiť **H_A14** a zamietnuť **H₀14**. Z testovania korelácie kostných minerálnych parametrov vyplýva, že vzťah medzi obsahom kostného minerálu a hustotou kostného minerálu na L-chrbtici aj na proximálnom femure existuje.

5.3 Porovnanie T-skóre bedrovej chrbtice a proximálneho femuru vo vekových skupinách mužov

Podľa tabuľky 20 je zjavné, že T-skóre L-chrbtice sa s vekom mení. Pomocou Kruskal-Wallisovho testu bol zistený významný rozdiel v T-skóre medzi vekovými kategóriami mužov ($p = 0,026$). Významný rozdiel bol pozorovaný medzi skupinami 45 – 55 a 66 – 76 ročných mužov.

Tabuľka 20 T-skóre na L-chrbtici u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	-2,190	-1,700*	-0,900	-3,800	1,047
56 – 65	17	-0,771	-1,000	2,600	-2,600	1,662
66 – 76	27	-0,800	-0,900*	1,500	-3,700	1,257

Legenda: * - významný rozdiel $p < 0,05$, n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka

Rozdiel je badateľný aj na proximálnom femure, kedy bol výpočtami Kruskal-Wallisovho testu zistený vysoko významný rozdiel ($p = 0,009$) v T-skóre medzi vekovými kategóriami (Tabuľka 21). Zmenu môžeme pozorovať medzi všetkými vekovými skupinami.

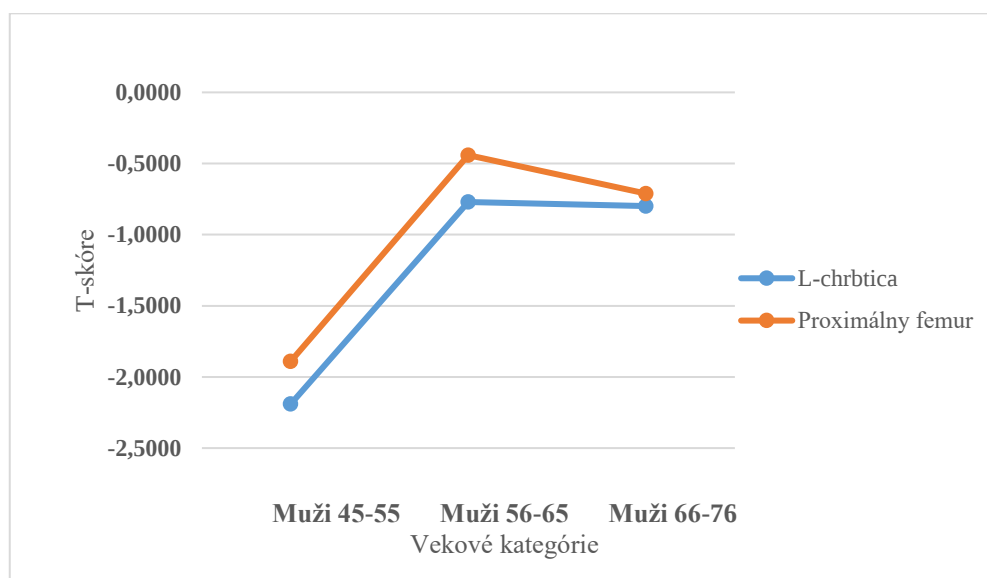
Porovnanie je lepšie viditeľné v grafe 5. Z grafu je čitateľné, že T-skóre proximálneho femuru vykazuje vyššiu hodnotu oproti L-chrbtici, pričom najnižšia hodnota T-skóre bola

zaznamená v skupine 45 – 55 ročných mužov a to na L-chrbtici aj proximálnom femure. Najvyššia hodnota T-skóre bola dosiahnutá u 56 – 65 ročných mužov na proximálnom femure.

Tabuľka 21 T-skóre na proximálnom femure u mužov

Vekové kategórie	n	M	Me	Max	Min	SD
45 – 55	10	-1,890	-2,050**	-0,600	-3,400	1,113
56 – 65	17	-0,441	-0,400**	1,400	-2,900	1,184
66 – 76	27	-0,711	-0,800*	0,500	-2,200	0,732

Legenda: * - signifikantný rozdiel $p < 0,05$, ** - vysoko signifikantný rozdiel $p < 0,01$, n – početnosť, M – priemer, Me – medián, Max – maximálna hodnota, Min – minimálna hodnota, SD – smerodajná odchýlka



Graf 5. T-skóre L-chrbtice a proximálneho femuru u mužov

Otestovať môžeme nasledujúce hypotézy:

H₀15: T-skóre L-chrbtice medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaké.

H_A15: T-skóre L-chrbtice medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaké.

H₀16: T-skóre proximálneho femuru medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov je rovnaké.

H_A16: T-skóre proximálneho femuru medzi jednotlivými vekovými skupinami mužov nie je rovnaké.

Bolo dokázané, že existuje štatisticky signifikantný rozdiel v T-skóre L-chrbtice pomocou Kruskal-Wallisovho testu medzi vekovými kategóriami mužov, ktorého hladina štatistickej významnosti ($p = 0,026$), bola menšia ako $\alpha = 0,05$. T-skóre L-chrbtice medzi jednotlivými skupinami mužov teda nie je rovnaké, preto zamietame **H₀₁₅** a prijímame **H_{A15}**.

Rovnako bol zistený signifikantný rozdiel aj na proximálnom femure a to na hladine štatistickej významnosti ($p = 0,008$), ktorá bola menšia ako $\alpha = 0,01$. Na základe týchto výsledkov môžeme povedať, že T-skóre proximálneho femuru medzi jednotlivými skupinami mužov nie je rovnaké a preto zamietame **H₀₁₆** a prijímame **H_{A16}**.

5.4 Vzťah medzi kostnými minerálnymi parametrami a BMI na bedrovej chrbtici a proximálnom femure u žien

K zisteniu, či existuje vzťah medzi BMI a Total BMD na L-chrbtici a proximálnom femure a vzťah medzi BMI a Total BMC na L-chrbtici a proximálnom femure bol použitý Spearmanov koeficient poradovej korelácie, ktorý je zobrazený v tabuľke 22. Medzi BMI a Total BMD L-chrbtice bola dokázaná stredná korelácia ($r = 0,334$), ktorej hladina významnosti bola vysoko signifikantná ($p = 0,000$). Vzťah medzi BMI a Total BMD proximálneho femuru bol na úrovni vysokej korelácie ($r = 0,525$), ktorý bol taktiež vysoko signifikantný ($p = 0,000$). Závislosť medzi BMI a Total BMC na L-chrbtici bola malá a to na úrovni $r = 0,179$, bola však signifikantne významná na hladine významnosti $p = 0,012$. Vzťah medzi BMI a Total BMC proximálneho femuru bol stredný ($r = 0,479$), bol ale veľmi významný ($p = 0,000$).

Tabuľka 22 Vzťah medzi BMI, BMD (g/cm^2) a BMC (g) na L-chrbtici a proximálnom femure u žien

Premenná	r	p
BMI – BMD L-chrbtica	0,334	0,000**
BMI – BMD prox. femur	0,525	0,000**
BMI – BMC L-chrbtica	0,179	0,012*
BMI – BMC prox. femur	0,479	0,000**

Legenda: r – Spearmanov koeficient poradovej korelácie, p – hladina významnosti ($<0,05$ * - signifikantný rozdiel, $<0,01$ ** - vysoko signifikantný rozdiel), BMI – Body Mass Index, BMD – hustota kostného minerálu, BMC – obsah minerálu v kosti

Overiť môžeme tieto hypotézy:

H₀₁₇: Neexistuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici u žien.

H_A17: Existuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici u žien.

H₀18: Neexistuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na proximálnom femure u žien.

H_A18: Existuje vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na proximálnom femure u žien.

Na základe Spearmanovho koeficientu poradovej korelácie, kedy dosiahnutá hodnota štatistickej významnosti u vzťahu medzi BMI a Total BMD na L-chrbtici ($p = 0,000$) bola menšia ako $\alpha = 0,01$ a u vzťahu medzi BMI a Total BMC na L-chrbtici bola hodnota štatistickej významnosti ($p = 0,012$) nižšia ako hladina významnosti $\alpha = 0,05$, môžeme zamietnuť **H₀17** a prijať **H_A17**. Vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na L-chrbtici u žien teda existuje.

Spearmanovým koeficientom poradovej korelácie bol testovaný aj vzťah medzi BMI, Total BMD a Total BMC na proximálnom femure, kedy hladiny štatistickej významnosti ($p = 0,000$, $p = 0,000$) boli menšie než $\alpha = 0,01$. Podľa týchto zistení zamietame **H₀18** a prijímame **H_A18**. Vzťah medzi BMI, hustotou kostného minerálu a obsahom kostného minerálu na proximálnom femure u žien existuje.

6 DISKUSIA

Táto časť je zameraná na zhodnotenie výsledkov výskumného šetrenia, ktoré bolo zamerané na posúdenie zmeny kostných minerálnych parametrov v závislosti na rastúcom veku u mužov a u žien a tiež na ich vzájomný vzťah, ďalej na zmenu T-skóre v závislosti na veku u mužov a na vzťah medzi Body Mass Indexom (BMI) a kostnými minerálnymi parametrami u žien na L-chrbtici aj proximálnom femure. Zmienené parametre boli zaznamenané pomocou dvoj-energetickej röntgenovej absorpciometrie (DXA) v Nemocnici sv. Cyrila a Metoda v Bratislave, pričom na interpretáciu výsledkov je využívané len Total BMD a Total BMC, a to na L-chrbtici aj proximálnom femure, preto sme sa zamerali len na ich posúdenie.

Výskumu sa zúčastnilo 196 žien a 54 mužov vo veku od 45 do 76 rokov. Dôvodom vyššieho počtu žien je všeobecne známa vyššia miera úbytku kostnej hmoty u ženského pohlavia oproti mužskému pohlaviu hlavne v období menopauzy, preto prichádzali ženy na denzitometrické meranie častejšie. Z tohto dôvodu je vhodné brať ohľad na vyhodnotenie výsledkov u mužov, vzhľadom na veľkosť výskumného súboru ($n = 54$).

Hustota kostného minerálu (BMD) L-chrbtice veľmi významne korelovala s hustotou kostného minerálu (BMD) na proximálnom femure u žien aj u mužov, čo je v súlade so zisteniami Francka a Munza (2000). Následné porovnanie nameranej BMD na lumbálnej chrbtici a na proximálnom femure u žien rozdelených do skupín podľa veku odhalilo, že k signifikantným zmenám so zvyšujúcim sa vekom neprišlo. Avšak na grafe 1 je viditeľné, že BMD na proximálnom femure dosiahlo najnižšiu hodnotu u 65 – 76 ročných žien. To odpovedá zisteniam Masaryka, ktorý skúmal výskyt osteoporózy u žien. Podľa jeho zistení sa začal výskyt osteoporózy na proximálnom femure s narastajúcim vekom rapídne zvyšovať, na L-chrbtici zaznamenal miernejší nárast incidencie osteoporózy (2005). Na L-chrbtici sa hustota kostného minerálu udržiavala približne rovnaká. Je to dané rozdielmi v zložení kosti, ktorá na L-chrbtici obsahuje väčšie množstvo trabekulárnej kosti oproti kortikálnej než proximálny femur. To je dané rozdielom v namáhaní L-chrbtice a proximálneho femuru a inými degeneratívnymi zmenami, ktoré ovplyvňujú meranie stavcov na L-chrbtici, zakrývajúce úbytok trabekulárnej kosti (Berger et al., 2008).

U mužov vykazovalo BMD v závislosti na veku signifikantný rozdiel na L-chrbtici aj proximálnom femure. Najnižšiu hodnotu vykazovali muži vo veku 45 – 55 rokov a to na oboch meraných oblastiach. Na L-chrbtici sa udržiavala hustota kostného minerálu takmer konštantná u 56 – 65 a 66 – 76 ročných mužov, čo súhlasí so zisteniami z tejto štúdie

(Berger et al., 2008). Oproti tomu proximálny femur vykazoval mierny pokles v BMD u 66 – 76 ročných. V tejto vekovej skupine prišlo aj k poklesu BMD na proximálnom femure u žien. Tento úbytok kostnej hmoty u žien a v menšej miere u mužov môže byť relevantný pre zvýšený výskyt zlomenín bedra u starších ľudí (Berger et al., 2008). Pri porovnaní so ženami vykazovalo BMD u mužov vyššie hodnoty. Je to dané väčšími rozmermi mužskej kostry (Rosa et al., 2016).

Pred samotným porovnávaním BMC L-chrbtice a proximálneho femuru u mužov aj u žien v závislosti na veku bolo otestované, či medzi nimi existuje vzťah. Ten bol u oboch pohlaví veľmi vysoko signifikantný. Následné porovnávanie obsahu kostného minerálu (BMC) oboch meraných miest u mužov ukázalo, že BMC sa so zvyšujúcim vekom mení. Z grafu 4 je zjavné, že BMC sa so zvyšujúcim vekom zvyšovalo, pričom najnižšie hodnoty vykazovali muži v skupine 45 – 55 rokov. Podobný priebeh zmeny si je možné všimnúť aj u porovnávaní BMD u mužov. Vysvetliť sa to dá tým, že existuje vzájomný vzťah medzi BMD a BMC, čo dokazujú aj tieto štúdie (Szulc, Delmas, 2007). Avšak táto štúdia nedokazuje, prečo sa BMC na L-chrbtici aj na proximálnom femure so zvyšujúcim vekom zvyšuje. Keďže ale existuje vzťah medzi BMD a BMC, tak by to mohlo byť zapríčinené už vyššie zmieneným rozdielom v zložení L-chrbtice, ktorá obsahuje väčšie množstvo trabekulárnej kosti oproti kortikálnej než proximálny femur, ktorý zasa mohol byť postihnutý inými faktormi ovplyvňujúcich kostnú hustotu (Berger et al., 2008). Hodnotením zmien BMC u žien v dvoch meraných oblastiach (L-chrbtica a proximálny femur) nebol dokázaný žiadny signifikantný rozdiel. Existuje však vzťah medzi BMC a BMD L-chrbtice, aj proximálneho femuru podobne ako u mužov. Graf 3 teda ukazuje, že hladina BMC sa takmer vôbec nezmenila ani na jednej oblasti, podobne ako u pozorovania zmien BMD u žien rôzneho veku. Štúdia (Schönau, 2004) hovorí, že množstvo kostnej hmoty by nemalo súvisieť s vekom, ale s veľkosťou kosti alebo so svalovou funkciou. Veľa výskumníkov sa presúva od množstva kostnej hmoty ku geometrii kosti a jej pevnosti. V súčasnosti prebieha veľa štúdií, či tieto prístupy zvyšujú citlivosť predikcie zlomenín.

Výsledky zisťovania rozdielov v T-skóre na L-chrbtici u mužov troch vekových skupín ukázali, že rozdiel je signifikantný. Najvýraznejší rozdiel bol pozorovaný u 45 – 55 a 66 – 76 ročných mužov. Veľmi podstatný rozdiel existuje aj na proximálnom femure, ktorý bol najviac viditeľný u skupín 45 – 55 a 56 – 65 ročných mužov a medzi 45 – 55 a 66 – 76 ročnými mužmi. Na grafe 5 je potom znázornené porovnanie oboch oblastí.

Môžeme vidieť, že T-skóre bolo najnižšie u 45 – 55 ročných mužov na L-chrbtici aj proximálnom femure, potom sa hodnota v kategórii 56 – 65 rokov zvyšovala, pričom na L-chrbtici aj u 66 – 76 ročných mužov bola zachovaná približne podobná hodnota. Na proximálnom femure bola najvyššia hodnota T-skóre dosiahnutá u skupiny 56 – 65 ročných mužov a potom sa začalo T-skóre opäť znižovať. Celkovo dosahovalo T-skóre proximálneho femuru vyššie hodnoty oproti L-chrbtici. V štúdií (Özkan et al., 2013) sa uvádza, že u žien bolo namerané nižšie T-skóre na L-chrbtici oproti proximálnemu femuru, čo bolo zapríčinené tým, že ženy vykazovali vyššiu hodnotu BMI a tiež mali nižší priemerný vek. V tejto štúdií trpelo až 48,15 % mužov nadváhou a 24,07 % obezitou (Tabuľka 3), preto by sa vyššie T-skóre v oblasti proximálneho femuru dalo týmto vysvetliť. Podľa tohto zistenia by mohla vyššia hodnota BMI zvyšovať kostnú hustotu na proximálnom femure. Taktiež zmeny v grafe 2 u BMD a T-skóre (graf 5) vykazujú podobný trend, to znamená, že by medzi nimi mohol existovať vzťah, čo potvrdzuje táto štúdia (Hariri et al., 2019).

Pri hodnotení vzťahu medzi BMI, BMD a BMC na L-chrbtici a proximálnom femure u žien, bolo zistené že BMI veľmi významne koreluje s BMD na L-chrbtici aj na proximálnom femure. Veľmi významná korelácia bola zaznamenaná aj medzi BMI a BMC na proximálnom femure. Na L-chrbtici bola korelácia malá, ale signifikantná. Podobné výsledky boli zaznamenané v tejto štúdií (Salamat et al., 2013), ktorá taktiež hovorí, že nízke BMI je spojené s nízkym BMD. Mechanizmus, ktorým tuk ovplyvňuje BMD nie je úplne jasný. Greco et al. hovorí, že obezita by sa mohla považovať za zápalový stav, čo naznačuje aj zvýšená hladina C-reaktívneho proteínu, tiež spojená so zvýšenou produkciou prozápalových cytokínov, z ktorých niektoré sú osteoklastogenetické (2010). Môžeme teda povedať, že vyššie BMI zvyšuje kostnú hustotu. Rovnaké zistenia uvádza aj Šramková et al. (2005).

Táto štúdia však má určité limity. Výskumný súbor sa skladal z väčšieho počtu žien (n = 196) ako mužov (n = 54), preto mohlo prísť k ovplyvneniu výsledkov v dôsledku nedostatočného počtu mužov. Táto štúdia sa týkala len respondentov belošskej rasy v rozmedzí 45 až 76 rokov. Z toho dôvodu sa závery tejto štúdie nevzťahujú na iné etnické skupiny. Napriek tomu, že zo súboru boli vyradení pacienti, ktorí užívali antiporotické lieky, nebral sa ohľad na faktory, ktoré mohli skresliť kostnú hustotu, ako aortálne kalcifikácie, degeneratívne ochorenia chrbtice, skolióza, lordóza, osteoartróza a ďalšie. Taktiež sa nebral ohľad na rodinnú anamnézu, životný štýl, ani či sa jednalo o opakované meranie. Silnými stránkami sú prítomnosť ženského aj mužského pohlavia.

Zhrnutie výsledkov tejto štúdie teda dokazuje to, že BMI (Body Mass Index) má určitý vzťah s kostnou hustotou aj obsahom minerálu v kosti a mala by mu byť venovaná pozornosť. Taktiež možno uviesť, že nižší vek nezaručuje vyššiu hladinu kostnej hustoty a naopak pokročilý vek zasa nízku hodnotu kostnej hustoty, preto by sa mali sledovať aj iné faktory, ktoré ovplyvňujú kostnú hustotu a boli by v predikcii osteoporózy viac efektívne, no okrem toho by sa malo myslieť aj na možné ovplyvnenie výsledkov merania rôznymi nežiaducimi faktormi, ktoré môžu kostnú hustotu ovplyvniť.

ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo posúdiť, ako sa menia kostné minerálne parametre s vekom u mužov a u žien, ich vzájomný vzťah a tiež vzťah medzi Body Mass Indexom (BMI) a kostnými minerálnymi parametrami. Toto výskumné šetrenie prebiehalo u 45 – 76 ročných mužov a žien.

Práca má dve časti. Prvá je teoretická, je v nej popísané zloženie a štruktúra kostí, charakterizovaná osteoporóza, jej druhy, prejavy, rizikové faktory vedúce k vzniku osteoporózy: kostná denzita, vek, pohlavie, pády, fraktúry, BMI, fajčenie, alkohol, kostný obrat a iné rizikové faktory a diagnostické metódy, ktoré sú rozdelené na laboratórne a zobrazovacie. Druhú časť tvorí zhromažďovanie údajov o pacientoch, štatistické spracovanie a vyhodnotenie výskumu.

Prostredníctvom výskumnej činnosti bolo zistené, že hustota kostného minerálu (BMD) a obsah minerálu v kosti (BMC) u žien nevykazovali na L-chrbtici ani na proximálnom femure výrazné zmeny s narastajúcim vekom. U mužov však prišlo k signifikantným zmenám pri oboch parametroch, pričom najnižšia hodnota bola pozorovaná u 45 – 55 ročných mužov na oboch oblastiach. BMD aj BMC mali vyššie hodnoty u mužov ako u žien. Testovanie vzťahu medzi BMD a BMC ukázalo, že medzi nimi existuje veľmi významný vzťah a vzájomne sa ovplyvňujú, tak isto, ako BMC L-chrbtice a BMC proximálneho femuru a BMD L-chrbtice a BMD proximálneho femuru, medzi ktorými je tiež významný vzťah.

Ďalej bolo zistené, že rozdiel v T-skóre u mužov v troch vekových kategóriách je významný. T-skóre bolo najnižšie u 45 – 55 ročných mužov na L-chrbtici aj na proximálnom femure, potom sa hodnota zvyšovala. T-skóre proximálneho femuru dosahovalo vyššie hodnoty oproti L-chrbtici.

Zhodnotenie vzťahu medzi BMI, BMD a BMC na L-chrbtici a proximálnom femure u žien ukázalo, že BMI má stredný vzťah s BMD L-chrbtice a veľký vzťah s BMD proximálneho femuru. Oba tieto vzťahy boli veľmi vysoko významné. BMC L-chrbtice bolo v malom vzťahu s BMI, ktorý však bol signifikantný. BMC proximálneho femuru ukázalo stredný vzťah s BMI, ktorý bol na vysoko signifikantnej hladine významnosti.

Výsledky nášho výskumu poukazujú na to, že BMI má určitý vzťah s kostnými minerálnymi parametrami a je potrebné, aby mu bola venovaná pozornosť. Môžeme tiež povedať, že vek nie je spoľahlivým prediktorom nízkej hustoty kostí, ani osteoporotickej zlomeniny, preto by sa v ďalších štúdiách mali sledovať aj iné faktory, ktoré ovplyvňujú

hodnotu hustoty kosti a samozrejme by sme mali brať do úvahy, že výsledky merania sú ovplyvňované rôznymi nežiaducimi faktormi a ich výskyt čo najviac eliminovať.

Osobným prínosom tejto diplomovej práce je rozšírenie poznatkov o osteoporóze a jej možnostiach diagnostiky pomocou zobrazovacích metód, ktoré sú pre mňa ako rádiologického asistenta dôležité.

REFERENČNÝ ZOZNAM

1. BANDIRALI M., DI LEO G., PAPINI E. D. G., MESSINA C., SCONFIENZA M. L., ULIVIERI M. F., SARDANELLI F. A new diagnostic score to detect osteoporosis in patients undergoing lumbar spine MRI. *European Radiology*. [online]. 2015, 25(10), 2951-2959 s. [cit. 2022-2-10]. ISSN 1613-3749. DOI: 10.1007/s00330-015-3699-y
2. BARTL C., BARTL R. *Bone Disorders*. Springer International Publishing. [online]. 2017, 602 s. [cit. 2021-21-11] ISBN 978-3-319-29182-6 DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29182-6>
3. BARTL R., FRISCH B. *Osteoporosis: Diagnosis, prevention, therapy*. New York: Springer. [online]. 2009, 321 s. [cit. 2022-1-14] ISBN 978-3-540-79527-8. DOI: 10.1007/978-3-540-79527-8
4. BENČEKOVÁ A. Rizikové faktory a prevencia osteoporózy. *Ošetrovateľský obzor*. 2011, 3(4), 65-68 s. ISSN 1336-5606
5. BENEŠOVÁ E. Osteoporóza- onemocnění kostí. *Ošetrovateľská péče: Odborný časopis zdravotníckých pracovníků v sociálních službách*. 2011, 5, 16-18 s. ISSN 2336-1603
6. BERGER C., LANGSETMO L., JOSEPH L., HANLEY A. D., DAVISON S. K., JOSSE R., KREIGER N., TENENHOUSE A., GOLTZMAN D. Change in bone mineral density as a function of age in women and men and association with the use of antiresorptive agents. *CMAJ*. [online]. 2008, 178(13), 1660-1668 s. [cit. 2022-5-2]. ISSN 1488-2329. DOI: 10.1503/cmaj.071416
7. BLAKE M. G., FOGELMAN I. The role of DXA bone density scans in the diagnosis and treatment of osteoporosis. *Postgrad Med J*. [online]. 2007, 83(982), 509-517 s. [cit. 2022-6-29]. ISSN 1469-0756. DOI: <https://doi.org/10.1136/pgmj.2007.057505>
8. BONNICK L. S. *Bone Densitometry in Clinical Practice*. Humana Press. [online]. 2010, 505 s. [cit. 2022-1-15] ISBN 978-1-60327-499-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-499-9>
9. CANNARELLA R., BARBAGALLO F., CONDORELLI A. R., AVERSA A., VIGNERA L. S., CALOGERO E. A. Osteoporosis from an Endocrine Perspective: The Role of Hormonal Changes in the Elderly. *J. Clin. Med*. [online]. 2019, 8(10), 1564 s. [cit. 2021-12-16]. ISSN 2077-0383. DOI: 10.3390/jcm8101564

10. CAULEY A. J., NELSON A. D. Chapter 19-Race, ethnicity, and osteoporosis. Academic Press. [online]. 2021, 1, 453-475 s. [cit. 2022-6-17]. ISBN 978-0-12-813073-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813073-5.00019-8>
11. CLARKE B. Normal Bone Anatomy and Physiology. Clinical Journal of the American Society of Nephrology [online]. 2008, 3(3), 131-139 s. [cit. 2022-3-4]. ISSN 1555-905X. DOI: <https://doi.org/10.2215/CJN.04151206>
12. CLOSE T. C. J., LORD L. S., MENZ B. H., SHERRINGTON C. What is role of falls. Best Pract Res Clin Rheumatol. [online]. 2005, 19(6), 913-935 s. [cit. 2022-3-6]. ISSN 1532-1770. DOI: [10.1016/j.berh.2005.06.002](https://doi.org/10.1016/j.berh.2005.06.002)
13. CLYNES A. M., HARVEY C. N., CURTIS M. E., FUGGLE R. N., DENNISON M. E., COOPER C. The epidemiology of osteoporosis. Br Med Bull. [online]. 2020, 133(1), 105-117 s. [cit. 2022-6-29]. ISSN 1471-8391. DOI: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldaa005>
14. Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. The American Journal of Medicine. [online]. 1993, 94(6), 646-650 s. [cit. 2022-5-6]. ISSN 1555-7162. DOI: [10.1016/0002-9343\(93\)90218-e](https://doi.org/10.1016/0002-9343(93)90218-e).
15. CRABTREE J. N., LEONARD B. M., ZEMEL S. B. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. Humana Press. [online]. 2007, 41-57 s. [cit. 2022-3-4]. ISBN 978-1-59745-211-3. DOI: [10.1007/978-1-59745-211-3_3](https://doi.org/10.1007/978-1-59745-211-3_3)
16. ČIHÁK R. Anatomie 1. Praha, Grada, 2001. 516 s. ISBN 978-80-7169-970-5
17. DOROUDINIA A., COLLETTI P. Bone Mineral Measurements. Clinical Nuclear Medicine. [online]. 2015, 40(8), 647-657 s. [cit. 2022-6-20]. ISSN 1536-0229. DOI: [10.1097/RLU.0000000000000860](https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000000860)
18. DRAKE T. M. Osteoporosis and Cancer. Current Osteoporosis Reports. [online]. 2013, 11(3), 163-170 s. [cit. 2021-12-28]. ISSN 1544-2241. DOI: [10.1007/s11914-013-0154-3](https://doi.org/10.1007/s11914-013-0154-3)
19. DYLEVSKÝ I. Funkční anatomie. 1. vydání. Praha, Grada Publishing a.s., 2009. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4
20. DŽUPA V. JENŠOVSKÝ J. Diagnostika a léčba osteoporózy a dalších onemocnění skeletu. Praha, Karolinum, 2018. 230 s. ISBN 978-80-246-3761-9
21. EASTELL R., SZULC P. Use of bone turnover markers in postmenopausal osteoporosis. Lancet Diabetes Endocrinol. [online]. 2017, 5(11), 908-923 s. [cit. 2022-6-19]. ISSN 2213-8587. DOI: [10.1016/S2213-8587\(17\)30184-5](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30184-5)

22. EBELING R. P. Osteoporosis in men. *Current Opinion in Rheumatology*. [online]. 2013, 25(4), 542-552 s. [cit. 2022-9-6]. ISSN 1531-6963. DOI: 10.1097/BOR.0b013e328362164d
23. EBELING R. P. Androgens and osteoporosis. *Current Opinion in Rheumatology*. [online]. 2010, 17(3), 284-292. [cit. 2022-9-6]. ISSN 1531-6963. DOI: 10.1097/MED.0b013e328339658c
24. FRANCK H., MUNZ M. Total body and regional bone mineral densitometry (BMD) and soft tissue measurements: correlations of BMD parameter to lumbar spine and hip. *Calcified Tissue International*. [online]. 2000, 67, 111-115 s. [cit. 2022-5-3]. ISSN 1432-0827. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00223001124>
25. GRECO E. A., FORNARI R., ROSSI F., SANTIEMMA V., PROSSOMARITI G., ANNOSCIA C., AVERSA A., BRAMA M., MARINI M., DONINI M. L., SPERA G., LENZI A., LUBRANO C., MIGLIACCIO S. Is obesity protective for osteoporosis? Evaluation of bone mineral density in individuals with high body mass index. *The International Journal of Clinical Practice*. [online]. 2010, 64(6), 817-820 s. [cit. 2022-5-1]. ISSN 1742-1241. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2009.02301.x>
26. HANÁK R. *Dátová analýza pre sociálne vedy*. Bratislava, Ekonóm, 2016. 149 s. ISBN 978-80-225-4345-3
27. HARIRI F. A., ATMATRAFI N. M., ZAMKA B. A., BABAKER S. A., FALLATAH M. T., ALTHOUWAIBI H. O., HAMDI S. A. Relationship between Body Mass Index and T-Scores of Bone Mineral Density in the Hip and Spine Regions among Older Adults with Diabetes: A Retrospective Review. *J Obes*. [online]. 2019, 9827403, 6 s. [cit. 2022-5-1]. ISSN 2090-0716. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9827403>
28. HULÍN I. et al. *Patofyziológia a klinická fyziológia* (1. vydanie). Bratislava, SAP, 2005. 593 s. ISBN: 80-89104-66-5
29. CHOU H. S., LEBOFF S. M. Vertebral Imaging in the Diagnosis of Osteoporosis: a Clinician's Perspective. *Current Osteoporosis Reports*. [online]. 2017, 15(6), 509-520 s. [cit. 2022-2-10]. ISSN 1544-2241. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11914-017-0404-x>
30. JI X. M., YU Q. Primary osteoporosis in postmenopausal women. *Chronic Dis Transl Med*. [online]. 2015, 1(1), 9-13 s. [cit. 2022-6-6]. ISSN 2589-0514. DOI: 10.1016/j.cdtm.2015.02.006

31. KANIS A. J., HANS D., COOPER C., BAIM S., BILEZIKIAN P. J., BINKLEY N., CAULEY A. J., COMPSTON E. J., DAWSON-HUGHES B., FULEIHAN H. E. G., JOHANSSON H., LESLIE D. W., LEWIECKI M. E., LUCKEY M., ODEN A., PAPAPOULOS E. S., POIANA C., RIZZOLI R., WAHL A. D., MCCLOSKEY V. E. Interpretation and use of FRAX in clinical practice. *Osteoporosis International*. [online]. 2011, 22, 2395-2411 s. [cit. 2022-6-4]. ISSN 1433-2965. DOI: 10.1007/s00198-011-1713-z
32. KANIS A. J., JOHANSSON H., ODEN A., JOHNELL O., LAET D. C., EISMAN A. J., MCCLOSKEY V. E., MELLSTROM D., MELTON J. L., POLS P. A. H., REEVE J., SILMAN J. A., TENENHOUSE A. A family history of fracture and fracture risk: a meta-analysis. *Bone*. [online]. 2004, 35(5), 1029-1037 s. [cit. 2022-6-5]. ISSN 8756-3282. DOI: 10.1016/j.bone.2004.06.017.
33. KANIS A. J., JOHANSSON H., JOHNELL O., ODEN A., LAET D. C., EISMAN A. J., POLS H., TENENHOUSE A. Alcohol intake as a risk factor for fracture. *Osteoporosis International*. [online]. 2005, 16(7), 737-742 s. [cit. 2022-12-6]. ISSN 1433-2965. DOI: 10.1007/s00198-004-1734-y.
34. KANIS A. J., JOHNELL O., ODEN A., JOHANSSON H., LAET D. C., EISMAN A. J., FUJIWARA S., KROGER H., MCCLOSKEY V. E., MELLSTROM D., MELTON J. L., POLS H., REEVE J., SILMAN A., TENENHOUSE A. Smoking and fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporosis International*. [online]. 2005, 16(2), 155-162 s. [cit. 2022-1-6]. ISSN 1433-2965. DOI: 10.1007/s00198-004-1640-3.
35. KENDLER L. D., BORGES C. L. J., FIELDING A. R., ITABASHI A., KRUEGER D., MULLIGAN K., CAMARGOS M. B., SABOWITZ B., WU H. C., YU W. E., SHEPHERD J. The Official Position of the International Society for Clinical Densitometry: Indications of Use and Reporting of DXA for Body Composition. *Journal of Clinical Densitometry*. [online]. 2013, 16(4), 496-507 s. [cit. 2022-10-6]. ISSN 1559-0747. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.08.020>
36. KILLINGER Z., LALCIKOVÁ E., PAYER J. Diagnostika osteoporózy. *Via Practica*. [online]. 2013, 10(3-4), 92-94 s. [cit. 2022-7-6]. ISSN 1339-424X. Dostupné z: <https://www.solen.sk/storage/file/article/f8a7606c9903e79cbf99ae5e32ca1812.pdf>
37. KILLINGER Z., PAYER J., BAQI L., HRÚZIKOVÁ P. Diagnostika Osteoporózy. *Via Practica*. [online]. 2005, 2(11), 442-445 s. [cit. 2021-12-5]. ISSN 1339-424X. Dostupné z: <https://www.solen.sk/casopisy/via-practica/diagnostika-osteoporoz>

38. KILLINGER Z., PAYER J., TOMKOVÁ S., MASARYK P. Meranie kostnej denzity a jej interpretácia v praxi osteologických ambulancií SR – audit osteologických pracovísk. *Osteologický bulletin*. [online]. 2008, 3(13), 114-119 s. [cit. 2022-6-26]. ISSN 1211-3778. Dostupné z: https://smos.cz/wp-content/uploads/2019/11/osteologicky_bulletin_2008_03.pdf
39. KUČEROVÁ I. Diagnostika a léčba osteoporózy. *Kardiol Rev Int Med*. [online]. 2014, 16(5), 402-409 s. [cit. 2022-1-3]. ISSN 2336-2898. Dostupné z: <https://kramercitius.medvik.cz/search/pdf/web/viewer.html?pid=uuid:ba6ce0e4-e88d-4ce7-b49f-5221341fff5c>
40. KUŽMA M., JACKULIAK P., KILLINGER Z., PAYER J. Vyšetrovacie metódy v osteológii. Univerzita Komenského v Bratislave, 2018. 90 s. ISBN 978-80-223-4520-0
41. LAET D. C., KANIS A. J., ODÉN A., JOHANSON H., JOHNNELL O., DELMAS P., EISMAN A. J., KROGER H., FUJIWARA S., GARNERO P., MCCLOSKEY V. E., MELLSTROM D., MELTON J. L., MEUNIER J. P., POLS P. A. H., REEVE J., SILMAN A., TENENHOUSE A. Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporosis International*. [online]. 2005, 16(11), 1330-1338 s. [cit. 2022-5-15]. ISSN 1433-2965. DOI: 10.1007/s00198-005-1863-y.
42. LAZÁROVÁ K. Genetické predispozície k osteoporóze. *Posterus*. [online]. 2012, 5(6), 6 s. [cit. 2022-11-6]. ISSN 1338-0087. Dostupné z: <https://www.posterus.sk/?p=13166&output=pdf>
43. LEWIECKI M. E. Osteoporosis: Clinical Evaluation. Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., editors. *Endotext*. [online]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-, last modif. 7 júna 2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279049/#osteoporosisclinnic.DIAGNOSIS_OF_OSTEOPO
44. LIPS P., SCHOOR V. M. N. The effect of vitamin D on bone and osteoporosis. *Best Pract Res Clin Endocrin Metab*. [online]. 2011, 25(4), 585-591 s. [cit. 2022-5-4]. ISSN 1878-1594. DOI: 10.1016/j.beem.2011.05.002
45. LÜLLMAN-RAUCH R. Histologie. Praha, Grada, 2012. 556 s. ISBN 978-80-247-3729-4
46. MAGHRAOUI E. A., ROUX C. DXA scanning in clinical practice. *QJM: An International Journal of Medicine*. [online]. 2008, 101(8), 605-617 s. [cit. 2022-3-27]. ISSN 1460-2393. DOI: <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcn022>

47. MASARYK P. Epidemiológia osteoporózy. Viac Practica. [online]. 2005, 2(11), 439-441 s. [cit. 2022-6-26]. ISSN 1336-4790. Dostupné z: <https://www.solen.sk/storage/file/article/Masaryk.pdf>
48. MASARYKOVÁ L., FULMEKOVÁ M., LEHOCKÁ Ľ., ĎURDÍK T. Osteoporóza a kvalita života. Praktické lekárnictvo. [online]. 2014, 4(4), 98-102. [cit. 2021-23-11]. ISSN 1339-4185. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/271832543_Osteoporosis_and_quality_of_life
49. MCCOLLOUGH H. C., SCHUELER A. B., ATWELL D. T., BRAUN N. N., REGNER M. D., BROWN L. D., LEROY J. A. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? Radiographics. [online]. 2007, 27(4), 909-917 s. [cit. 2022-10-6]. ISSN 1527-1323. DOI: 10.1148/rg.274065149
50. MIRZA F., CANALIS E. Secondary osteoporosis: Pathophysiology and Management. Eur J endocrinol. [online]. 2015, 173(3), 131-151 s. [cit. 2022-11-6]. ISSN 0804-4643. DOI: 10.1530/EJE-15-0118
51. MORRIS A. H., EASTELL R., JORGENSEN R. N., CAVALIER E., VASIKARAN S., CHUBB P. A. S., KANIS A. J., COOPER C., MAKRIS K., WG-BMA. Clinical usefulness of bone turnover marker concentrations in osteoporosis. Clinica Chimica Acta. [online]. 2017, 467, 34-41 s. [cit. 2022-6-6]. ISSN 0009-8981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2016.06.036>
52. OEI L., KOROMANI F., RIVADENEIRA F., ZILLIKENS C. M., OEI G. H. E. Quantitative imaging methods in osteoporosis. Quant Imaging Med Surg. [online]. 2016, 6(6), 680-698 s. [cit. 2022-12-6]. ISSN 2223-4306. DOI: 10.21037/qims.2016.12.13
53. OKA R., OHIRA M., SUZUKI S., YOSHIDA T., KOIDE H., TANAKA T., TATSUNO I. Fracture risk assessment tool (FRAX) and for the diagnosis of osteoporosis in Japanese middle-aged and elderly women: Chiba bone survey. Endocrine Journal. [online]. 2018, 65(2), 193-202 s. [cit. 2021-11-23]. ISSN 1348-4540. DOI: <https://doi.org/10.1507/endocrj.EJ17-0331>
54. ÖZKAN O., ÖZTÜRK S., KARADAĞ S., GÜRSU M., SUMNU A., CEBECİ E., SEVİM Y., UZUN S., AYDIN Z., KAZANCIOĞ R. The Factors Effective on Bone Mineral Density in Peritoneal Dialysis Patients. European Journal of General Medicine. [online]. 2013, 10(4), 219-225 s. [cit. 2022-5-2]. ISSN 1304-3897. DOI: 10.29333/ejgm/82214

55. PANDAY K., GONA A., HUMPHREY B. M. Medication-induced osteoporosis: screening and treatment strategies. *Ther Adv Musculoskelet Dis.* [online]. 2014, 6(5), 185-202 s. [cit. 2021-12-28]. ISSN 1759-7218. DOI: 10.1177/1759720X14546350
56. PAYER J., KILLINGER Z., JACKULIAK P., KUŽMA M. Postmenopauzálna osteoporóza: štandardný diagnostický a terapeutický postup. *Clinical Osteology.* [online]. 2018, 23(1), 18–27 s. [cit. 2021-10-11]. ISSN 2571-1326. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/clinical-osteology/2018-1-21/postmenopauzalna-osteoporoz-a-standardny-diagnosticky-a-terapeuticky-postup-107079/download?hl=cs>
57. Report of a WHO Consultation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO technical report series. [online]. 1999, 894 s. [cit. 2022-6-7]. ISSN 0512-3054. Dostupné z: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
58. PIETSCHMANN P., RAUNER M., SIPOS W., KERSCHAN-SCHINDL K. Osteoporosis: an age-related and gender-specific disease-a mini-review. *Gerontology.* [online]. 2009, 55(1), 3-12 s. [cit. 2022-6-29]. ISSN 1423-0003. DOI: <https://doi.org/10.1159/000166209>
59. ROSA J., BLAHOŠ J., BAYER M., BROULÍK P., HORÁK P., KASALICKÝ P., KUČEROVÁ I., KUBA V., KUTÍLEK Š., PALIČKA V., PIKNER R., ŠENK F., VYSKOČIL V. Osteoporóza u mužů: Stanovisko Společnosti pro metabolická onemocnění skeletu České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (SSMOS ČLS JEP). *Osteologický bulletin.* [online]. 2016, 21(2), 42-48 s. [cit. 2022-6-26]. ISSN 1211-3778. Dostupné z: https://smos.cz/wp-content/uploads/2019/12/dp_osteoporoz-a-u-muzu-2016.pdf
60. ROSA J., ŠENK F., PALIČKA V., BLAHOŠ J., BAYER M., BROULÍK P., HORÁK P., KASALICKÝ P., KUČEROVÁ I., KUBA V., KUTÍLEK Š., PIKNER R., VYSKOČIL V. Diagnostika a léčba postmenopauzální osteoporózy. *Osteologický bulletin.* [online]. 2015, 4(20), 137-168 s. [cit. 2022-9-6]. ISSN 1211-3778. Dostupné z: https://smos.cz/wpcontent/uploads/2019/11/osteologicky_bulletin_2015_04.pdf
61. SALAMAT R. M., SALAMAT H. A., ABEDI I., JANGHORBANI M. Relationship between Weight, Body Mass Index, and Bone Mineral Density in Men Referred for Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Scan in Isfahan, Iran. *Journal of*

- Osteoporosis. [online]. 2013, 205963, 7 s. [cit. 2022-5-1]. ISSN 2090-8059. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/205963>
62. SCHÖNAU E. The peak bone mass concept: is it still relevant? *Pediatr Nephrol.* [online]. 2004, 19, 825-831 s. [cit. 2022-5-3]. ISSN 1432-198X. DOI: 10.1007/s00467-004-1465-5
 63. ŠRAMKOVÁ K., BITTER K., LUKÁČOVÁ O. Pohybová aktivita, znehybnenie, podiel telesného tuku a kostná denzita u žien. Telesná výchova a šport na univerzitách v ponímaní študentov ako objektu edukácie. [online]. 2005, 214-219 s. [cit. 2022-6-26]. ISBN 80-8069-602-0. Dostupné z: http://www.slpk.sk/eldo/2006/012_06/43.pdf
 64. SÖZEN T., ÖZISIK L., BASARAN Ç. N. An overview and management of osteoporosis. *Eur J Rheumatol.* [online]. 2017, 4(1), 46-56 s. [cit. 2022-6-29]. ISSN 2148-4279. DOI: 10.5152/eurjrheum.2016.048.
 65. SZULC P., BAUER C. D., EASTELL R. Chapter 65-Biochemical markers of bone turnover in osteoporosis. Academic Press. [online]. 2021, 2, 1545-1588 s. [cit. 2022-13-5]. ISBN 978-0-12-813073-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813073-5.00065-4>
 66. SZULC P., DELMAS D. P. Bone loss in elderly men: increased endosteal bone loss and stable periosteal apposition. The prospective MINOS study. *Osteoporosis International.* [online]. 2007, 18, 495-503. [cit. 2022-5-2]. ISSN 1433-2965. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0254-3>
 67. ŠTEŇOVÁ E., ŠTEŇO B., BAQI L. Možnosti prevencie a liečby primárnej osteoporózy v ambulancii lekára prvého kontaktu. *Ambulantná terapia.* [online]. 2008, 6(1), 19-22 s. [cit. 2022-6-26]. ISSN 1336-6750. Dostupné z: <https://www.solen.sk/storage/file/article/cd49449d427a2b1b1d73d9511a7f035d.pdf>
 68. ŠTĚPÁN J. Osteoporóza a kvalita kostní hmoty. *Vnitř. Lék.* [online]. 2018, 64(2), 197–208 s. [cit. 2021-24-11]. ISSN 1801-7592. DOI: 10.36290/vnl.2018.029
 69. VOORT D. V. J. D., GEUSENS P. P., DINANT J. G. Risk factors for osteoporosis related to their outcome: fractures. *Osteoporos Int.* [online]. 2001, 12(8), 630-638 s. [cit. 2022-6-29]. ISSN 1433-2965. DOI: 10.1007/s001980170062.
 70. ZHAO J. L., JIANG H., PAPASIAN J. CH., MAULIK D., DREES B., HAMILTON J., DENG W. H. Correlation of Obesity and Osteoporosis: Effect of Fat Mass on the Determination of Osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral*

Research. [online]. 2009, 23(1), 17-29 s. [cit. 2022-29-6]. ISSN 1523-4681. DOI: <https://doi.org/10.1359%2FJBMR.070813>

71. ZHOU X., FUJITA H., ONOZUKA M., KUBO Y. K. Age-Related Changes in Trabecular and Cortical Bone Microstructure. International Journal of Endocrinology. [online]. 2013, 213234, 9 s. [cit. 2022-5-6]. ISSN 1687-8345. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/213234>

ZOZNAM SKRATIEK

ALP	Alkalická fosfatáza
AP	Predo-zadná projekcia
BMD	Hustota kostného minerálu
BMC	Obsah minerálu v kosti
BMI	Body Mass Index
BUA	Trmenie zvuku pri prechode kosťou
CTX	C-terminálny telopeptidový fragment kolagénu typ I.
DEQCT	Dvoj-energetická kvantitatívna počítačová tomografia
DWI	Difúzne vážené zobrazenie
DXA	Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria
ESCEO	Európska spoločnosť pre klinické a ekonomické aspekty osteoporózy, osteoartrózy a ochorení pohybového aparátu
FDA	Úrad pre potraviny a liečivá
FRAX	Fracture Risk Assessment Tool
IFCC	Medzinárodná federácia klinickej chémie a laboratórnej medicíny
IGF1	Inzulínu podobný rastový faktor 1
IOF	Medzinárodná nadácia pre osteoporózu
ISCD	Medzinárodná spoločnosť pre klinickú denzitometriu
L1	Prvý driekový stavec
L3	Tretí driekový stavec
L4	Štvrtý driekový stavec
LSC	Najmenej významná zmena
MRI	Magnetická rezonancia
NIS	Nemocničný informačný systém
NTX	N-terminálny telopeptidový fragment kolagénu typ I.
PICP	C-terminálny propeptid prokolagénu typu I
PINP	N-terminálny propeptid prokolagénu typu I
PMB	Peak bone mass
pQCT	Periférna kvantitatívna počítačová tomografia
QCT	Kvantitatívna počítačová tomografia
QUI	Kvantitatívny ultrazvukový index
QUS	Kvantitatívny ultrazvuk

ROI	Oblasť záujmu
RANKL	Receptorový aktivátor jadrového faktora kappa-B ligandu
RTG	Röntgenové vyšetrenie
SEQCT	Jedno-energetická kvantitatívna počítačová tomografia
SD	Smerodajná odchýlka
SOS	Rýchlosť šírenia zvuku v kosti
TH12	Dvanásty hrudný stavec
TSH	Hormón stimulujúci štítnu žľazu
WHO	Svetová zdravotnícka organizácia

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1. <i>Dvoj-energetická röntgenová absorpciometria</i>	34
Obrázok 2. <i>Ukážka vyšetrenia L-chrbtice.....</i>	47
Obrázok 3. <i>Ukážka vyšetrenia proximálneho femuru.....</i>	48

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 <i>WHO klasifikácia osteoporózy (Šteňová et al., 2008)</i>	39
Tabuľka 2 <i>Rozdelenie mužov a žien do vekových kategórií</i>	46
Tabuľka 3 <i>Rozdelenie mužov a žien do kategórií BMI podľa WHO</i>	46
Tabuľka 4 <i>Klasifikácia BMI podľa WHO (Report of a WHO consultation, 1999), upravené</i>	48
Tabuľka 5 <i>Interpretácia hodnôt korelačného koeficientu (Hanák, 2016)</i>	50
Tabuľka 6 <i>Total BMD (g/cm²) na L-chrbtici u žien</i>	51
Tabuľka 7 <i>Total BMD (g/cm²) na proximálnom femure u žien</i>	52
Tabuľka 8 <i>Total BMD (g/cm²) na L-chrbtici u mužov</i>	53
Tabuľka 9 <i>Total BMD (g/cm²) na proximálnom femure u mužov</i>	54
Tabuľka 10 <i>Total BMC (g) L-chrbtice u žien</i>	55
Tabuľka 11 <i>Total BMC (g) proximálneho femuru u žien</i>	55
Tabuľka 12 <i>Total BMC (g) L-chrbtice u mužov</i>	57
Tabuľka 13 <i>Total BMC (g) proximálneho femuru u mužov</i>	57
Tabuľka 14 <i>Vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u žien</i>	59
Tabuľka 15 <i>Vzťah medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru u žien</i>	60
Tabuľka 16 <i>Vzťah medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru u žien</i>	60
Tabuľka 17 <i>Vzťah medzi Total BMD L-chrbtice a Total BMD proximálneho femuru u mužov</i>	61
Tabuľka 18 <i>Vzťah medzi Total BMC L-chrbtice a Total BMC proximálneho femuru u mužov</i>	62
Tabuľka 19 <i>Vzťah medzi Total BMC a Total BMD L-chrbtice a proximálneho femuru u mužov</i>	62
Tabuľka 20 <i>T-skóre na L-chrbtici u mužov</i>	63
Tabuľka 21 <i>T-skóre na proximálnom femure u mužov</i>	64
Tabuľka 22 <i>Vzťah medzi BMI, BMD (g/cm²) a BMC (g) na L-chrbtici a proximálnom femure u žien</i>	65

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1. <i>Total BMD (g/cm²) na L-chrbtici a proximálnom femure u žien</i>	52
Graf 2. <i>Total BMD (g/cm²) na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov.....</i>	54
Graf 3. <i>Total BMC (g) L-chrbtice a proximálneho femuru u žien</i>	56
Graf 4. <i>Total BMC (g) na L-chrbtici a proximálnom femure u mužov</i>	58
Graf 5. <i>T-skóre L-chrbtice a proximálneho femuru u mužov</i>	64

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1 Súhlasné stanovisko etickej komisie Univerzitnej nemocnice s poliklinikou v Bratislave	88
---	----

Prílohy

Príloha 1 Súhlasné stanovisko etickej komisie Univerzitetnej nemocnice s poliklinikou v Bratislave



Etická komisia Univerzitetnej nemocnice s poliklinikou Bratislava
Nemocnica sv. Cyrila a Metoda, Antolská 11 851 07 Bratislava

ROZHODNUTIE ETICKEJ KOMISIE

Bc. Adam Jureňa
Jurigova 1494
908 45 Gbely

Vec : Súhlas s vykonaním výskumu k diplomovej práci.

Názov diplomovej práce : Diagnostika osteoporózy s využitím zobrazovacích metód.

- študent magisterského štúdia Univerzita Palackého v Olomouci, fakulta zdravotníckych
vied, štúdiálny odbor : Zobrazovacie technológie v rádiodiagnostike

Pracovisko v ktorom bude realizovaná výskumná časť diplomovej práce :

UNB, Nemocnica sv. Cyrila a Metoda, Antolská 11, Bratislava , Fyziatricko-rehabilitačné
oddelenie.

- Do súboru bude zaradených 250 pacientov vo veku 40 - 75 rokov

- zber dát bude prebiehať za obdobie 2019 -2021, forma analýzy dokumentácie.

Všetky dáta budú anonymné a spracované štatistickým programom SPSS.

Prílohy : Súhlas s poskytnutím údajov k výskumu v diplomovej práci –

- MUDr. Eva Kmetová, primárka Fyziatricko-rehabilitačného oddelenia

Etická komisia na svojom zasadnutí dňa **24. júna 2021** posúdila a

schválila

realizáciu výskumu potrebného k písaniu diplomovej práce .

Etická komisia je zložená a pracuje podľa požiadaviek ICH GCP a príslušných právnych
noriem.

Bratislava, 24. júna 2021

ETICKÁ KOMISIA
UNB, Nemocnica sv. Cyrila a Metoda
MUDr. Stefan Šimko, CSc.
predseda etickej komisie



Prezenčná listina

Etická komisia v zložení Ethics Committee Members	Prítomní Present at Approval	Hlasoval Voting	Nehlasoval Not Voting
1. Štefan Šimko, MUDr. CSc. foniater, predseda EK		☐	☐
2. Ján Chabada, doc. MUDr. CSc., gynekológ, člen		☒	☐
3. Vojtech Parrák, MUDr., člen		☒	☐
4. Milan Profant, prof. MUDr., CSc., člen, ORL		☒	☐
5. Peter Pont'uch, prof. MUDr., CSc., člen, internista		☒	☐
6. Marián Pátek, MUDr., MPH, člen, internista		☒	☐
7. JUDr. Barbora Miklušová, člen, právnik		☒	☐
8. Martin Mistrík, doc. MUDr. PhD., člen, internista		☒	☐
9. Mgr. Andrea Bundzelová, člen, farmaceut		☒	☐
10. Peter Zvonček, člen, zástupca pacientov		☒	☐
11. Mgr. Alžbeta Moravčíková, vedúca asist., tajomník EK		☒	☐

Dátum: 24. jún 2021

ETICKÁ KOMISIA
UNB, Nemocnica sv. Cyrila a Metoda
Antolská 11, 851 07 Bratislava 57