



TARTU ÜLIKOOL
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Maari Allikmäe

**Osteoporoosi ennetamine ja ravi erinevate
kehaliste harjutuste abil**

Osteoporosis: prevention and treatment by different physical exercises

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Natalja Golõšina, MSC

Tartu 2015

Sisukord

SISSEJUHATUS	3
1 LUUD	4
1.1 Luude koostis ja ehitus	4
1.2 Luu kasvamine e osteogenees	6
1.3 Luu modelleerimine ja remodelleerimine	6
1.4 Hormoonide roll luude remodelleerimises	7
2 OSTEOPOROOS	8
2.1 Osteoporoosi ennetamine	9
2.1.1 Kaltsium ja D-vitamiin	10
2.1.2 Alkohol	10
2.1.3 Suitsetamine	10
2.1.4 Kehamassiindeks	10
2.1.5 Kehaline aktiivsus	11
2.2 Osteoporoosi sümptomid	11
2.3 Osteoporoosi diagnoosimine	11
2.4 Osteoporoosi medikamentoosne ravi	12
3 OSTEOPOROOS JA KEHALISED HARJUTUSED	13
3.1 Luu mõjutamine läbi füüsilise aktiivsuse	13
3.2 Osteoporoosi ennetamine lapse- ja noorukieas kehaliste harjutustega	14
3.3 Osteoporoosist tingitud luutiheduse languse peatamine ja parandamine kehaliste harjutustega	16
3.3.1 Löögilise iseloomuga treening (<i>impact exercises</i>)	16
3.3.2 Jõutreening	17
3.3.3 Aeroobne treening	18
3.3.4 Harjutused vees	18
3.4 Osteoporoosist tingitud kukkumiste ennetamine kehaliste harjutustega	18
KOKKUVÕTE	21
KASUTATUD KIRJANDUS:	22
SUMMARY	26

SISSEJUHATUS

Osteoporoos on luude hõrenemise haigus, mis mõjutab maailmas miljoneid inimesi. Seda peetakse vaikseks haiguseks, sest enamjaolt ei ole inimesed enne teadlikud oma haigusest, kui tekib luumurd. Osteoporoos ongi kõige levinum põhjus vanemate inimeste luumurdude tekkeks. Peamiselt tekivad murrud puusas, lülisambas ja randmes. Murrud puusa piirkonnas on ohtlikud ja umbes üks viiest patsiendist sureb murru komplikatsioonidesse ja paljude elukvaliteet langeb peale murdu märgatavalt.

Osteoporoos on enamjaolt vananemisega seotud haigus, mis mõjutab nii mehi kui ka naisi. Põhiliselt põevad seda postmenopausis naised, kellel on luude hõrenemine seotud östrogeeni vähenemisega kehas. Luumassi vähenemist mõjutavad paljud faktorid: hormoonide vähenemine, vajalike toitainete vähesus, vähenenud kehaline aktiivsus, haigused ja erinevad ravimid. Kaheks peamiseks osteoporoosi kujunemise põhjuseks peetakse siiski nooruses saavutatud tippluumassi ja naistel menopausi.

On palju uuritud, kas ja kuidas mõjutavad kehalised harjutused osteoporoosi kujunemist. Antud töö eesmärgiks on anda ülevaade, kuidas mõjub füüsiline aktiivsus luule ja kas ja millistest treeningviisidest on abi osteoporoosi ennetamiseks ja raviks.

Märksõnad: Osteoporoos, kehalised harjutused, luutihedus.

Key words: Osteoporosis, physical exercises, bone density.

1 LUUD

Skelett on inimesele suure tähtsusega: see tagab struktuuri ja liikumise ning seal on suur mineraalainetevaru (Walsh, 2015), kaitseb elutähtsaid siseorganeid, tagab happesuse tasakaalu kehas ning seal toimub vereloome (Clarke, 2008). Inimese skeletis on üle 200 luu – iga luu on pidevas muutumises, et kohanduda erinevate biomehaaniliste jõududega ning et eemaldada vana kahjustatud luu ja asendada see uue tugevama luuga, et tagada luu jätkuv tugevus (Clarke, 2008).

Luud saab jagada nelja kategooriasse (Clarke, 2008) :

1. pikad luud ehk toruluud (nt õlavarreluud);
2. lühikesed luud (nt põlvekedrad);
3. lamedad luud (nt rinnak);
4. segaluud (nt roided).

1.1 Luude koostis ja ehitus

Keskmiselt kaalub täiskasvanu inimese luustik kokku 10-12 kg, millest omakorda 1-2kg on kaltsium (u 99% kogu keha kaltsiumist) ja 0.5-0.75 kg fosfor (u 88% kogu keha fosforist) (Pocock & Richards, 2009). Luu tugevus on tagatud luudes talletatud mineraalainetega. Struktuurselt koosneb luu rakuvälisest maatriksist (rakuvaheaine), luurakkudest ja kollageenist. Luu maatriksis asub umbes 90% luu orgaanilisest osast ja koosneb peamiselt kollageeni kiududest ja mittekollageensetest valkudest (Hadjidakis & Androulakis 2006). Luu rakkude alla loetakse: osteoblastid ehk luud moodustavad rakud, osteoklastid ehk luud lammutavad rakud ja osteotsüütid ehk küpsed luurakud (Pocock & Richards, 2009).

Osteoblastid asuvad kõigi luude pinnal ja ääristavad ka sisemisi luuüdi õõnsusi. Neis on palju mitokondreid ja ulatuslik Golgi kompleks, mistõttu toimub seal kiire valkude süntees (Pocock ja Richards, 2009). Nende ülesanne on toota luu maatriksi koostisosi (Hadjidakis & Androulakis, 2006).

Osteotsüüdid on kõige levinumad rakud luus – nad moodustavad umbes 90% luurakkudest. Osteotsüüdid on arenenud osteoblastidest, mis on täitnud oma rolli maatriksi koostisosade

moodustamises. (Hadjidakis ja Androulakis 2006). Osteotsüüdid on maatriksis omavahel seotud tsütoplasmaatiliste protsessidega, mis toimuvad läbi väikeste kanalite avauste vahel, kus osteotsüüdid asuvad. Selline ühendus lubab kaltsiumivahetust välimise ja sisemise luuosa vahel ja välimisest luuosast ekstratsellulaarraumi, kui plasma kaltsiumitase peaks langema (Pocock ja Richards, 2009).

Osteoklastid on suured, mitmetuumalised rakud, mis koosnevad paljudest mitokondritest ja lüsoosüümidest. Nad on väga mobiilsed rakud, mis vastutavad vana luu lammutamise eest. Luud lahustavad kollagenaasid, lüsoosoomide ensüümid ja happeline fosfataas. Kaltsium, fosfaat ja luu maatriksi koostisosad vabastatakse ekstratsellulaarsesse vedelikku ja luu mass väheneb. Osteoklastide aktiivsus on kontrollitud paljude hormoonide poolt: paratüreoidhormooni, kaltsitoniini, türoksiini, östrogeeni ja D vitamiini metaboliitide poolt (Pocock & Richards, 2009).

Pika luu keskmist osa nimetatakse diafüüsiks ja äärmisi osasid epifüüsideks. Epifüüsi ja diafüüsi vahele jäävad kasvuplaad ja metafüüs. Kasv pikkusesse toimub uue kõhrkoe ladestumisega metafüüsi ja selle mineralisatsiooniga kaltsiumfosfaat kristallidega. Luu (va liigese koha pealt) on kaetud luuümbrisega e periostiga, mille välimine kiht koosneb tugevast ja kiulisest sidekoest ning sisemine kiht luud moodustavast koest. Liigeseid moodustavad luu kohad on kaetud sileda hüeliinkõhrega, mis aitab vähendada hõõrdumist liigestes. Luu keskel on õõnsus, mida nimetatakse luuüdiõõnsuseks, mis on ääristatud luud moodustava koega ehk endostiga. Pikkade luude üdiõõs on täidetud tavaliselt rasvase kollase luuüdiga, mis ei osale vereloomes. Vererakke tootev punane luuüdi on tavaliselt segaluude ning lühikeste ja lamedate luude luuüdiõõnes (Pocock & Richards, 2009).

Luud saab jagada tiheduse kaudu kaheks: trabekulaarseks luuks, mis on käsnjas, rohkete veresoonte ja õõnsustega ning kortikaalseks luuks, mis on tihedam ja tugevam (Pocock & Richards, 2009). Trabekulaarne luu sisaldab vähem kaltsiumi kui kortikaalne luu. Inimese skelett koosneb u 80% kortikaalsest luust ja 20% trabekulaarsest luust, kuid luuti on need protsendid erinevad (Walsh, 2015).

Kortikaalne kiht asub väljaspool: pikkade luude diafüüsi osas ja lamedate luude välimises ja sisemises osas. Selles on vähe õõnsusi ja ta pakub kaitset ja tugevust, eriti pikkades luudes, kus ta aitab raskuse kandmisest tulenevat stressi vähendada (Pocock & Richards, 2009).

Kortikaalse luu ainevahetus on aeglasem, kui trabekulaarses luus. Selle luu poorsus on alla 5%, aga see oleneb kui palju toimub antud ajahetkel remodelleerimis protsesse. Suurenenud ja tasakaalust ära läinud remodelleerimine, suurendab ka luu poorsust ja vähendab kortikaalse luu massi. Tervetel vananevatel täiskasvanutel suureneb kortikaalluu poorsus ja väheneb selle mass (Clarke, 2008).

1.2 Luu kasvamine e osteogenees

Kuuendaks gestatsiooninädalaks koosneb loote skelett ainult hüaliinkõhrest ja fibrooskestadest, kuid alates sellest ajast hakkab skelett järk-järgult luustuma, kuni luustub täielikult. Täielik luustumine saavutatakse alles inimese kolmandaks eludekaadiks. Luu kasvab kas pikkusesse või laiusesse. Luu kasvamine laiusesse toimub läbi osteoblastide, mis moodustavad uusi osteone luu pinnale. Luude kasvamine pikkusesse toimub luude otsest kasvuplaadi alalt (Pocock & Richards, 2009).

Pikkades luudes on luu asemel alguses vaid kõhr, mille keskel on luustumiskeskus, millest saab alguse luustumisprotsess. See protsess saab alguse juba varakus looteas. Kasvuplaadil otse epifüüsi all on kiht tüvirakke või kondroblaste, millest arenevad kõhrkoerakud, mis ulatuvad epifüüsist diafüüsini. Ühes epifüüsi otsas toimub kõhre moodustamine ja teises otsas toimub selle lagundamine, ehk luu pikkuskasv on mõjutatud kõhrkoerakkude proliferatsioonist. Peale kasvuspurti, kui on läbi aktiivne kasvamise periood, asendub kasvuplaat luurakkudega ja epifüüs ning diafüüs sulanduvad üheks – sellest ajast pole luu pikkuskasv enam võimalik. Kuigi et enamus luude pikkuskasv lõppeb kuskil 20 aastasel, siis meeste rangluud ei luustu täielikult kuni umbes 30 aastaseks saamiseni (Pocock & Richards, 2009).

1.3 Luu modelleerimine ja remodelleerimine

Isegi peale luude kasvu lõppemist toimub luudes pidev remodelleerimine ja modelleerimine. Luu modelleerimine on protsess, kus luud muudavad oma kuju vastavalt mehaanilistele jõududele. Luu remodelleerimine on aga protsess, mis toimub, et säilitada luu tugevus ja mineraalainete homöostaas ning see toimub kogu inimese eluaja (Clarke, 2008). Luu remodelleerimistsükkel kestab kuskil 200 päeva – osteoklastid lagundavad vana luu ja osteoblastid täidavad tekkinud tühimikud. Normaalses tingimustes, tervel inimesel on vana

luu lagundamine ja uue luu moodustamine tasakaalus. Luu remodelleerimisprotsessid on seotud erinevate hormoonidega – näiteks paratüreoidhormooni hulga suurenemine suurendab osteoklastide aktiivsust (Walsh, 2015).

Iga aastaga vahetub umbes 5-10% täiskasvanud inimese luumassist (Walsh, 2015). Luude tihedus ja tugevus sõltub otseselt massist, mida luu peab kandma, sellest ka asjaolu, et pikalt immobiliseeritud patsiendid kaotavad suure osa oma luu massist. On leitud, et astronautid, kes on pikalt kaaluta olekus, kaotavad ilma õige harjutuskavata 20% oma luumassist. Õige harjutused lapse- ja noorukieas muudavad luu kasvamist nii, et luud on tugevamad ja vastupidavamad (Pocock & Richards, 2009).

1.4 Hormoonide roll luude remodelleerimises

Peamine hormoon, mis mõjutab luude remodelleerimist nii meestel kui ka naistel on östrogeen. Kuid luude ainevahetust mõjutavad ka paljud teised hormoonid nagu paratüreoidhormoon, kortisool, testosteroon jms. Enne menopausi toodetakse 95% östrogeenist naistel munasarjades ülejäänud 5% sünteesitakse väljaspool sugunäärmeid. Meestel ja postmenopausi naistel toodetaksegi kogu östrogeen vaid väljaspool sugunäärmeid. Kuna östrogeenid inhibeerivad osteoklastide aktiivsust ja suurendavad nende apoptoosi, siis on naistel peale menopausi, östrogeeni vähenemine peamiseks põhjuseks, miks kaob luu remodelleerimisprotsesside tasakaal ja toimub luumassi vähenemine (Walsh, 2015).

2 OSTEOPOROOS

Osteoporoos on skeletisüsteemi haigus, mille tõttu väheneb luude mass ja luukvaliteet. Põhjuseks on luude mineraalainete, peamiselt kaltsiumi sisalduse vähenemine, mis on peamine aine, mis tagab luude tugevuse (South-Paul, 2010). Osteoporoosi puhul ületavad luu lagundamisprotsessid uue luu tootmisprotsessid. Luude hõrenemine toob kaasa suurema luumurdude riski (Pocock & Richards, 2009). Osteoporoosi põdeva inimesel on 40% risk elu jooksul luu murda, kõige tavalisemalt esinevad murrud selja, puusa ja randme piirkonnas (Rachner et al., 2011). Kaheks peamiseks põhjuseks osteoporoosi välja kujunemisel peetakse noores eas omandatud liiga vähest luumassi ja peale menopausi kiirenenud luumassi kadu. Mõlemad protsessid on mõjutatud nii geneetikast kui keskkonnatingimustest. Luumassi vähenemist mõjutavad paljud faktorid: hormoonide vähenemine, vajalike toitainete vähesus, vähenenud kehaline aktiivsus, haigused ja erinevad ravimid (South-Paul, 2010).

Osteoporoosi riskifaktorid on (Maasalu et al., 2007):

1. vanus enam kui 55 eluaastat;
2. naissugu;
3. perekondlik eelsoodumus;
4. rass – osteoporoos on sagedasem valge ja aasia rassi esindajatel;
5. vähene füüsiline aktiivsus;
6. väike kehamassiindeks, alakaalulisus;
7. suitsetamine;
8. alkoholism;
9. varajane menopaus või kastratsioon;
10. kaltsiumi vähene sisaldus toidus ja ka D-vitamiini puudus, mis on vajalik kaltsiumi imedumiseks;
11. teatud ravimite tarvitamine (nt glükokortikoidide tarvitamine suures doosis enam kui 3 kuud);
12. süsteemsed sidekoehaigused, kroonilised maksa, peensoole, pankrease ja neerude haigused ning endokriinhaigused.

Osteoporoosi klassifikatsioon:

1. Primaarne osteoporoos - luumassi vähenemine, mis ei ole seotud teiste krooniliste haigustega, vaid peamiselt vananemise ja sugunäärmete töö vähenemisega (South-Paul, 2010). Primaarne osteoporoos jagatakse omakorda: postmenopausaalseks, seniilseks ja idiopaatiliseks osteoporoosiks.

1.1. Postmenopausaalne osteoporoos tekib naistel peale menopausi ja on tingitud östrogeeni taseme muutusest kehas. Östrogeeni vähenemise tõttu tekib vana luukoe lagundamise ja uue luukoe moodustamise tasakaalu häire. Domineeriva hakkavad luukoe lagundamise protsessid, mille tõttu on luud hapramad ja tekivad lihtsamini luumurrud.

1.2. Seniilne osteoporoos avaldub alates 60-70 eluaastast. Sellel võib olla mitmeid põhjuseid: tihti seostatakse seniilset osteoporoosi ebapiisava tippluumassi saavutamise ja D-vitamiini ainevahetuse häirega.

1.3. Idiopaatiline osteoporoos esineb lastel või noorukitel ja on seotud nende luuainevahetushäirega, tavaliselt on langenud luusünteesi kiirus.

2. Sekundaarne osteoporoos on tingitud primaarsest haigusest, ravimitest või füüsilise aktiivsuse langusest. Põhjused võivad olla erinevad: endokriinsed häired, gastrointestinaalsed häired, neeru- ja maksahaigused, hematoloogilised ja pahaloomulised haigused, süsteemsed sidekoehaigused, *osteogenesis imperfecta*, ravimid ja D-vitamiini või kaltsiumi vähesus (Birkenfeldt et al., 2012).

2.1 Osteoporoosi ennetamine

Osteoporoosi ennetamise eesmärgiks on saavutada kasvuperioodil võimalikult suur luumass ja tihedus ning vanaduses luu mineraalse tiheduse vähenemise aeglustamine (Maasalu et al., 2007). Luude mineralisatsioon oleneb suuresti toitainete kättesaadavusest lapse- ja noorukieas ning kehalisest aktiivsusest (South-Paul, 2010).

2.1.1 Kaltsium ja D-vitamiin

Kaltsium ja D-vitamiin on tähtsad, et ehitada uut luud ja säilitada luutugevust. Vähene kaltsiumi omastamine lapse- ja noorukieas toob kaasa hõredamad luud, seega on piisav kaltsiumi omastamine eriti just sellel eluperioodil väga tähtis. Kaltsium, mis tagab luude tugevuse, ei imendu ilma D-vitamiinita (Cosman et al., 2014). D-vitamiin on ka oluline lihaskoele (Maasalu et al., 2007). 2009 avaldatud uuringus leiti, et ainult kolmandikul eestlastest on talvel D-vitamiini vajadus kaetud, seega enamus eestlastel on lisa D-vitamiini manustamine talvekuudel vajalik, et vältida osteoporoosi teket (Kull et al., 2009).

2.1.2 Alkohol

On leitud, et mõõdukas alkoholitarbimine ei mõjuta või omab lausa positiivset mõju luudele. Naiste puhul on mõõdukas 1 jook (14g alkoholi) ja meeste puhul 2 jooki päevas. Sellest suuremad kogused kahjustavad luukudet, kuigi see oleneb ka tarbija soost, vanusest, hormonaalsest staatusest ja alkoholi liigist. Üle 4 klaasi alkoholi päevas on luid juba väga kahjustav. Etanool kahjustab luid läbi mitmete mehhanismide: mõjutades osteoklastide/osteotsüütide/osteoblastide aktiivsust, läbi oksüdatiivse stressi, rasva kuhjumise luuüdisse ja läbi keha üldise rasvumise (Maurel et al., 2012).

2.1.3 Suitsetamine

Pikaajaline suitsetamine kahjustab luusid mõjutades östrogeeni ainevahetust ning omades toksilist mõju osteoblastidele. Menopaus saabub regulaarsetel suitsetajatel kesmiselt 1-2 aastat varem kui mitteduitsetajatel (Cosman et al., 2014).

2.1.4 Kehamassiindeks

Ka söömishäired mõjutavad luutihedust - suutmatus säilitada normaalset kehamassiindeksit toob kaasa ka luude massi vähenemise (South-Paul 2010). Normaalsest madalamat kehamassiindeksit seostatakse riskiga osteoporoosi tekkeks (Asomaning et al., 2006). On leitud, et anoreksiat põdevatel naistel on suur risk osteoporoosile, mis ka pärast mitmeid aastaid peale haigusest taastumist on kõrge (South-Paul 2010).

2.1.5 Kehaline aktiivsus

Regulaarne füüsiliste harjutuste tegemine vähendab osteoporoosi riski ja lükkab edasi füsioloogilist luutiheduse vähenemist. (South-Paul 2010). On soovitatud regulaarselt tegeleda raskus-vastupanuga ja lihast tugevdavate harjutustega, et vähendada kukkumisriski ja luumurde. Sellist tüüpi harjutused aitavad parandada tasakaalu, rühti ja lihasjõudlust ning selle läbi vähendada kukkumisriski. Samuti mõjuvad need luutihedust suurendavalt. Raskus-vastupanuga harjutused on harjutused, kus lihased ja luud töötavad gravitatsiooni vastu ja selle alla kuuluvad näiteks kõndimine, jooksmine, Tai Chi, tantsimine ja tennis. Lihaseid tugevdavad harjutuste alla kuuluvad raskustega ja vastupanuga harjutused (Cosman et al., 2014).

2.2 Osteoporoosi sümptomid

Madal luutihedus on asümptomaatiline ja paljud inimesed ei teagi enne luumurru teket, et neil on osteoporoos. Ometi on sümptomeid, mis võivad viidata osteoporoosile ja millest füsioterapeut peaks teadlik olema: pikkusekadu üle 4 cm kümne aasta jooksul ning torakaalosa küfoos (Bennell et al., 2000).

2.3 Osteoporoosi diagnoosimine

Osteoporoosi diagnoositakse luutiheduse põhjal. Selleks kasutatakse röntgenkiirel töötavaid DXA densitomeetreid (Maasalu et al., 2007). DXA kasutab väga madala doosiga ioniseerivat radiatsiooni, et saavutada võimalikult täpne luutiheduse hinnang (Peel, 2015). Luude tihedust mõõdetakse lülisamba L1–L4 lülidest ja/või reieluukaelast (Maasalu et al., 2007). Diagnoosimisel eelistatakse siiski reieluukaela piirkonda (Birkenfeldt et al., 2012). Luutiheduse määramiseks kasutatakse T-skoori, mis on luu maksimaalse tiheduse keskmine väärtus. Normaalseks T-skooriks peetakse ± 1 SD. Osteopeenia ehk luuvähesuse korral on T-skoor -1 SD kuni $-2,5$ SD. Osteoporoosi korral on T-skoor $\leq -2,5$ SD (Maasalu et al., 2007).

2.4 Osteoporoosi medikamentoosne ravi

Osteoporoosi ravimeid on mitmeid ja nendel on valdavalt 2 toimet: nad kas inhibeerivad osteoklastide aktiivsust või soodustavad uue luukoe moodustamist. Ravimite määramine on näidustatud patsientidele, kelle T-skoor on $-2,5$ SD või väiksem, T-skoor $-2,0$ või alla selle ning kellel on lisaks esinenud luumurd ja neile, kelle T-skoor on $-1,5$ SD või väiksem ning kes saavad või kellele planeeritakse pidevat glükokortikoid ravi (Maasalu et al., 2007). Glükokortikoidid nimelt inhibeerivad uue luukoe moodustamist läbi osteotsüütide ja osteoblastide apoptoosi ja kahjustades osteoblastide funktsioneerimist (Canalis et al., 2007).

1. Asendusravi östrogeenidega on küll edukas, sest see on tõestatud luu murruvastase toimega, kuid tänapäeval enam mitte nii kasutatud, sest tõstab märgatavalt kardiovaskulaarsete ja trombooliliste tüsistuste ja rinnavähi riski (Birkenfeldt et al., 2012).
2. Selektiivsed östrogeenretseptori modulaatorid on östrogeenide analoogid, mis toimivad luukoesse östrogeeni agonistina ja millel on selektiivne luutihedust ja kardiovaskulaarsüsteemi toetav toime (Maasalu et al., 2007).
3. Bifosfonaadid on efektiivsed osteoklastide aktiivsuse inhibeerijad (Maasalu et al., 2007). Neil on tõestatud reieluukaela- ja lülisambamurde vähendav toime (Birkenfeldt et al., 2012).
4. Strontiumranelaat vähendab nii osteoklastide aktiivsust kui stimuleerib luukoe moodustamist. Uuringud on kinnitanud tema luumurruriski vähendavat toimet lülisambas ja reieluukaelas
5. Teriparatiid sarnaneb paratüreoidhormooniga ja tema toime avaldub osteoblastide aktiivsuse stimuleerimisega ja ravim suurendab ka kaltsiumi imendumist (Maasalu et al., 2007). Kuna ravim on kallis, siis on see näidustatud vaid väga kõre luumurru riskiga patsientidel (Birkenfeldt et al., 2012).
6. Kaltsiotoniinil on luukoe lammutamist inhibeeriv toime. Ravimit manustatakse ninakaudse aerosooliga (Birkenfeldt et al., 2012).

3 OSTEOPOROOS JA KEHALISED HARJUTUSED

Paljud uurimused on näidanud, et füüsiline aktiivsus on tähtis parandamaks või säilitamaks luumassi (Lirani-Galvão & Lazaretti-Castro, 2010). Viimase kümne aasta jooksul on loodud mitmeid treeningprogramme, et ennetada osteoporoosi komplikatsioone. Need programmid on loodud kas säilitamaks luumassi või vähendamaks kukkumiskiriski (Vaillanta et al., 2006). Et valida kõige sobivam treeningviis on tähtis mõista, kuidas mõjutab treening luud.

3.1 Luu mõjutamine läbi füüsilise aktiivsuse

Biomehhaanilise printsiibi kohaselt reageerib luu loodusjõududele: gravitatsioonile, toereaktsioonidele ja lihaste kontraktsioonile. Kui mingi jõud või koorem mõjub luule, siis rakendub sisemine vastupanu ehk stress, mille tõttu tekib luus pinge. Arvatakse, et koormus luule toimib läbi mehaanilise signaali, mis mõjub kas luud ääristavatele rakkudele või osteotsüütidele või mõlematele. Need mehaanilised signaalid luus vallandavad keemilised signaalid, mis viivad uue luukoe tekkimiseni ja remodellerimiseni (Downey & Siegel, 2006).

Funktsionaalset seost mehaanilise pinge ja luu struktuuri vahel uuriti juba aastal 1892, kui pandi paika Wolff'i seadus. See väidab, et luu kohaneb kasvuperioodil jõududega, mis sellele mõjuvad. Selle seaduse kohaselt on seos luule mõjuvate jõudude ja trabekulaarluu joondumise vahel. Seda võib näha reieluu puhul, kus trabekulaarluu suund vastab sellele mõjuva pinge suunaga. Kuigi, et Wolff'i seadused on tänapäeval laialdaselt aksepteeritud, siis ei selgita nad kõiki luu arengu ja remodellerimise biomehhaanilisi printsiipe (Downey & Siegel, 2006).

Täpsed mehhanismid, kuidas mehhaanilised jõud mõjutavad luu struktuuri ja arengut ei ole teada. Esimene teooria väidab, et mehhaaniline pinge mõjutab luud läbi piesoelektriliste voolude. Luu koosneb maatriksist, mis võimaldab luua väikesi elektrilisi voole vastuseks mehhaanilisele mõjutusele. Oletatakse, et luurakud reageerivad elektrilistele vooludele uue luu moodustamisega. Kliiniliselt on elektrilist stimulatsiooni kasutatud juba aastast 1812, kui sellega raviti sääreluu murdu (Downey & Siegel, 2006).

Teine teooria põhineb mehaanokeemilisel hüpoteesil, mille kohaselt luule rakenduvad koormused muudetakse rakuliseks aktiivsuseks läbi pinge apatiidi kristallidele, muutes nende lahustuvust ja seeläbi kohalikku kaltsiumi kontsentratsiooni (Downey & Siegel, 2006).

Mehhaanilised jõud, mis mõjutavad luud, tekitavad luus pinget ja mida suuremad on jõud, seda suurem on ka pinge luus. On leitud, et mehhaanilisele pinge tõttu kiireneb luuraku ainevahetus ja kollageeni süntees. Seega, et füüsiline harjutus oleks uut luud moodustav, peab selle koormus olema suurem, kui harjumuspärane. Uue luu moodustamine toimub vaid siis kui kindel koormuslävi on saavutatud ning see oleneb harjutuse intensiivsusest, sagedusest, amplituudist ja kestusest ja ka puhkeperioodidest (Bono & Einhorn, 2003). Luu aktivatsiooni, vana luukoe lagundamise ja uue luukoe moodustamise tsükkel kestab keskmiselt kuskil 3-4 kuud: seega muutuseid luutiheduses ei tasu oodata enne seda aega (Downey & Siegel, 2006).

3.2 Osteoporoosi ennetamine lapse- ja noorukieas kehaliste harjutustega

Inimese luu tippmass saavutatakse hilises puberteedieas ja varajastes kahekümnendates. Arvatakse, et inimese saavutatud tippluumass on parim osteoporoosi tekke ennustaja. Seega on osteoporoosi ennetamine keskendunud maksimaalse tippluumass saavutamisele. Umbes 60-80% tippluumassist arvatakse olevat määratud inimese geenide poolt. Ülejäänud oleneb hormoonidest, toitainetest, keha koostisest, elustiilist ja kehalisest harjutustest. Harjutused lapse- ja noorukieas mõjutavad luumassi suurenemist palju rohkem, kui harjutused täiskasvanueas. Uuringud on näidanud, et füüsiliselt aktiivsetel lastel on oluliselt suurem luumass kui vähem aktiivsetel lastel. Intensiivselt treenivatel atleetidel, nagu näiteks võimlejalatel ja jõutõstjatel, võib luumass olla lausa 30-80% suurem kui tavainimestel. On ka leitud, et lapsepõlves tehtavad harjutused mitte ainult ei tõsta luumassi vaid ka stimuleerivad luu kasvu nõnda, et luud on suuremad. Luude suurenemine pole aga enam võimalik peale 20. eluaastaid, kui luu on lõpetanud kasvamise. (Bennell et al., 2000).

Meyer et al (2011) uurisid oma uuringus, kas igapäevane füüsiline aktiivsus suurendab luutihedust eelpuberteedieas ja varajases puberteedieas lastel. Uuringus osales üle 500 lapse, esimesest ja viiendast klassist, kes jagati kontroll- ja põhirühmaks, kellel enne katse algust mõõdeti luutihedust densitomeetriga. Kontrollrühm ja põhirühm said mõlemad 3x nädalas tavalist kehalise kasvatus tundi. Põhirühm aga sai lisaks veel kaks 45 minutit lisatundi, kus tegeleti erinevate harjutustega ja millest vähemalt 10 minutit koosnes erinevatest harjutustest,

kus pidi hüppama. Kaasuvalt sai põhirühm ka igapäev 10 minutilise kodukava, milles olid aeroobsed-, jõu- või motoorseid oskusi parandavad harjutused. 9 kuud hiljem mõõdeti jälle luutihedust ja võrreldi tulemusi esmaste tulemustega, millest tuli välja, et põhirühmal oli luutihedus tõusnud märgatavalt rohkem, kui kontrollrühmal. Samuti tuli uuringust välja, et luutiheduse tõus oli suurem prepuberteedieas olevatel lastel ehk esimese klassi lastel, kui viienda klassi lastel (Meyer et al., 2011). 3 aastat hiljem tehtud uuringus samade lastega mõõdeti jällegi nende luutihedust. Tulemused näitasid, et eelneva uuringu põhirühmal oli endiselt suurem luutihedus (7-8%) kui kontrollgrupil. See on väga hea tulemus arvestades, et 10% tippluumassi tõus lükkab osteoporoosi teket edasi umbes 13 aastat ja vähendab osteoporootilise murru teket 50% (Meyer et al., 2013).

Ka Valdimarsson et al. (2006) leidsid oma uuringus, et füüsiliselt aktiivsemad lapsed saavutasid aastaga suurema luutiheduse kui lapsed, kes polnud füüsiliselt nii aktiivsed. Uuringus osalesid 7-9 aastased lapsed, kes jagati kontroll- ja põhirühmaks. Kontrollrühm sai kehalist kasvatust 1 kord nädalas 60 minutit, põhirühm aga iga koolipäev 40 minutit. Katset tehti aasta aega. Tulemused näitasid märgatavat luutiheduse tõusu reieluus ja ka luu ümbermõõdu suurenemist põhirühmal võrreldes kontrollrühmaga (Valdimarsson et al., 2006).

Antud uuringud tõestavad igapäevase füüsilise aktiivsuse tähtsust lapse- ja noorukieas, kui skelett on alles arengujärgus, et tõsta noorukieas saavutatud tippluumassi. Scerpella et al. (2012) avaldasid oma uuringus, et vähemalt 4 aastat peale treenimise lõpetamist oli iluvõimlejatel suurem kodarluutihedus, kui iluvõimlemisega mitte tegelenud noortel (Scerpella et al., 2012). Ka Gunter et al. (2008) leidsid, et prepuberteedieas lapsed, kes osalesid 7 kuuses hüppamist sisaldavas treeningprogrammis saavutasid suurema luutiheduse puusas kui kontrollgrupp, kes samal ajal said venitamisi sisaldava treeningprogrammi. Tähtis on ka fakt, et see luutihedus oli säilinud suuremana ka 8 aastat peale treeningprogrammi lõppu, mis annab kinnitust, et kehaline aktiivsus, mis sisaldab luule mõjuvaid koormusi on ülimalt tähtis ennetamaks osteoporoosi kujunemist (Gunter et al., 2008).

Nagu ennegi mainitud, mida suurem mehhaaniline jõud mõjub luule, seda suurem pingeline luus tekib. Samuti peavad harjutused olema kindlale alale suunatud, sest harjutuse efekt luule toimib vaid sellele kindlale alale, kus pingeline luus tekib (Downey & Siegel, 2006). Seega suurema luutiheduse saavutamine ei olene mitte ainult füüsilisest aktiivsusest üldiselt, vaid ka spetsiifiliselt harjutusteprogrammist. Harjutused peaksid olema raskus-vastupanuga, sest keha

raskus suurendab jõudu, mis kehale mõjub: on leitud, et harjutused peaksid luule põrutavad see tähendab löögilise iseloomuga (Gunter et al., 2012).

3.3 Osteoporoosist tingitud luutiheduse languse peatamine ja parandamine kehaliste harjutustega

Kuigi kehalised harjutused arvatakse olevat üks võtmepunkte osteoporoosi, kukkumiste ja luumurdude ennetamises, siis selle mõju luudele vanemas eas on vähe uuritud (Sievanen et al., 2007). Arvatakse, et kaks peamist treeningviisi stimuleerimaks luu ainevahetust on löögilise iseloomuga harjutused (*impact exercises*) ehk harjutused, mis luud põrutavad ja jõuharjutused, mis mõjutavad luud läbi lihaste kontraktsiooni. Luu stimuleerimiseks on tähtis, et harjutused kaasaksid jõude, mis rakenduvad luule nii gravitatsiooni kui lihastega (Moreira et al., 2014).

3.3.1 Löögilise iseloomuga treening (*impact exercises*)

Basat et al., (2013) uuringu eesmärgiks oli teada saada, kuidas mõjub kuue kuuline tugevdav ja kuidas mõjub löögilise iseloomuga treening postmenopausis naiste luu mineraalainete tihedusele. Kõigil osalejatel oli diagnoositud osteopeenia ehk luuvähesus. Nad jagati kolme gruppi: tugevdavate harjutuste, löögilise iseloomuga harjutuste ja kontrollgrupp. Tulemused näitasid selgelt, et võrreldes kontrollgrupi ja tugevdavate harjutustega grupiga, oli paranenud märgatavalt löögilise iseloomuga grupi luu mineraalainete tihedus (Basat et al., 2013). Ka Jultanen et al. (2014) jõudsid oma uuringus tulemuseni, et aastane löögilise iseloomuga treening suurendas postmenopausis olevate naiste luutihedust, samal ajal kui kontrollgrupil luutihedus vähenes. Samuti paranesid harjutusgrupil tasakaal, lihasjõud ja kardiorespiratoorne võimekus (Jultanen et al., 2014).

Kui võrrelda madala löögilise iseloomuga (maksimaalselt 1.5 kordse keharaskusega mõjuvad jõud) ja kõrge löögilise iseloomuga treeningut (minimaalselt 2 kordse keharaskusega mõjuvad jõud) ja kontrollgruppi peale 1 aastast treeningut olid tulemused kindlalt löögiliste iseloomuga harjutuste kasuks. Uuringus osalenud postmenopausis naistel oli säilinud luutihedus lülisamba lumbaarosas, samal ajal kui kontrollgrupil, kes ei treeninud, oli see

langenud. Madala löögilise iseloomuga ja kõrge löögilise iseloomuga treenijate gruppide vahel suurt erinevust ei leitud (Downey & Siegel, 2006).

3.3.2 Jõutreening

Jõutreeningu puhul lihasjõud kandub luule kõõluste läbi, mis genereerib stiimuleid, et moodustada uut luud just nendes kohtades kuhu kõõlus kinnitub (Moreira et al., 2014). On leitud, et kõrge intensiivsusega jõutreening on efektiivne säilitamiseks ja parandamiseks luutihedust vanematel inimestel. Siiski kõrge intensiivsusega jõutreeningu mõju postmenopausis naiste luutihedusele on vasturääkiv. Et uurida optimaalset jõutreeningu mahtu, et ennetada luukadu peale menopausi, on tehtud palju uurimusi. Tihti on jõutreening kombineeritud kõrge löögilise iseloomuga või raskus-vastupanuga harjutustega et suurendada positiivset mõju luutihedusele. Praegused uurimused on leidnud, et kombineeritud jõutreening teiste treeningviisidega annavad vasturääkivaid tulemusi. Mõned uurimused näitavad, et kombineeritud jõutreening omab efekti nii puusadele kui lülisambale, kui teiste uuringut tulemused on olnud negatiivsed. Kuna siimaani on tulemused väga ebaühtlased, sest uuringud on väga erinevad oma pikkuse, osalejate arvu ja intensiivsuse poolest, siis oleks vaja uuemat täpsemat kokkuvõtet jõutreeningu mõju postmenopausisolevate naiste luutihedusele (Zhao et al., 2015).

Zhao et al. (2015) võtsid oma uuringus kokku 24 kriteerimitele vastavat artiklit. Kriteeriumid olid, et uuringus oli jõutreeningut tehtud vähemalt 6 kuud, sest enne seda ei ole oodata muutusi luutiheduses. Teiseks uuringusse olid kaasatud postmenopausis naised, kes igapäevaselt trenni ei teinud (<2.5h nädalas) ja kes ei saanud mingisugust hormoonravi. 14 uuringus kasutati vaid kõrge intensiivsusega jõutreeningut koos soojenduse ja maha jahtumis osaga ning 10 kasutasid kombineeritud jõutreeningut. Enamustes uuringutes sooritati treeningut 2-3 korda nädalas ja oli ka kontrollgrupp, kes jätkas oma tavalise elustiiliga. Kõik uurimused mõõtsid luutihedust kohe peale treeningprogrammi lõppemist ja enamasti nii reieluukaelast kui lülisamba lumbaarosast. Tulemused oli üpris ühesed. Ainult jõutreening oli efektiivne säilitamiseks luutihedust reieluukaela ja lülismaba lumbaarosast. Samas jõutreening kombineeritud löögilise iseloomuga või raskus-vastupanuga harjutustega olid efektiivsed parandamaks puusa ja lülisamba luutihedust. Seega on soovitatav kombineerida jõutreeningut

löögilise iseloomuga või raskus-vastupanuga harjutustega, et parandada luutihedust (Zhao et al., 2015).

3.3.3 Aeroobne treening

Aeroobseid mitte raskus-vastupanuga harjutusi, nagu rattasõit ja ujumine, tegevatel inimestel on tavaliselt madalam luutihedus võrreldes löögilise iseloomuga harjutuste tegijatega. On leitud, et võistlevatel meesratturitel on madal luutihedus ja suur risk luumurdude tekkeks (Saxena & Sen, 2013). Aeroobse treeningu mõju luutihedusele uuriti 2013 aastal avaldatud uuringus, kuid tegemist oli rinnavähi patsientidega, kes said endokriinteraapiat, mille üks sümptomeid on samuti luude hõrenemine. Tulemused näitasid, et igapäevane aeroobne treening 6 kuu jooksul küll ei tõstnud luutihedust, kuid võrreldes kontrollgrupiga, aeglustus aeroobse treeningu tegijatel luutiheduse kadu (Hojan et al., 2013).

3.3.4 Harjutused vees

Murtezani et al. (2014) uuring võrdles kuival maal ja vees tehtavate harjutuste mõju osteoporoosiga vanemate naiste luutihedusele. Nii maal kui ka vees tehtavad harjutused koosnesid: soojendusest, tasakaalutreeningust, jõuharjutusest ja venitustest. Peale 10 kuust programmi näitasid tulemused, et lihasjõud, venivus, kõnnikiirus ja luutihedus olid oluliselt paranenud kuival maal treeninud naistel võrreldes vees treeninutega. Antud uuring näitab, et vees tehtavad harjutused ei ole nii mõjusad luutihedusele kui maal tehtavad harjutused (Murtezani et al., 2014).

3.4 Osteoporoosist tingitud kukkumiste ennetamine kehaliste harjutustega

Luutihedus ja kukkumised on peamised faktorid, miks tekib luumurd (Bennell et al., 2000). Luumurru tagajärjed võivad olla väga tõsised. Langenud posturaalkontroll ja vähenenud lihasjõud on peamised põhjused, miks vanemad inimesed kukuvad. Vanusega väheneb posturaalkontroll ja ka lihasjõud. Lihasjõud väheneb lausa 30-50% ning rohkem just alajäsemetes (Burke et al., 2010). Ka on leitud, et sagedasemalt kukkuvatel vanuritel on oluliselt halvem posturaalkontroll, kui mitte nii sagedasti kukuvatel vanuritel (Melzer et al., 2004). Liu-Ambrose et al. (2003) leidsid oma uuringus, et osteoporoosi põdevatel naistel oli oluliselt vähenenud reienelipealihase jõud ja tasakaal võrreldes samaealiste osteoporoosi

mittepõdevate naistega (Liu-Ambrose et al., 2003). Ishigaki et al. (2014) vaatlesid 12 erinevat uuringut, mis uurisid kas vanemas eas alajäsemete lihasjõudluse parandamine vähendab kukkumisi. Kõigis neljas uuringus, mis kasutasid treenimiseks raskusi vähenes peale treenimist kukkumiste arv. Ülejäänud 8 uuringus, kus kasutati treenimiseks funktsionaalseid harjutusi, vähenes 6 uuringus kukkumiste arv. Seega võib öelda, et alajäsemete lihasjõudluse suurendamine on tähtis ennetamaks kukkumisi vana eas (Ishigaki et al., 2014).

Vanematel inimestel, kellel esineb aastas vähemalt üks kukkumine, kannatab sellest elukvaliteet, sest hirm uue kukkumise ees teeb ettevaatlikumaks igapäevastes tegemistes (Madureira et al., 2010). Brasiilias tehtud uuringus leiti, et 12-kuune tasakaalu treeniv treeningprogramm parandas osteoporoosi põdevate vanurite nii tasakaalu, kui ka elukvaliteeti. Võrreldes kontrollgrupiga saadi paremad tulemused Bergi tasakaalu testis ja osteoporoosi hindavas küsimustikus (*Osteoporosis Assessment Questionnaire*): paranes sotsiaalne suhtlus, psühholoogiline ja füüsiline heaolu (Madureira et al., 2010).

Smulders et al. (2010) uurisid, kuidas mõjub osteoporoosi põdevatele, üle 65 aastastele ja kukkumisi üle elanud vanuritele spetsiaalne kukkumisi ennetav 5 ja poole nädalane programm. Spetsiaalne kukkumisprogramm sisaldas 11 sessiooni, kus korrigeeriti häirunud kõnnimustrit, harjutati takistuste ületamist, tehti kõnni ja raskus-vastupanu harjutusi ja õpetati kukkumistehnikaid. Aasta peale programmi läbimist võeti kokku osaliste selle aasta kukkumiste sagedus, mis oli 39% võrra madalam kontrollgrupi kukkumiste sagedusest, kes kukkumisi ennetavat programmi ei läbinud. Seega on spetsiaalsed kukkumisi ennetavad programmid mõjusad, et vähendada kukkumiste arvu (Smulders et al., 2010).

Kukkumised esinevad vanematel inimestel tihti just siis, kui nad peavad tegema kahte ülesannet korraga. Kõige tavalisem on kõndimise ajal rääkimine. On tehtud mitmeid uuringuid, et hinnata kognitsiooni ja tasakaalu vahelist seost. Uuringuid, kas kognitiivse ülesande lisamine tegevusele mõjutab tasakaalu, on tehtud nii noorte kui vanade peal. Tulemused on näidanud, et samaaegse kognitiivse ülesande tegemine mõjutab tasakaalu peamiselt vaid vanematel inimestel (Vaillanta et al., 2006). Vaillanta et al (2006) uurisid oma katses, kas kognitiivse ülesande ja kehaliste harjutuste samaaegne tegemine parandab dünaamilist ja staatilist tasakaalu rohkem kui ainult kehaliste harjutuste tegemine. Oma tulemustes leidsid nad küll, et õigesti valitud harjutused parandavad vanemate inimeste tasakaalu, kuid kehalise harjutuse tegemine koos kognitiivse ülesandega ei näidanud paremaid

tulemusi kui üksi ainult kehalise harjutuse tegemine. Tulemusi mõõdeti *timed up and go* ja ühel jalal seismise testiga. Need testid aga ei näita, kas uuringus osalejate tasakaal paranes juhul, kui tehakse nii kognitiivset kui füüsilist harjutust koos. Seega oleks vaja teha veel lisateste, et uurida kas on võimalik vähendada kukkumisi seotud kahe ülesande tegemisega korraga (kognitiivne ja kehaline ülesanne) vanematel inimestel (Vaillanta et al., 2006).

KOKKUVÕTE

Osteoporoos ehk luudehõrenemine on peamiselt vanemaealiste haigus, mis mõjutab nii naisi kui ka mehi. Kuigi suur osa luutihedusest on määratud geenide poolt, on väga suur osa ka inimese enda teha, et säilitada ja suurendada oma luutihedust. Osteoporootiline murd puusa piirkonnas võib lõppeda letaalselt ja selle ennetamiseke on mitmeid viise.

Osteoporoosi ennetamiseks on vajalikud: piisav D-vitamiini ja kaltsiumi kättesaadavus, alkoholi ja suitsetamise kasutamise piiramine, normaalse kehamassiindeksi säilitamine ja piisav kehaline aktiivsus. Ennetamise juures peetaksegi kõige olulisemaks lapsepõlves saavutud tippluumassi, sest vananedes hakkab luutihedus järk-järgult vähenema. Väga suur roll on just kehalistel harjutustel, sest füüsilise jõu mõjumisel luule, tekib luus sisemine vastupanu ehk pinge, mille toimel suureneb uue luukoe moodustamine. Füüsiliselt aktiivsetel lastel on võrreldes vähem aktiivsete eakaaslastega suurem luumass ja mõõtmelt suuremad luud. Eriti tõhusad luutiheduse suurendamiseks on erinevaid hüppamisi sisaldavad harjutused ehk luid põrutavad harjutused.

Juba välja kujunenud osteoporoosi korral on kehalised harjutused mõjusad nii kukkumisrisi vähendamiseks, kui ka luutiheduse säilitamiseks või parandamiseks. Kukkumisrisi seostatakse vähenenud lihasjäudluse ja posturaalkontrolliga. Kukkumisrisi alandamiseks on head tulemust näidanud erinevad alajäsemete lihasjäudu ning tasakaalu parandavad harjutused kui ka spetsiaalsed kukkumisi vähendavad programmid. Luutiheduse parandamiseks on aga parimad treeningviisid, mis rakendavad luule tugevat pinget kas gravitatsiooni või lihaste kontraktsiooni läbi. Eriti mõjusad luutiheduse suurendamisel on löögilise iseloomuga harjutused (*impact exercises*), mis põrutavad luud. Ka jõutreening on andnud positiivseid tulemusi, kuid on siiski kõige tõhusam koos löögilise iseloomuga või raskus-vastupanuga harjutustega.

Ostporoosi ennetamises ja ravis mängivad kehalised harjutused suurt rolli ja inimeste teadlikuse tõstmine osteoporoosi ennatamise kohta on tervishoius vajalik teema.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Asomaning K, Bertone-Johnson P. R, Nasca P. C, Hooven F, Pekow P. S. The association between body mass index and osteoporosis in patients referred for a bone mineral density examination. *J Womens Health (Larchmt)* 2006; 15(9): 1028-1034. doi:10.1089/jwh.2006.15.102
2. Basat H, Esmaeilzadeh S, Eskiurt N. The effects of strengthening and high-impact exercises on bone metabolism and quality of life in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013; 26(4): 427-35. doi: 10.3233/BMR-130402.
3. Bennell K, Khan K, McKay H. The role of physiotherapy in the prevention and treatment of osteoporosis. *Manual Therapy* 2000; 5(4): 198–213. doi:10.1054/math.2000.0369
4. Birkenfeldt R, Haviko T, Kallikorm R, Kull M, Kuuse R et al. Liigesemanifestatsiooniga luu- ja kõhrehaigused. In: Birkenfeldt R. eds. *Reumatoloogia*. 2nd ed. Tallinn: Medicina: 2012, 250-264.
5. Bono C.M, Einhorn T.A. Overview of osteoporosis: pathophysiology and determinants of bone strength. *Eur Spine J* 2003; 12(2): 8-14. Doi: 10.1007/3-540-27376-X_3
6. Burke T.N, Franca F.J.R, de Meneses S.R.F, Cardoso V.I, Marques A.P. Postural control in elderly persons with osteoporosis: Efficacy of an intervention program to improve balance and muscle strength: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2010; 89: 549–556. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181ddccd2
7. Canalis E, Mazziotti G, Giustina A, Bilezikian J.P. Glucocorticoid-induced osteoporosis: pathophysiology and therapy. *Osteoporos Int* 2007; 18(10): 1319–28. doi: 10.1007/s00198-007-0394-0
8. Clarke B. Normal Bone Anatomy and Physiology. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008; 3: 131-139. doi:10.2215/CJN.04151206.
9. Cosman F, Beur S. J, LeBoff. M. S, Lewiecki E.M, Tanner B et al. Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporos Int* 2014; 25: 2359–2381. doi:10.1007/s00198-014-2794-2
10. Downey P.A & Siegel M.I. Bone biology and the clinical implications for osteoporosis. *Physical Therapy* 2006; 86: 77-91.

11. Gunter K.B, Almstedt H.C, Janz K.F. Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. *Exerc Sport Sci Rev* 2012; 40(1): 13–21. doi:10.1097/JES.0b013e318236e5ee
12. Gunter K.B, Baxter-Jones A, Mirwald R.L, Almstedt H, Fuchs R.K et al. Impact Exercise Increases BMC During Growth: An 8-Year Longitudinal Study. *J Bone Miner Res.* 2008 Jul; 23(7): 986–993. doi: 10.1359/JBMR.071201
13. Hadjidakis D.J, Androulakis I.I. Bone remodeling. *Ann N Y Acad Sci* 2006; 1092: 385-96. doi:10.1196/annals.1365.035.
14. Hojan K, Milecki P, Leszczyński P. The impact of aerobic exercises on bone mineral density in breast cancer women during endocrine therapy. *Pol Orthop Traumatol.* 2013; 78: 47-51.
15. Ishigaki E.Y, Ramos L.G, Carvalho E.S, Lunardi A.C. Effectiveness of muscle strengthening and description of protocols for preventing falls in the elderly: a systematic review. *Braz J Phys Ther.* 2014; 18(2): 111-8. doi: 10.1590/S1413-35552012005000148
16. Kukuljan S, Nowson C.A, Bass S.L, Sanders K, Nicholson G.C, Seibel M.J, Salmon J, Daly R.M. Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D3-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporos Int.* 2009;20:1241–1251. doi: 10.1007/s00198-008-0776-y.
17. Kull M, Kallikorm R, Tamm A & Lember M. Seasonal variance of 25-(OH) vitamin D in the general population of Estonia, a Northern European country. *MC Public Health* 2009; 9 :22. doi:10.1186/1471-2458-9-22
18. Lirani-Galvão A.P.R & Lazaretti-Castro M. Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. *Endocrinol Metab* 2010; 54(2): 171-178. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302010000200013>
19. Liu-Ambrose T, Eng J.J, Khan K.M, et al: Older women with osteoporosis have increased postural sway and weaker quadriceps strength than counterparts with normal bone mass: Overlooked determinants of fracture risk? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003; 58: 862–6. doi: 10.1093/gerona/58.9.M862
20. Maasalu K, Märtson A, Kull I, Kallikorm R, Tamm A. et al. Osteoporoosi ravijuhend. *Eesti Arst* 2007; 86 (1): 68–75.
21. Madureira M.M, Bonfá E, Takayama L, Pereira R.M.R. A 12-month randomized controlled trial of balance training in elderly women with osteoporosis: Improvement of quality of life. *Maturitas* 2010; 66: 206–211. doi:10.1016/j.maturitas.2010.03.009.

22. Maurel DB, Boisseau N, Benhamou CL, Jaffre C. Alcohol and bone: review of dose effects and mechanisms. *Osteoporos Int* 2012; 23: 1-16. doi: 10.1007/s00198-011-1787-7
23. Melzer. I, Enjuya N.B, Aplanski J.K. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age and Ageing* 2004; 33: 602–607
doi:10.1093/ageing/afh218.
24. Meyer U, Ernst D, Zahner L, Schindler C, Puder J.J et al. 3-year follow-up results of bone mineral content and density after a school-based physical activity randomized intervention trial. *Bone* 2013; 55; 16–22. doi: 10.1016/j.bone.2013.03.005.
25. Meyer U, Romann M, Zahner L, Schindler C, Puder J.J et al. Effect of a general school-based physical activity intervention on bone mineral content and density: a cluster-randomized controlled trial. *Bone* 2011; 48(4): 792-7.
doi:10.1016/j.bone.2010.11.018.
26. Moreira L.D.F, Oliveira M.L, Lirani-Galvão A.P, Marin-Mio R.V, Santos R.N et al. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2014; 58(5): 514-22. <http://dx.doi.org/10.1590/0004-2730000003374> .
27. Multanen, J., Nieminen, M. T., Häkkinen, A., Kujala, U. M., Jämsä, T., Kautiainen, H., Lammintausta, E., Ahola, R., Selänne, H., Ojala, R., Kiviranta, I. and Heinonen, A. (2014), Effects of High-Impact Training on Bone and Articular Cartilage: 12-Month Randomized Controlled Quantitative MRI Study. *J Bone Miner Res*, 29: 192–201. doi: 10.1002/jbmr.2015.
28. Murtezani A, Nevzati A, Ibraimi Z, Sllamniku S, Meka V.S, et al. The effect of land versus aquatic exercise program on bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2014; 16(3) :319-25. doi: 10.5604/15093492.1112533.
29. Peel N. Disorders of bone metabolism. *Surgery* 2015; 33(1); 15–20.
doi:10.1016/j.mpsur.2014.10.007
30. Pocock G, Richards C. The physiology of bone. *The human body. An introduction for the biomedical and health sciences.* New York: Oxford University Press Inc.; 2009, 154-160.
31. Rachner T.D, Khosla S, Hofbauer L.C. Osteoporosis: now and the future. *The Lancet* 2011; 377: 1276–1287. doi:10.1016/S0140-6736(10)62349-5

32. Saxena A, Sen S. Effects of Aerobic Exercises and Progressive Resisted Exercises on Bone Density Measurement and Quality of Life in Patients with Osteoporosis. *International Scientific Journal of Sport Sciences* 2013; 2: 1-7
33. Scerpella T.A, Dowthwaite J.N, Rosenbaum P.F. Sustained skeletal benefit from childhood mechanical loading. *Osteoporos Int.* 2011; 22(7): 2205–2210. doi: 10.1007/s00198-010-1373-4.
34. Sievanen H, Kannus P. Physical activity reduces the risk of fragility fracture. *PLoS Med.* 2007;4:e222. doi: 10.1371/journal.pmed.0040222.
35. Smulders E, Weerdesteyn V, Groen B.E, Duysens J, Eijssbouts A, et al. Efficacy of a Short Multidisciplinary Falls Prevention Program for Elderly Persons With Osteoporosis and a Fall History: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 1705-1711. doi:10.1016/j.apmr.2010.08.004
36. South-Paul J.E. Osteoporosis In: Matheny S.C, South-Paul J.E, Lewis E.L. *CURRENT Diagnosis & Treatment in Family Medicine.* 3rd ed. USA. 2010.
37. Zhao R, Zhao M, Xu Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2015; 26: 1605–1618. DOI: 10.1007/s00198-015-3034-0.
38. Vaillanta J, Vuillermeb N, Martignéb P, Caillat-Miousseb J-L, Parisotc J et al. Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine* 2006; 73(4): 414–418. doi:10.1016/j.jbspin.2005.07.003
39. Valdimarsson Ö, Linden C, Johnell O, Gardsell P, Karlsson M.K. Daily Physical Education in the School Curriculum in Prepubertal Girls during 1 Year is Followed by an Increase in Bone Mineral Accrual and Bone Width—Data from the Prospective Controlled Malmö Pediatric Osteoporosis Prevention Study. *Calcified Tissue International* 2006; 78(2): 65-71. Doi:10.1007/s00223-005-0096-6.
40. Walsh J. Normal bone physiology, remodelling and its hormonal regulation. *Surgery (Oxford)* 2015; 33: 1–6. doi:10.1016/j.mpsur.2014.10.010.

SUMMARY

Osteoporosis: prevention and treatment by different physical exercises

Osteoporosis is primarily a disease of older people, which affects both men and women. Although bone density is highly determined by genes, a person still has a big part in preserving and increasing their bone density. An osteoporotic fracture in hip can lead to death and there are many ways to prevent it.

There are many ways to prevent osteoporosis: maintaining an adequate vitamin D and calcium intake, limiting the use of alcohol and quitting smoking, preserving a normal body mass index and exercising enough. The peak bone density achieved in adolescence is considered to play the most important role in prevention of osteoporosis, since bone density degrades gradually with age. Physical exercise plays a big part in preventing osteoporosis as well, because when physical force is applied to the bone, it responds with resistance, which causes the formation of new bone tissue to intensify. Physically active children have higher bone mass and bigger bones. Exercises that contain jumping are especially good.

Physical exercise is effective in reducing the risk of fall as well as preserving and increasing bone density in case osteoporosis has already developed. Risk of fall is associated with decreased muscle strength and postural control. The use of different strengthening exercises for lower extremities, exercises for improving balance and special programs for reducing risk of falling have shown good results in reducing the risk of fall. The best exercises to improve bone density are the ones that apply tension to the bone through gravity or muscle contraction. Impact exercises, which apply stress to the bone, are especially effective. Resistance training has also shown positive effects on bone density, but it's most effective when combined with impact exercises or weight-bearing exercises.

Physical exercises are important for treating and preventing osteoporosis and rising awareness on that topic is vital for health care.



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Maari Allikmäe (sünnikuupäev: 01.02.1993):

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Osteoporoosi ennetamine ja ravi erinevate kehaliste harjutuste abil“, mille juhendaja on Natalja Golõšina,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 06.05.2015

