



Luuntiheysmittaus

Verkko-oppimateriaali röntgenhoitajaopiskelijoille

Tuuli-Maaria Kiviranta

lida Kondin

OPINNÄYTETYÖ

Syyskuu 2019

Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

KIVIRANTA, TUULI-MAARIA & KONDIN, IIDA:
Luuntiheysmittaus
Verkko-oppimateriaali röntgenhoitajaopiskelijoille

Opinnäytetyö 42 sivua
Syyskuu 2019

Luuntiheysmittaus on röntgentutkimus, jossa käytetään kahta erienergistä röntgensäteilyä ja mitataan niiden vaimentumista luukudoksessa. Luuntiheysmittauksen avulla ennakoitetaan murtumariskiä ja alkavaa osteoporoosia. Osteoporoosi on yksi Suomen kansantaudeista ja sitä sairastaa yli 400 000 ihmistä. Osteoporoosissa luumassa vähenee, jolloin luun sisäinen rakenne heikkenee ja tulee huokoiseksi, mikä altistaa pienenergisille murtumille.

Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena työnä ja sen yhteistyökumppanina toimi Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietoutta luuntiheysmittauksesta ja sen löydöksistä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia verkko-oppimateriaalia luuntiheysmittauksesta TAMK:n röntgenhoitajaopiskelijoille oppimisympäristö Tabulaan.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi verkko-oppimateriaali röntgenhoitajaopiskelijoille. Verkko-oppimateriaali sisältää teoriaa ja kuvia seuraavista aiheista: laitekniikka, mittauksen suorittaminen, analyysin tekeminen, löydökset ja säteily-suojelu. Materiaalista tehtiin mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen, jotta opiskelija pystyy sen avulla itsenäiseen opiskeluun.

Verkko-oppimateriaalin avulla opiskelija oppii luuntiheysmittauksen suorittamisen ilman, että täytyy sitoutua aikaan tai paikkaan. Tulevaisuudessa materiaaliin kannattaa lisätä asettelukuvia. Asettelukuvat eri alueiden kuvauksista selkeyttäisivät tekstiä ja havainnollistaisivat opiskelijalle tekstin sisältöä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiotherapy

KIVIRANTA, TUULI-MAARIA & KONDIN, IIDA:

Bone densitometry

Bone Densitometry - A Web Based Learning Material for Radiography and Radiotherapy Students

Bachelor's thesis 42 pages

September 2019

Bone Densitometry is an X-ray examination using two different energy sources and measuring their attenuation in bone tissue. Osteoporosis is one of the most common diseases in Finland and affects over 400,000 people.

This study is practice-based and is partnered by Tampere University of Applied Sciences. The topic was chosen because corresponding teaching material has not been produced yet.

The aim of the study was to increase the knowledge of radiotherapy students on bone density measurement and its findings. The purpose of this study was to provide TAMK radiotherapy students with online study material on bone density measurement on Tabula learning platform.

The final product of this study is online learning material, which is available to all TAMK students, regardless of time and place. Online learning material contains the following topics: theory and pictures of technology, measuring bone density, making analysis, findings and radiation protection.

Key words: bone densitometry, online learning material, osteoporosis

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LUUNTIHEYSMITTAUS	7
2.1	Tutkimuksen laitetekniikka	7
2.2	Mittauksen suorittaminen	10
2.3	Analyysivaihe luuntiheysmittauksessa	12
2.4	Säteilysuojelu eri näkökulmista	18
2.4.1	Potilaan säteilysuojelu	19
2.4.2	Tutkimuksen suorittajan säteilysuojelu	20
2.5	Laadunvarmistus	21
3	LUUN KEHITYS JA OSTEOPOROOSI	23
3.1	Luun kehitys	23
3.2	Osteoporoosi	25
4	VERKKO-OPPIMATERIAALI ITSEOPISKELUSSA	28
4.1	Verkko-oppimateriaali oppimisen tukena	28
4.2	Verkko-oppimateriaalin sisältö	29
4.3	Verkko-oppimateriaalin ulkoasu	30
5	TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI	31
5.1	Toiminnallisen opinnäytetyön menetelmä	31
5.2	Verkko-oppimateriaalin suunnittelu, toteutus ja arviointi	32
6	POHDINTA	36
6.1	Opinnäytetyön prosessi	36
6.2	Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	36
6.3	Oma oppimiskokemus ja kehittämis ehdotukset	37
7	LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Osteoporoosi on yksi Suomen kansantaudeista. Suomessa sitä sairastaa yli 400 000 ihmistä, joista osa sairastaa sitä tietämättään (Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018). Osteoporoosissa luumassa vähenee, jolloin luun sisäinen rakenne heikkenee ja tulee huokoiseksi, mikä altistaa pienien energisille murtumille (Jones ym. 1994). Osteoporoosille tyypillisiä tunnusmerkkejä ovat kumara ryhti, pituuden lyheneminen, kivut selkänikamien mennessä kasaan sekä oireettomuus ennen ensimmäistä murtumaa (Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018). Naisten menopaussin jälkeinen luuntiheyden aleneminen on yksi iso osteoporoosin aiheuttaja, tällöin luukatoa voidaan hidastaa naishormoneilla (WHO 1994, 14).

Luuntiheysmittauksen avulla ennakoita murtumariskiä ja alkavaa osteoporoosia (Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018). Luuntiheysmittaus on röntgen-tutkimus, jossa käytetään kahta erienergistä röntgensäteilyä ja mitataan niiden vaimentumista luukudoksessa. Luun tiheys pystytään arvioimaan, kun sen vaimenema erotetaan laskennallisesti muiden kudosten vaimenemasta. (Niinimäki 2005, 450-451.)

Oppiminen ja tieto liittyvät vahvasti toisiinsa, sillä oppimisprosessin aikana opiskelija käsittelee paljon itselleen uutta tietoa. Oppimisessa käytettävät tietolähteet ja oppimistyyli luovat pohjan tiedon prosessoinnille. Verkko-oppimateriaali on Internetin välityksellä saatavaa ja käytettävää opiskelumateriaalia (Ilomäki 2012, 5, 11). Kun itseopiskelumateriaali on verkossa, korostuu opettajan rooli jo ennen oppimisprosessia (Kalliala 2002, 27). Verkko-oppimateriaalin hyviä puolia ovat, että opiskelija pystyy itse vaikuttamaan asioihin, joihin hän perehtyy enemmän, ja ohittaa asiat, jotka ovat jo tuttuja. Verkko-opiskelussa korostuu opiskelijan vastuu omasta oppimisestaan. (Kalliala 2002, 31, 37-38.)

Opinnäytetyön aiheena on luuntiheysmittaus. Opinnäytetyö on toiminnallinen ja sen tuotteena syntyy verkko-oppimateriaali Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) oppimisympäristö Tabulaan. Yhteistyökumppanina on TAMK. Luunti-

heysmittausta käsitellään röntgenhoitajaopinnoissa vain jonkin verran laitetekniikan osalta. Verkko-oppimateriaalin tarkoitus on lisätä kyseistä modaliteettiosaamista. Materiaalia voivat hyödyntää ne opiskelijat, jotka tulevat käyttämään luuntiheysmittauslaitetta ammattitaitoa edistävässä harjoittelussa tai ovat muuten kiinnostuneita aiheesta.

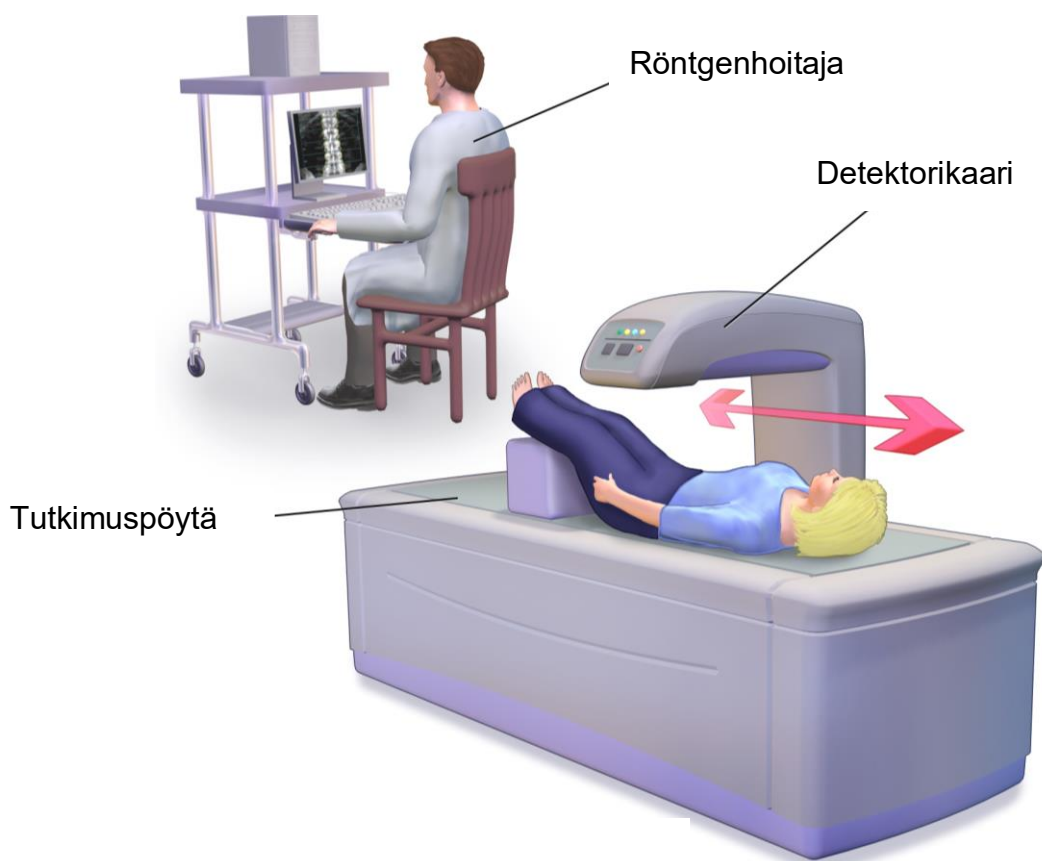
Opinnäytetyön **tavoitteena** on lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietoutta luuntiheysmittauksesta ja sen löydöksistä. Opinnäytetyön **tarkoituksena** on laatia verkko-oppimateriaalia luuntiheysmittauksesta TAMKin röntgenhoitajaopiskelijoille Tabulaan.

2 LUUNTIHEYSMITTAUS

2.1 Mittauksen laitetekniikka

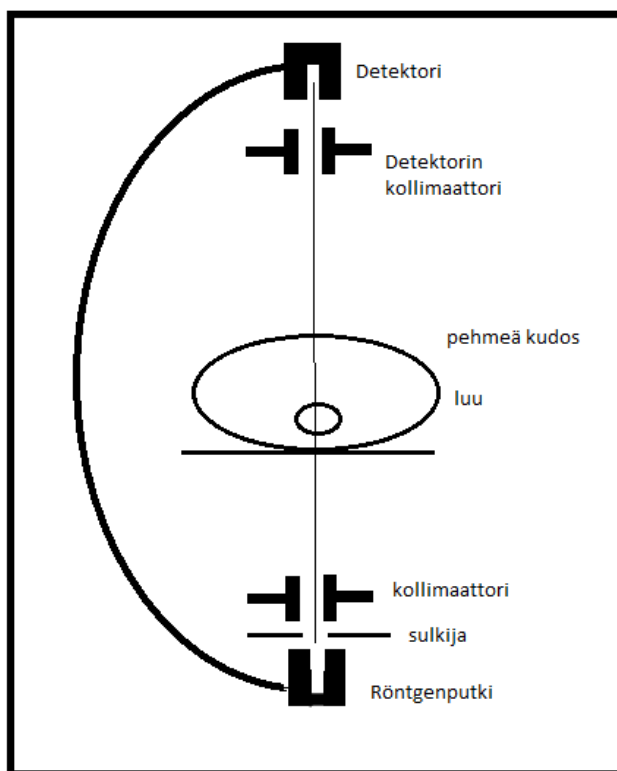
Luuntiheysmittauslaite DXA (engl. Dual energy x-ray absorptiometry) hyödyntää kahta erienergisien röntgensäteilyn absorptiota kudoksessa. Säteilyn absorboitumisella tarkoitetaan energiamäärää, joka jää kohdealueeseen. On kaksi tapaa käyttää kahta erienergistä säteilyä. Voidaan käyttää kahta vaihtuvaa kV:ta tai voidaan suodattaa yksi jatkuva energiaspektri filttarin avulla kaksihuippuiseksi. Suodatus on laitteesta riippuen joko cerumia tai samariumia. (Bonnick & Lewis 2006, 46; STUK n.d.b.) Kun suodatuksena käytetään cerumia, ovat energiahuiput 38 keV ja 70 keV. Samariumia käytettäessä energiahuiput ovat 46,8 keV ja 80 keV. (Bonnick & Lewis 2006, 46; Adler 2010, 30.) Jos käytetään kahta vaihtuvaa kV:ta, kuten Hologic laitteella, ovat vaihtuvat energiat 70 kV ja 140 kV (Bonnick & Lewis 2006, 47).

Luuntiheysmittauksessa potilas makaa selin pöydällä. Potilaan alla selän puolella on röntgenputki, jota liikutetaan potilaan pituus- ja poikittaissuunnassa. (IAEA 2010, 31.) Röntgensäteily syntyy röntgenputkessa ja saa sähköisen tehon generaattorilta (STUK 2004, 19). Röntgensäteily tulee alhaalta ylös ja siroonnut säteily jää pääosin tutkimuspöydän alle. Laitteen suorittaessa luuntiheysmittausta, se avaa sulkimen, jolloin röntgensäteet menevät tutkimuspöydän ja potilaan läpi. Röntgenputken sisällä on lyijyoksidisuoja, joka pienentää säteilyannoksia tutkimuspöydän ympärillä. (GE Healthcare 2010, 9.) Potilaan yläpuolella kaari, jossa on detektoririvistö, joka mittaa läpi tulleen röntgensäteilyn (IAEA 2010, 31). Kuvassa 1 on esiteltynä DXA-laitteisto.



KUVA 1. DXA -laitteisto (mukaillen Medical gallery of Blausen Medical 2014).

DXA-laitteita voidaan ohjata tietokoneelta ja etupaneelista. Ennen mittausta röntgenhoitajan on tarkistettava, ettei ketään ole liikkuvien osien, puristumiskohtien tai röntgensäteiden lähellä. Potilaan ja henkilökunnan turvallisuuden varmistamiseksi toimintahäiriön sattuessa on laitteessa oltava hätäpysäytyspainike ja vikavirtasuojat. Hätäpysäytyspainike on punainen ja pyöreä painike tutkimuspöydän näyttöpaneelissa. Hätkykintä painettaessa tutkimuspöydän moottorien, röntgenputken, sulkimien ja laserien virta kytkeytyy pois. Keskenkäisiä luuntiheysmittaustietoja ei tallenneta tietokantaan, joten keskeytyksen jälkeen potilaan luuntiheysmittaus on tehtävä uudelleen. Hätäpysäytyspainikkeen toimintaa on testattava tietyin väliajoin, esimerkiksi GE:n laitteilla kerran kuukaudessa. Vikavirtasuojat sulkee röntgensäteiden sulkimien ja mittausslaitteen moottorit automaattisesti laitehäiriön sattuessa. (GE Healthcare 2010, 7, 18-19.) Kuvassa 2 on esitelty DXA-laitteiston osia.



KUVA 2. Röntgensäteilyn kulku DXA-laitteistossa potilaan läpi (mukaillen IAEA 2010, 26)

Kuvan muodostuminen luuntiheysmittauslaiteella perustuu säteilyn erilaiseen vaimenemiseen luussa ja pehmytkudoksessa sekä erienergistien röntgensäteiden vaimenemiseen samassa kudoksessa eri tavoin. DXA hyödyntää pääasiassa Comptonin sirontaa ja valosähköistä ilmiötä. (IAEA 2010, 16.) Mittauskohde muodostuu pehmytkudoksesta ja luusta. DXA-laite ei erota erilaisia pehmytkudoksia, joten pehmytkudoksella on vain yksi vaimennuskerroin. Kun verrataan matalimman ja korkeimman energian vaimenemista, voidaan määrittää luun ja pehmytkudoksen vaimeneminen kokonaisvaimenemisesta erikseen. (Jurvelin & Kröger 2003, 517.)

DXA-laitteissa on erilaisia säteilykeiloja riippuen valmistajasta. Pencil Beam, eli pistepyyhkäisy on kuin kapea suihku, joka etenee mittausalueella siksak-kuviolla. Säteilysaatos on tällöin todella pieni, mutta tutkimus on tällä tekniikalla hidas. Fan Beam on viuhkan mallinen säteilykeila, joka mittaa koko potilaan yhdellä pyyhkäisyllä ja on nopein menetelmä. Fan Beam aiheuttaa kuitenkin geometristä vää-

ristymää säteilykeilan muodon takia. Nämä kaksi tekniikkaa voidaan myös yhdistää, jolloin saadaan suhteellisen nopea ja pieniannoksinen luuntiheysmittaus. (Bonnick & Lewis 2006, 48-49.) Taulukkoon 1 on kerätty säteilyannoksia eri valmistajien laitteilla.

TAULUKKO 1. Eri valmistajien luuntiheysmittauslaitteiden antamat sädeannokset (Bonnick & Lewis 2006, 48-49, 124, 130)

Laite	Tekniikka	Sädeannos (μSv)
GE Prodigy	Fan beam	2,5 (n. 8h taustasäteilyä)
GE iDXA	Yhdistelmä	10
Hologic	Fan beam	10-25
Norland	Pencil beam	1,5

Säteilyturvallisuuden kannalta tutkimushuoneen seiniin, lattiaan tai kattoon ei tarvitse asentaa lisäsuojalevyjä (GE Healthcare 2010, 19). Säteilylähteet on aina merkittävä varoitusmerkein. Merkki on sijoitettava säteilyn käyttötilaan johtavaan oveen tai sen läheisyyteen. (STUK 2013.) Toiminnanharjoittaja vastaa aina tutkimuksen säteilyturvallisuudesta ja huolehtii toiminnan järjestämisen siten, että toiminta täyttää kaikki laissa vaaditut säännökset ja säteilyturvallisuuspoikkeamat ovat estetty (Säteilylaki 859/2018).

2.2 Mittauksen suorittaminen

Luuntiheysmittaus tehdään yleensä lannerangasta ja reisiluiden kauloista. Muitakin luuntiheysmittauskohteita voidaan joutua käyttämään, esimerkiksi jos potilaalla on kuvausalueella metallia, alue on skleroottinen tai degeneroitunut tai potilaan paino ylittää laitteen painorajan. Muita luuntiheysmittauskohteita voivat olla kyynärvarsi tai alle 20-vuotiailla koko keho. (ISCD 2015.) Potilaalta on aina hyvä kysyä, onko hänelle tehty aikaisemmin luuntiheysmittaus. Jos potilaalle on tehty jo luuntiheysmittaus, on seuraavakin mittaus hyvä tehdä samalla laitteella, jotta tulosten vertailtavuus säilyy. Kahden eri tyyppisen laitteen tuloksia samalla potilaalla ei voi verrata toisiinsa luotettavasti. (Bonnick & Lewis 2006, 224-225.)

Luuntiheysmittaus kestää vähintään 10 minuuttia. Ennen mittauksen aloittamista on selvitettävä, pystyykö potilas makaamaan selällään koko mittauksen ajan. Potilaalta on kysyttävä ennen mittausta, onko hän ollut äskettäin jossakin lääketieteellisessä kuvauksessa. Jos potilas on ollut kuvauksessa ja hän on saanut varjoainetta kuvauksen yhteydessä, on luuntiheysmittauksen ja kuvauksen välissä pidettävä noin kaksi viikkoa taukoa. Varjoaineet, joiden jälkeen on pidettävä taukoa luuntiheysmittauksesta, ovat esimerkiksi jodi, barium tai gadolinium. Tauko varjoainetutkimuksen ja luuntiheysmittauksen välillä on pidettävä, koska varjoaineilla on korkea atomiluku. Korkean atomiluvun takia varjoaine näkyy kuvissa hyvin tiheänä alueena, jolloin luuntiheysmittauksen tulokset voivat vääristyä. Potilaan ei tule ottaa kalsiumtabletteja 24 tuntia ennen tutkimusta, koska imeytymättömät tabletit voivat aiheuttaa vääristyneitä tuloksia lannerangan luuntiheysmittauksessa. Ennen mittauksen aloittamista potilaalta on varmistettava, että hän ei ole raskaana. Kaikki metalliset sekä säteilyä absorboivat esineet tulee ottaa pois mittausalueelta. Myös potilaan pituus ja paino on mitattava ennen tutkimusta, jotta potilasta voidaan vertailla samanikäisiin ja -painoisiin potilaisiin. (IAEA 2010, 38-39, 73, 75.)

Lannerangan luuntiheysmittauksessa potilas asetellaan tutkimuspöydälle selinmakuulle mahdollisimman keskelle, jotta potilas mahtuu mittausalueelle. Ennen luuntiheysmittausta potilaan jalkojen alle laitetaan koroke, joka helpottaa nikamien erottamista toisistaan analyysivaiheessa. Mittausalue alkaa viidennestä lannenikamasta ja jatkuu 12. rintanikamaan asti. Analysoitava alue on ensimmäisestä lannenikamasta neljänteen lannenikamaan asti. Hyvän lannerangan luuntiheysmittauksen tunnistaa siitä, että selkäranka on keskellä kuvaa, selkärangassa ei ole kaarevuutta ja suoliluu on hieman näkyvissä. (IAEA 2010, 31-32.)

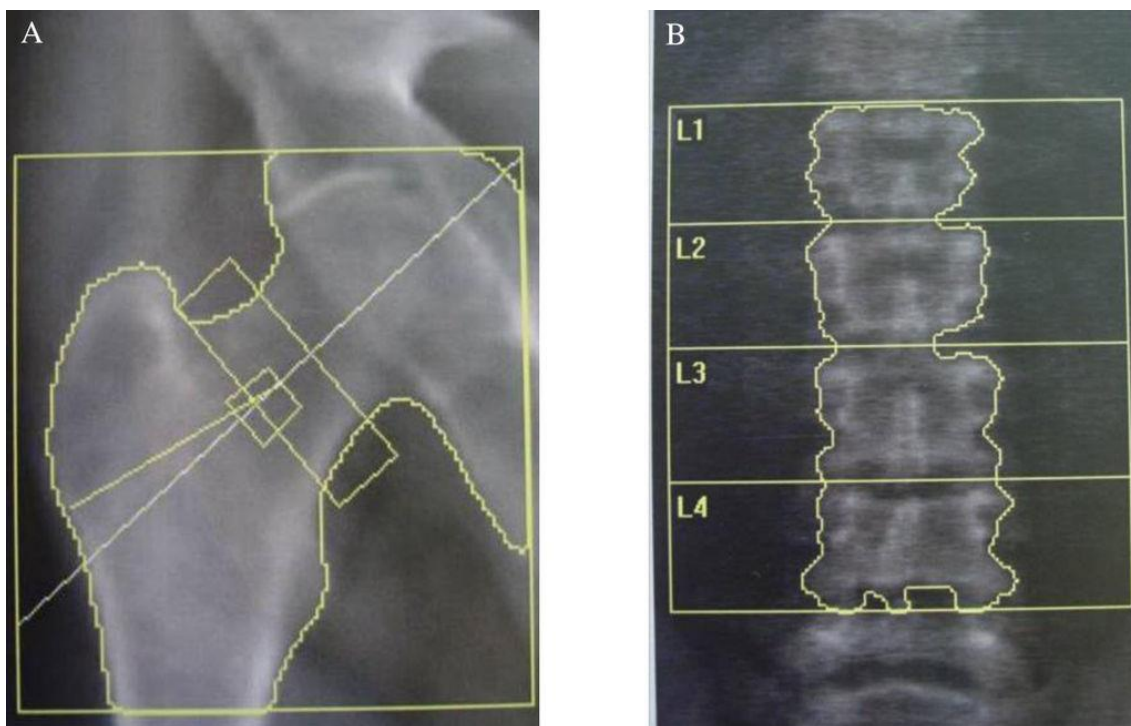
Reisiluiden kaulojen luuntiheysmittaus suoritetaan myös selinmakuulla tutkimuspöydällä. Jalkojen tulee olla sisärotaatiossa, jotta reisiluiden kaulat kuvautuvat avonaisina. Kaikilla DXA-laittevalmistajilla on jalkojen sisärotaation toteuttamiseen tarkoitettu teline. Mittausalue alkaa yleensä noin viisi senttimetriä häpyliitoksesta alaspäin siten, että osa istuinluusta mahtuu kuvaan. Mittausalueelle on mahdollista myös kokonaan reisiluun pää ja kaula sekä sarvennoiset. Reisiluun tulisi olla mittauksessa suorana ja keskellä sekä reisiluun kaulan pitäisi kuvautua avonaisena. (IAEA 2010, 32-34.)

Kyynärvarren luuntiheysmittaus voidaan suorittaa joko istuen tai selinmakuulla, ja varsinkin lapsilla on suositeltavaa tehdä mittaus selinmakuulla. Mittauksessa potilaan kyynärvarsi lepää tutkimuspöydällä nyrkissä. Joissakin DXA-laitteissa kyynärvarsi sidotaan kiinni sitä varten kehitettyyn mittauslevyyn. Mittaus alkaa ranteen nivelraosta, ja mittausalueena käytetään varttinäluusta yhtä kolmasosaa. Kyynärvarren mittauksessa on aina huomioitava, että kyynärvarsi on keskellä kuvaa ja varttinä- ja kyynärluu ovat suorassa. Jos edellä mainitut asiat eivät täyty mittauksessa, on mietittävä mittauksen tekemistä uudestaan. (IAEA 2010, 34-35.)

Koko kehon luuntiheysmittauksessa potilas asettuu selinmakuulle keskelle tutkimuspöytää. On erityisen tärkeää tarkistaa, että potilas mahtuu mittausalueelle, jotta saadaan tarkat mittaustulokset. Koko kehon mittauksessa varpaita pidetään yhdessä ja kädet ovat vartalon vierellä suorina. Jotta koko kehon luuntiheysmittaus voidaan hyväksyä, kehon on oltava suorassa ja kaikkien kehon osien mittausalueen sisäpuolella, muuten tulos on virheellinen. (IAEA 2010, 34-36.)

2.3 Analyysivaihe luuntiheysmittauksessa

Luuntiheysmittauksen analyysivaiheessa voi tulla esille monia virhelähteitä, jotka vaikuttavat luuntiheysmittauksen analyysin tuloksiin virheellisesti. Lannerangan luuntiheysmittauksessa virheitä tuloksiin voi aiheuttaa esimerkiksi aortan seinämien kalkkeutumista, selkärangan murtumista sekä rangan degeneratiivisista ja liikakasvun aiheuttamista muutoksista. Reisiluiden kaulojen luuntiheysmittauksessa suurin virhelähde analyysiin voi tulla siitä, jos potilaan jalkaa ei saada tarpeeksi sisärotaatioon, jolloin reisiluun kaula on lyhentynyt ja se aiheuttaa väärän analyysituloksen. Myös analyysivaiheessa reisiluun kaulaan sijoitettavan mielenkiintoalueen (ROI, engl. Region Of Interest) väärä sijoittaminen voi aiheuttaa väärä tuloksia, jolloin tulos ei ole tarkka eikä vertailukelpoinen. Kuvassa 3 on esitetty reisiluun kaulan ja lannerangan mielenkiintoalueet. Kuviin voi tulla artefakteja potilaan mittauksen aikaisesta liikkeestä, varjoaineista, kalsiumtableteista ja metallisista proteeseista. (IAEA 2010, 31-34, 71-76.)



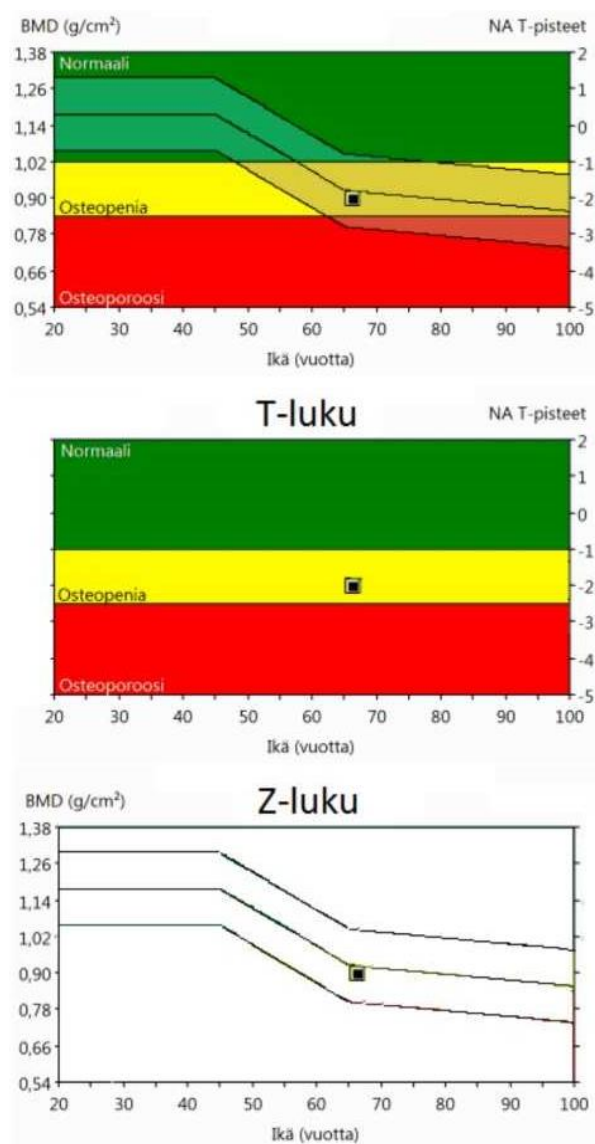
KUVA 3. Reisiluun kaulan ja lannerangan mielenkiintoalueet. (Lebreton 2010, 30)

Mittauksen jälkeen kuvista on tarkistettava, että mittauksen aikana ei ole tapahtunut liikettä ja että mittausalueet ovat oikein. Potilaan liikkua mittauksen aikana tai mittausalueen asettelu ollessa väärä, on mittaus suoritettava uudelleen. Lannerangan kuvauksessa nikamat erotellaan laatikoina. Reisiluiden kaulojen mittauksessa mittausalue näkyy suorakulmaisena laatikkona. Hoitajan on katsottava, että laatikon sisälle ei jää muita alueita. Kyynärvarren mittausalue jakaantuu kolmeen osaan. Siinä on radiusen ja ulnan distaalipää (lähimpänä rannetta), distaaliosa ja runkoa. (IAEA 2010, 31, 34, 40-41.)

Luuntiheysmittauksen tulosten tulkinnan perustana käytetään kantavan luuston matalinta luuntiheysarvoa. Hoitopäätös perustuu kliiniseen arvioon murtumarihäiriöstä ja diagnostisiin kriteereihin. Kliinisessä arviossa otetaan huomioon murtuma-anamneesi, murtumille altistavat sairaudet ja luuta heikentävät lääkitykset. Diagnostisen kriteerin lähtökohtana on mitatun luuntiheyden suhde luun eliniän suurimpaan tiheyteen, eli 20-40-vuotiaiden terveiden naisten luuntiheyteen (peak bone mass). Eri mittauslaitteilla saatavilla olevat absoluuttiset tiheysarvot, eli BMD (g/cm^2) (engl. Bone Mineral Density = luun mineraalitiheys) vaihtelevat, mutta mittauksien tulosten tulkinnan yhdistämiseksi käytetään keskihajontaa yksik-

könä (T-luku ja Z-luku). (Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018.) Osteoporoosin diagnostisoinnissa käytetään ensisijaisesti T-lukua iäkkäillä henkilöillä, vaihdevuosien jälkeisillä naisilla ja yli 50-vuotiailla miehillä. Z-lukua käytetään harvemmin osteoporoosin diagnostiikassa, mutta sitä käytetään luuntiheyden alenemisen havaitsemiseen alle 20-vuotiailla nuorilla ja lapsilla. (IAEA 2010, 81-82.)

Tuloste kertoo potilaan mittaustuloksen kaaviona. T-luvun kaavio kuvaa sitä, miten tulosta on verrattu standardipoikkeamina 20-40-vuotiaisiin aikuisiin. Kaavio esitetään kolmen värin pohjana, jossa vihreä edustaa tervettä tulosta, keltainen osteopeniaa ja punainen osteoporoosia. Z-luvun kaaviossa tulosta verrataan potilaan kanssa samanikäisiin ja samanpainoisiin henkilöihin. Z-luku on iän mukaan laskettu viitearvokäyrä, jossa ± 1 on standardipoikkeaman rajat. Viitearvoaineisto on valittu referenssipopulaation ja etnisen ryhmän mukaan. Kuvassa 4 on havainnollistettu T-luvun ja Z-luvun eroa kaaviossa. (IAEA 2010, 82; HUS-kuvantaminen 2018, 2.)

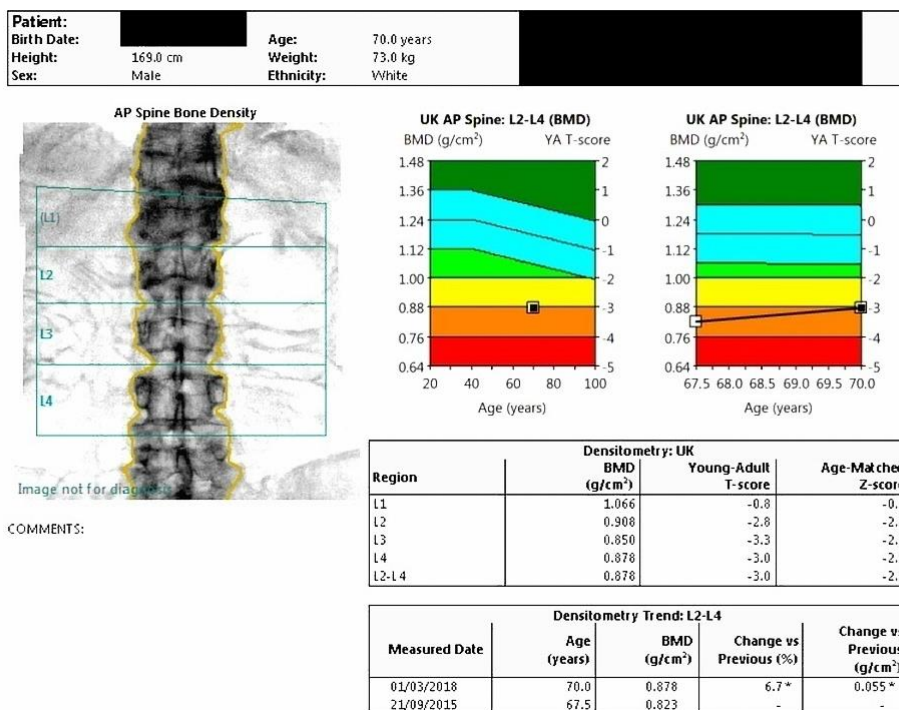


KUVA 4. T-luku ja Z-luku ero luuntiheysmittauksen kaaviossa (HUS-kuvantaminen 2018, 2).

Luuntiheyteen vaikuttavat ikä, sukupuoli ja etninen tausta. Potilaan etninen tausta vaikuttaa vertailuarvoihin, koska eri kansallisuuksien henkilöillä on keskenään erilaiset luuntiheydet. Suurimpien laitevalmistajien DXA-laitteille on määritetty jokaiselle etniselle ryhmälle omat viitearvot, joiden perusteella yksilöä voidaan verrata väestöön. Osteoporoosin diagnoosi tehdään vertaamalla yksittäisen potilaan luuntiheysarvoja oman etnisen ryhmän viitearvoihin. (IAEA 2010, 80.) Wilkinin yms. mukaan tummaihoisilla ja vaaleaihoisilla henkilöillä on korkeampi luuntiheys verrattuna latinalaisamerikkalaisiin. Vaaleaihoisten luuntiheys on tummaihoisten luuntiheyttä alempi. Korkeasta luuntiheydestä huolimatta vaaleaihoisilla on T-lu-

vusta nähtävillä osteoporoottisia tuloksia, kun taas tummaihoisilla ja latinalais-amerikkalaisilla on lähinnä osteopenisia tuloksia T-luvun perusteella. (Wilkin, Jackson, Sims & Haddock 2010, 200-201.)

Luuntiheysmittauksen yleisimmät löydökset ovat osteopenia ja osteoporoosi. World Health Organization (WHO) määritelmän mukaan tulokset ovat osteoporoottisia kun luun mineraalitiheys on alentunut 2.5 keskihajonnan (SD, engl. Standard Deviation) verran tai enemmän (T-luku ≤ -2.5), kun verrataan terveiden 20-40-vuotiaiden naisten keskimääräiseen luuntiheyteen. Mitä suurempi negatiivinen luku on, sitä vaikeampi on osteoporoosi. (NIH 2018, 1). Osteopenialla tarkoitetaan alentunutta luuntiheyttä, jolloin tulokset eivät ole vielä osteoporoosin tasolla. Osteopeniassa luuntiheys on 1-2.5 keskihajontaa pienempi kuin keskimääräinen luuntiheys ($-2.5 < \text{T-luku} < -1$). (WHO 1994, 5.) Luuntiheys on normaali T-luvun ollessa T-luku ≥ -1 (Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018). Vaikka WHO on määrittänyt vain naisille absoluuttiset luuntiheysarvot, voidaan arvoja soveltaa myös miehillä, koska naiset ja miehet saavat murtumia samassa suhteessa, kun heillä on sama absoluuttinen luuntiheystaso (Van der Klift. De Laet. McCloskey. Hofman & Pols 2002, 1051; Osteoporoosi: Käypä hoito -suositus 2018). Kuvissa 5 ja 6 on esimerkkejä luuntiheysmittauksen tuloksista ja kaavioista. Kuvissa on nähtävillä osteopeninen ja osteoporoottinen tulos.



KUVA 5. Lannerangan osteoporoottinen mittaustulos DXA-laitteella. (Radiopaedia.org, n.d)

Patient:		Facility ID:	
Birth Date:	87.1 years	Referring Physician:	
Height / Weight:	173.0 cm 72.5 kg	Measured:	
Sex / Ethnic:	Male White	Analyzed:	

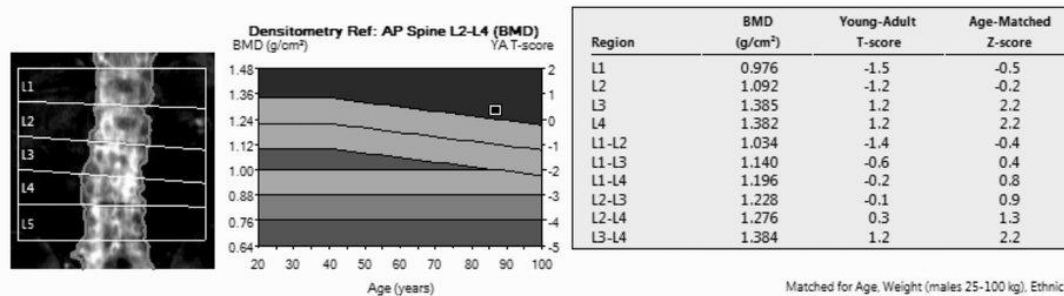


Image not for diagnosis

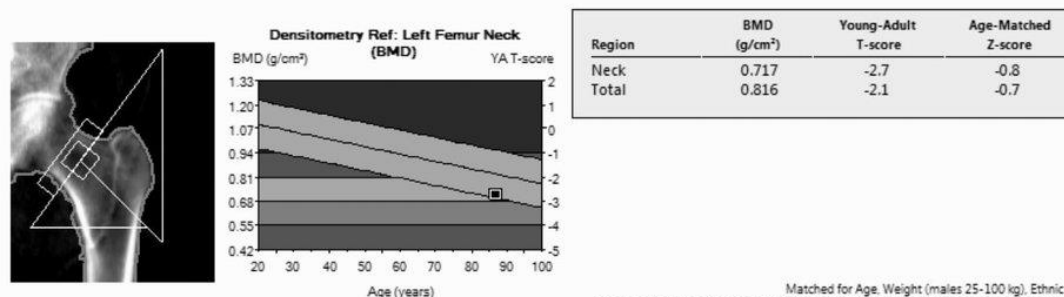


Image not for diagnosis

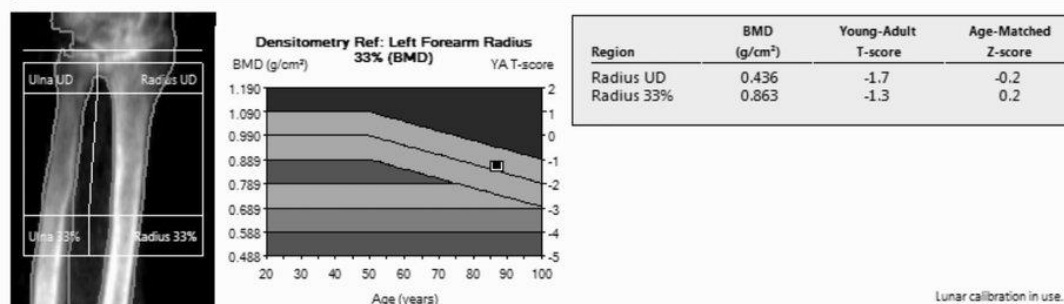


Image not for diagnosis

KUVA 6. Lannerangan, reisiluunkaulan ja kynnäriluun osteopeninen tulos. (Radiopaedia.org, n.d.)

2.4 Säteilysuojelu eri näkökulmista

Tutkimus, jossa käytetään ionisoivaa säteilyä, on oltava aina tarkkaan harkittu ja oikeutettu. Tutkimuksesta saatavan hyödyn on oltava suurempi kuin ionisoivasta säteilystä aiheutuvan haitan. Oikeutusperiaate yhdessä optimointiperiaatteen kanssa muodostavat säteilysuojelun pohjan. Optimointiperiaatteella tarkoitetaan tutkimuksen suorittamista mahdollisimman matalalla säteilyannoksella, kuitenkin

niin, että saadaan riittävä informaatio diagnoosia varten. Koska luuntiheysmittauksessa käytetään röntgensäteilyä, on tutkimuksen täytettävä myös oikeutusperiaate. (Säteilylaki 859/2018; STUK 2019.) Säteilysuojelua voidaan katsoa väestön yksilön, potilaan ja työntekijän näkökulmasta. Säteilyaltistuksen rajat on säädelty niin väestön yksilölle kuin säteilytyöntekijälle, mutta potilaille rajoja ei ole säädetty. (Bonnick & Lewis 2006, 236.)

Lähettävä lääkäri tekee jokaisen potilaan kohdalla oikeutusarvioinnin lähetettä tehdessään. Ennen lähetteen tekoa lähettävän lääkärin on hankittava tietoa aikaisemmista tutkimuksista ja siitä, onko samanlaista tutkimusta tehty aikaisemmin. Lääkärin on myös mietittävä, onko tutkimuksesta hyötyä ja antaako uusi tutkimus lisätietoa. Jokaisella lähettävällä lääkäriellä tulee olla saatavilla yleiset lähettämissuositukset, joiden mukaan lähete tehdään. (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018; Säteilylaki 859/2018.)

Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan, ICRP:n (International Commission on Radiological Protection) mukaan säteilysuojelun tehtävänä on estää deterministiset haittavaikutukset ja pienentää stokastisten haittavaikutusten riskiä. Deterministisillä haittavaikutuksilla on kynnysarvo, jonka ylittyessä haitta on varma. Jos säteilyannos jää pienemmäksi, ei haittaa tule. Stokastisilla haittavaikutuksilla ei ole kynnysarvoa. Tällöin haitta ei riipu saadusta annoksesta, mutta sen todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa. (Paile 2002, 44-45.) Luuntiheysmittauksista ei aiheudu isoja säteilyannoksia, joten deterministisiä haittavaikutuksiakaan ei aiheudu. Sen sijaan stokastisia haittavaikutuksia voi aiheutua, vaikka yksilön riski saada sellainen on hyvin pieni. Stokastinen haittavaikutus syntyy perimämuutoksesta yhdessä solussa. (Paile 2002, 45-46.)

2.4.1 Potilaan säteilysuojelu

Röntgensäteilyyn perustuvissa luuntiheysmittauslaitteissa potilaan säteilyaltistus on pieni. Suomessa potilaille aiheutuneet pinta-annokset luuntiheysmittauksessa ovat korkeintaan 0,3 mGy. Efektiivinen annos yhden alueen mittauksessa on muutamia kymmeniä mikrosievertejä (μSv) kun taas, luonnon taustasäteilyn

efektiivinen annos on noin 0,8 mSv vuodessa. (Bonnick & Lewis 2006, 213-214, 220; STUK 2015; Osteoporoosi: Käypä hoito - suositus 2018.)

Toiminnallisia säteilysuojelun keinoja ovat potilaan oikea asettelu, kuvakentän raja-
aus, oikeat kuvausarvot ja oikea analyysi. Kun tutkimus suoritetaan kerralla oi-
kein, ei tutkimusta tarvitse toistaa ja välttyään ylimääräiseltä säteilyltä. Mikäli po-
tilasta ei saa aseteltua ohjeistuksen mukaan, ei luuntiheysmittausta tulisi suorit-
taa, koska sen tulos ei ole silloin luotettava. (Bonnick & Lewis 2006, 226.)

Ennen tutkimusta potilaalta on selvittävä raskauden mahdollisuus. Raskauden
selvitys on tehtävä, koska säteily kohdistuu potilaalla lantion alueelle. Potilaalle
on myös selitettävä säteilyn vaikutukset sikiöön. (STUK 2019.) Luuntiheysmittaus
ei ole kiireellinen, joten tutkimusta ei ole syytä suorittaa raskauden aikana ilman
perusteltua syytä. (Bonnick & Lewis 2006, 226.) Jos luuntiheysmittaus tarvitsee
jostakin syystä tehdä raskaana olevalle potilaalle, silloin sikiön sädeannoksen mi-
nimoimiseksi tehdään kaikki mahdolliset säteilysuojelutoimenpiteet. Potilasta
kannustetaan odotus- ja pukeutumistiloissa olevilla kylteillä, kertomaan henkilö-
kunnalle raskaudesta ennen tutkimusta. (IAEA 2010, 13.) Lähetettä tehdessään
lähettävä lääkäri on tehnyt oikeutuksen tutkimukseen yksilöllisesti, jolloin lääkäri
on selvittänyt, että tutkimuksesta on enemmän hyötyä kuin haittaa potilaalle,
vaikka hän olisi raskaana (Säteilylaki 859/2019).

2.4.2 Tutkimuksen suorittajan säteilysuojelu

GE Healthcare (2010, 8) on arvioinut hoitajan annosta tilanteessa, jossa hoitaja
tekee keskimäärin viisi kaksoisreisiluun ja viisi lannerangan mittausta päivässä.
Tällöin mittausaika on 795 sekuntia päivässä. Kokonaisaltistus vuodessa on 1,03
mSv ja kokonaisabsorboitunut annos vuodessa 0,095 mSv.

Työntekijän säteilysuojelussa on kolme periaatetta, jotka ovat aika, etäisyys ja
suoja. Työntekijä ei altistu suoralle säteilylle, vaan huolena on sironnut säteily.
(Bonnick & Lewis 2006, 227; GE Healthcare 2010, 7). Sironnut säteily, eli sekun-
däärinen säteily syntyy, kun röntgenkvantti reagoi aineen kanssa, jolloin sen

suunta ja energia muuttuvat. (STUK 2004, 26.) Luuntiheysmittauksissa etäisyys on keskeisessä osassa hoitajan sädeannoksen pienentämisessä, sillä säteilyn vaimeneminen on kääntäen verrannollinen sen etäisyyden neliöön (Bonnick & Lewis 2006, 227; STUK 2007). Henkilöstömittarin, eli termoloistedosimetrin (TLD), käyttö ei ole tarpeellista luuntiheysmittauksissa (GE Healthcare 2010, 7).

Raskaana olevan työntekijän suositellaan kertovan työnantajalleen raskaudesta. Sikiö luokitellaan väestön yksilöksi, joten sitä koskee eri annosrajat kuin säteilytyöntekijää. Sikiön, eli väestön yksilön säteilyannos ei saa ylittää yhtä millisieverttiä vuodessa. Luuntiheysmittauslaitteella on erittäin epätodennäköistä, että nämä rajat ylittyisivät. (Paile 2002, 138; Bonnick & Lewis 2006, 229.) Valtionneuvoston asetuksessa on määritelty säteilyrajat A ja B -luokkaan kuuluville työntekijöille. Luokassa B, efektiivinen annos ei ole suurempi kuin 6 mSv vuodessa, eikä silmän mykiön tai ihon ekvivalenttiannokset ylitä määrättyjä rajoja (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018.) Luuntiheysmittauksessa työskentelevä röntgenhoitaja kuuluu luokkaan B, koska rajat eivät ylity.

2.5 Laadunvarmistus

Säteilylaki (859/2018) velvoittaa, että toiminnan harjoittajan on laadittava laadunvarmistusohjelma, jossa esitetään laadunvarmistustoimenpiteet, suoritukset, toimenpiderajat ja toimenpiteet rajojen ylittyessä. Toiminnan harjoittaja on turvallisuusluvanhaltija, yritys tai laitos, joka käyttää toiminnassaan säteilylähteitä tai harjoittaa säteilytoimintaa. Laadunvarmistusohjelmassa on kerrottava myös toiminnan toteuttamista koskevat vastuut, säteilylaitteiden ja ohjelmistojen teknisen testauksen ja tarkistamisen toteutusohjeet. (STUK n.d. a.; Säteilylaki 859/2018.)

Luuntiheysmittauslaitteiden laadunvarmistusohjeet tulevat laitevalmistajilta ja laadunvarmistusohjeista. Tavallisesti laitevalmistaja toimittaa testikappaleen eli fantomin päivittäisiä laadunvarmistustestejä varten. Useissa luuntiheysmittauslaitteissa laadunvarmistus suoritetaan automaattisesti käynnistyksen yhteydessä. Laadunvarmistustesteillä tarkistetaan luuntiheysmittausten toistettavuutta ja reunantunnistusohjelman oikeaa toimintaa. (STUK 2008, 67.)

Laadunvarmistusmittauksista saatuja fantomin mittaustuloksia, BMD-arvoja, verrataan Säteilyturvakeskuksen vastaanottotarkistuksessa määritettyihin vertailuarvoihin. Vertailuarvot voidaan määritellä esimerkiksi toistamalla luuntiheysmittaus kymmenen kertaa. Tällöin testikappale on asetettava uudestaan jokaiseen mittaukseen, jotta asettelutarkkuuden vaikutus tulee esille. BMD-arvot saavat poiketa 1,5% vertailuarvoista. Laitteen ryömintä, eli suorituskyvyn hidastuminen, voidaan havaita nopeammin, kun tiheysarvot esitetään graafisesti ja esitykseen piirretään myös 1,5%:n virherajat. Jos kaikki on kunnossa, näkyvät vakioisuusmittausten tiheysarvot tasaisesti vertailuarvon molemmiin puolin. (STUK 2008, 67.)

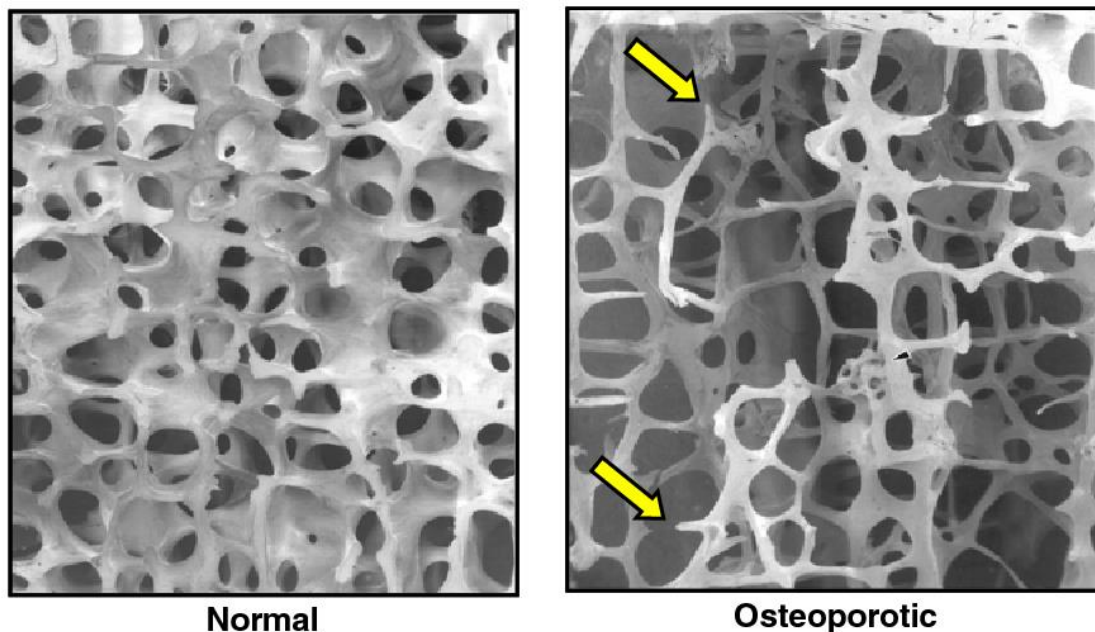
Laadunvarmistuksen ollessa puutteellista, voivat mittaustulokset olla virheellisiä. Tällöin diagnoosi, joka tehdään mittaustulosten perusteella, voi olla väärä ja potilaan säteilyaltistus turha. (Bonnick & Lewis 2006, 231-232.) Tekninen laadunvarmistus on siis pohjana oikeutusperiaatteen toteuttamiseen. Sen avulla laitteen suorituskyvyn hidastuminen voidaan havaita ennen kuin se vaikuttaa potilaiden mittaustuloksiin. (STUK 2008, 67.)

3 LUUN KEHITYS JA OSTEOPOROOSI

3.1 Luun kehitys

Luu on elävää kudosta, joka kehittyy lapsuuden sekä nuoruuden aikana ja uusiutuu koko elämän ajan (Hämäläinen & Kauppi 2007, 429). Luu koostuu erilaisista rakenteista. Niitä ovat luusolut eli osteoblastit ja osteoklastit, solunulkoinen väliaine eli osteoidi, soluton ja kalkkiutunut tukiverkko, verta muodostavan ytimen solut sekä luun lujuuden tekevä mineraali (hydroksiapatiitti). (Niinimäki 2005, 450; Hämäläinen & Kauppi 2007, 430.)

Luu uusiutuu osteoblastien ja osteoklastien avulla. Osteoklasti on solu, joka hajottaa vanhaa luuta ja osteoblasti on solu, joka tuottaa uutta luuta vanhan tilalle. Luun uusiutumisprosessiin osallistuu myös muita elimistön sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä. (Hämäläinen & Kauppi 2007, 429.) Luun aineenvaihduntaan vaikuttavat lisäkilpirauhashormoni, D-vitamiini, sukupuolihormonit, kasvuhormonit ja glukokortikoidit. Luu toimii myös elimistön kalsiumvarastona, josta kalsium tarpeen vaatiessa saadaan nopeasti verenkiertoon. (Niinimäki 2005, 450.) Jos ravinnossa ei ole riittävästi kalsiumia, elimistö alkaa käyttämään luun kalsiumvarastoja, jolloin luun vahvuus kärsii (Hämäläinen & Kauppi 2007, 430). Kuvassa 2 on esitetty osteoporoottisen luun ero normaaliin luukudokseen.



© 2000, David W. Dempster, PhD

KUVA 7. Vasemmalla normaali luukudos, oikealla osteoporoottinen luukudos.

(Dempster 2000)

Terve luu on kestävää, eikä murru helposti. Iän myötä luun vahvuus heikkenee. Luun määrä on suurimmillaan 20-30 ikävuoteen mennessä, jolloin saavutetaan myös luuntiheyden suurin vahvuus. Luun vahvuuden kehittymiseen vaikuttavat perimä, sairaudet sekä elintavat, ja ne vaikuttavat myös luuntiheyteen koko elämän ajan. Aikuisena luuntiheys alkaa alentua. Varsinkin hormonaalisten ja liikunnallisten tottumuksien muutokset vauhdittavat luuntiheyden pienenemistä. (Hämäläinen & Kauppi 2007, 430.) Naisilla estrogeenin väheneminen menopaussin aikana vaikuttaa luuntiheyden alenemiseen, sillä estrogeeni ylläpitää osteoblastien ja osteoklastien tasapainoa ja edistää D-vitamiinin imeytymistä. (Komulainen, Tuppurainen, Kröger 2003, 2183.) Liikunta kasvuiässä lisää luun lujuutta ja massaa. Vaihdevuosien aikana ja niiden jälkeen liikunta hidastaa luun tiheyden alenemista (Kannus 2018).

3.2 Osteoporoosi

Osteoporoottiset murtumat esiintyvät reisiluun yläosassa, nikamissa kompressio-murtumana ja ranteessa, murtumat voivat olla myös muualla kehossa. Murtumien syntymiseen vaikuttavat luuhun kohdistuva trauma ja luun lujuus. Luun mineraalitiheys selittää luun lujuudesta 80-90%, jolloin luun mineraalitiheyden mittaaminen on luotettava tapa ennakoida murtumaa. (Jurvelin & Kröger 2003, 516.)

Osteoporoosia on kahta eri tyyppiä, primääristä ja sekundääristä. Primäärisellä osteoporoosilla tarkoitetaan osteoporoosia, jolla ei ole selvää syytä. Se voidaan jaotella vielä kolmeen eri alaluokkaan, jotka ovat: 1) vaihdevuosi-iän ylittäneet naiset, joilla esiintyy estrogeenivajeesta johtuva tyypin 1 osteoporoosi, 2) naisilla ja miehillä esiintyvä, ikääntymiseen liittyvä tyypin 2 osteoporoosi ja 3) idiopaattinen osteoporoosi eli syy osteoporoosiin on tuntematon. Sekundäärisellä osteoporoosilla tarkoitetaan osteoporoosia, jonka taustalla on jokin yleinen sairaus tai lääkeaine, joka aiheuttaa luukatoa. (Järveläinen & Remes & Viikari 1999.) Näitä sairauksia ovat esimerkiksi, hormonihäiriö, keliakia, reuma, kilpirauhasen sairaus tai diabetes. Esimerkkinä näistä lääkityksistä ovat hepariini, syöpähoidot tai pitkäaikainen kortisonilääkitys eli glukokortikoidi. (Osteoporoosi: Käypä hoito - suositus 2018.)

Osteoporoosi voi olla myös paikallista tai yleistynyttä. Paikallinen osteoporoosi voi johtua immobilisaatiosta. Immobilisaatiolla tarkoitetaan liikkumattomaksi tekemistä tai lepoon asettamista (Lääketieteen sanasto 2018). Luu tarvitsee rästystä, jotta se pysyy vahvana. (Niinimäki 2005, 450.) Yleistyneen osteoporoosin tavallisimmat muodot ovat vanhuuteen ja postmenopausaaliin liittyvät osteoporoosit. Postmenopausilla tarkoitetaan kuukautisten loppumisen jälkeisiä vuosia (Lääketieteen sanasto 2018). Muita syitä yleistyneelle osteoporoosille ovat esimerkiksi raskaus, alkoholismi, steroidihoidot ja monet yleissairaudet. (Niinimäki 2005, 450.)

Osteoporoosi on naisilla yleisempää kuin miehillä, koska naisten luuntiheys on keskimääräistä alhaisempi kuin miesten. Alentunut luuntiheys voi myös johtua esimerkiksi anatomisista syistä. Naisilla on miehiä pienemmät luut, mikä vaikuttaa luuntiheysmittaukseen, koska suurikokoinen luu vaikuttaa pienempää luuta

tiheämmältä. Osteoporoosin yleisyys lisääntyy vanhemmissa ikäryhmissä, koska iän myötä myös luuntiheys laskee. (Hämäläinen & Kauppi 2007, 430.)

Osteoporoosiin liittyy monia riskitekijöitä kuten ikä, hormonitoiminta, ravitsemustila, liikunta, luusto ja ruumiinrakenne sekä sairaudet ja lääkkeet. Yleisimpiä riskitekijöitä ovat naisten vaihdevuodet, ikä yli 65-vuotta, D-vitamiinin puutos, vähäinen liikunta, hento ruumiinrakenne, reumasairaudet, diabetes, anoreksia, luustoon vaikuttava lääkitys sekä pitkäaikainen kortisonilääkitys. (Hämäläinen & Kauppi 2007, 431.)

WHO:n tutkimusryhmän raportin mukaan osteoporoosi aiheuttaa maailmalla yli 8,9 miljoonaa murtumaa vuosittain, joista yli puolet (yli 4,5 miljoonaa) aiheutuu Amerikassa ja Euroopassa. Osteoporoosi ei ole ainoastaan merkittävä syy murtumien syntymiselle, vaan se on myös hyvin yleinen sairaus. Osteoporoosi voi aiheuttaa vakavia komplikaatioita, jotka voivat olla ikääntyneille ihmisille hengenvaarallisia. Reisiluun kaulan murtumat aiheuttavat eniten sairastavuutta ja kuolleisuutta, mikä heijastuu terveydenhuollon lisääntyvillä kustannuksilla. Muut osteoporoottiset murtumat aiheuttavat vähemmän taloudellisia vaikutuksia, vaikka ne aiheuttavat lisää sairastavuutta ja joissain tapauksissa nostavat kuolleisuutta. Korkean tulotason maissa osteoporoottiset murtumat, aiheuttavat enemmän vuodepäiviä sairaalassa kuin esimerkiksi sydäninfarkti, rintasyöpä tai eturauhassyöpä. Taulukossa 2 on esitetty alueittain osteoporoottisten murtumien arviot ja toteutuneet murtumat tuhansittain. (WHO 2004, 2, 7-8.)

TAULUKKO 2. Osteoporoottisten murtumien lukumäärällinen arvio alueittain vuonna 2000, miehillä ja naisilla, jotka ovat 50-vuotiaita tai yli (WHO 2004, 2).

WHO:n alue	Odottettujen murtumien lukumäärä alueittain (luvut tuhansia)				Kaikki osteoporoottiset murtumat	
	LAN-TIO	LANNE-RANKA	PROKSI-MAALINEN OLKALUU	KYY-NÄR-VARSI	Lukumäärä	Prosentit
Afrikka	8	12	6	16	75	0,8
Amerikka	311	214	111	248	1406	15,7
Kaakkois-Aasia	221	253	121	306	1562	17,4
Eurooppa	620	490	250	574	3119	34,8
Itäinen Välimeri	35	43	21	52	261	2,9
Läntinen Tyyni valtameri (Australia, Kiina, Japani, Uusi-Seelanti & Korean tasavalta	432	405	197	464	2536	28,6
Yhteensä	1672	1416	706	1660	8959	100

4 VERKKO-OPPIMATERIAALI ITSEOPISKELUSSA

4.1 Verkko-oppimateriaali oppimisen tukena

Verkko-oppimateriaali on Internetin välityksellä saatavaa ja käytettävää opiskelumateriaalia. Opetushallitus määrittelee verkko-oppimateriaalille pedagogisen laadun kriteerit, jotka on päivitetty 2011. Laadukasta verkko-oppimateriaalia voidaan käyttää oppilaan osaamisen tason ja tarpeiden mukaan. Se tukee ja aktivoi oppilaan ajattelua sekä keskittyy ydinasioihin ja on helppokäyttöinen. (Ilomäki 2012, 5, 11.) Kun verkko-oppimateriaali toimii niin sanottuna itseopiskelumateriaalina, on otettava huomioon, ettei opiskelijalla ole opettajaa keneltä kysyä ohjeita epäselvissä tilanteissa. Verkko-oppimateriaali on hyvä testata ja laatia niin selkeäksi, ettei epäselvyyksiä pääse syntymään, muuten oppimisprosessi voi jäädä kesken. (Kalliala 2002, 28.)

Verkko-oppimateriaalin hyviä puolia ovat, että opiskelija pystyy itse vaikuttamaan asioihin, joihin hän perehtyy enemmän, ja ohittaa asiat, jotka ovat jo tuttuja. Verkko-opiskelussa korostuu opiskelijan vastuu omasta oppimisestaan. (Kalliala 2002, 31, 37-38.) Vaikka opiskelijan vastuu lisääntyy, niin samalla virtuaaliset välineet ja tietotekniikka voivat tuoda opiskeluun uusia tapoja ja näin innostaa opiskeluun eri tavalla (Mäkitalo & Wallinheimo 2012, 39).

Pedagogisesti laadukas verkko-oppimateriaali tukee haastavien asioiden omaksumista, esimerkiksi esittämällä ja havainnollistamalla opetettava asia eri tavoin. Materiaalin rakenne tulisi olla hyvin hahmotettavissa ja sen tulisi tukea oppijan motivaatiota. Materiaalin käytön olisi hyvä olla myös joustavaa niin, että sen käyttö sallii keskeytyksen ja käytön jatkamisen. (Opetushallitus 2006, 8, 15-16.)

Vainionpään (2006) tutkimusaineiston mukaan opiskelijat pitävät verkko-opiskelua mielekkäänä, koska sen etuna on riippumattomuus ajasta ja paikasta. Tutkimukseen osallistuneiden opettajien näkemyksen mukaan verkko-opiskeluun so-

veltuu aktiivinen opiskelija, joka oppii tekemällä sekä kokemalla. Tutkimusaineiston opettajien mielestä verkko-opiskelu sopii kuitenkin kaikille oppimistyyyleille, mikäli ne huomioidaan kurssin suunnittelussa. (Vainionpää 2006, 7, 196-197.)

Moodle on suosittu verkko-opetusympäristö. Se on hyvä työkalu kurssimateriaalin keräämiseen yhteen paikkaan. Moodlea voidaan hyödyntää eri tarkoituksiin, kuten opetukseen, materiaalin jakamiseen, tiedottamiseen ja yhteydenpitoon. Jotta Moodlella voi toimia opettajana, tarvitaan Moodleen kurssitila ja opettajan oikeudet kyseiselle kurssille. (Yli-Luoma & Pirkkalainen 2005, 44–45; Karevaara 2008, 15, 35).

4.2 Verkko-oppimateriaalin sisältö

Verkko-oppimateriaalissa sisällön on oltava oikeellista, ajantasaista, riittävää ja merkityksellistä. Kun asia kerrotaan eri näkökulmista, on sen sisäistäminen helpompaa. Myös tiedon perustelu auttaa oppijaa ymmärtämään sen merkityksen. (Opetushallitus 2006, 8, 16-17.)

Verkko-oppimateriaalin asiajärjestyksen tulisi edetä loogisesti. Tällöin muodostuu juoni, jota on sujuva seurata ja sen sisältö jää paremmin mieleen. Juonen voi rakentaa esimerkiksi aihe-, aika- tai tärkeysjärjestyksen mukaan. Selkeä ja mieleenpainuva teksti sisältää lyhyitä kappaleita, eikä ole liian luettelomaista. (Hyvärinen 2005.) Jotta opiskelijan kiinnostus heräisi opiskeltavaa asiaa kohtaan, voi materiaali sisältää humoristisia, yllätyksellisiä tai konkreettisia elementtejä. Kiinnostusta voi herättää myös esteettisillä keinoilla, kuten värien käytöllä. (Tapola & Veermans 2012, 75-76.)

Kuvat toimivat tekstin tukena ja parantavat tekstin silmäiltävyyttä. Hyvä kuva täydentää ja auttaa havainnollistamaan tekstiä, ne voivat myös auttaa asian muistamisessa. Kuva myös tukee opiskelijaa hahmottamaan asiakokonaisuuksia. (Aho & Kullaslahti 2006, 23; Alasilta 1999, 124–125.) Videoiden avulla voidaan havainnollistaa eri työvaiheita, jolloin ne auttavat tiedon ymmärtämistä ja sisäistämistä. (Aho & Kullaslahti 2006, 24.)

Kun käytetään kuvia ja videoita, on otettava huomioon myös niiden tekijänoikeudet. Tekijänoikeuksilla suojattua materiaalia saa käyttää maksuttomassa opetuksessa, jos teoksen alkuperäiseltä tekijältä tai oikeuksien haltijalta on saatu lupa materiaalin käyttöön, jos tekijä on myöntänyt luvan opetuskäyttöön, teos on lisensoitu Creative Commons (CC)-lisenssillä tai teoksen suoja-aika, 70 vuotta, on päättynyt. (Moodle2 n.d..) Mikäli kuva on CC-lisensoitu, on tekijä ja lisenssi merkittävä kuvan yhteyteen. Lupa kuvan käyttöön voidaan myöntää myös sivustolla, josta kuva on lainattu tai se on voitu antaa kuvapankin käyttöehdoissa. (Kopiraitila n.d.) Jos Youtube.com videon pystyy upottamaan upotuskoodin avulla, on sen palveluun ladannut henkilö antanut oikeudet käyttöehtojen kautta. Upottaminen ja linkittäminen videoon ovat sallittuja. (Toikkanen 2011.)

Teoksen julkista esittämistä on, jos teos on saatettu usean henkilön saataville henkilökohtaisen kuvaruudun välityksellä. Jos henkilö voi itse valita ajankohdan, jolloin hän saa teoksen käyttöönsä, ei teosta ole esitetty julkisesti, vaan kyseessä on teoksen välittäminen pyynnöstä yleisölle. (Hallituksen esitys 28/2004.) Moraalinen, respektioikeus varmistaa, ettei teosta saa muuttaa kirjallista tai taiteellista arvoa tai omalaatuisuutta loukkaavalla tavalla, eikä sitä saa esittää tekijää loukkaavassa yhteydessä. (Tekijänoikeuslaki 22.5.2015/607)

4.3 Verkko-oppimateriaalin ulkoasu

Kirjaintypografia on osa verkko-oppimateriaalin ulkoasua ja yleisilmettä. Siihen sisältyy niin tekstin fontin valinta kuin esimerkiksi tekstin asettelu. Fontin pitää sopia yhteen ulkoasun kanssa ja on toivottavaa pitäytyä muutamassa eri fontissa. Materiaalista tulee näin tasapainoinen kokonaisuus. Myös merkkivälit, rivien pituudet ja muut vastaavat seikat pitää suunnitella etukäteen, mutta kirjaintypografialle ei ole olemassa tiettyjä tai oikeita kriteereitä. Onnistuneen kirjaintypografian tietää siitä, että tekstin lukeminen on helppoa ja miellyttävää. (Pesonen 2007, 13, 29, 33–34.)

Värit ovat keino korostaa tekstiä ja vaikuttaa luettavuuteen. Tekstin tulisi erottua taustastaan selkeästi, joten niiden kontrastieron tulisi olla tarpeeksi suuri. Vastavärit ja tasavahvat värit tekevät tekstistä vaikealukuisen. (Pesonen 2007, 60-61.)

5 TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI

5.1 Toiminnallisen opinnäytetyön menetelmä

Toiminnallisella opinnäytetyöllä tarkoitetaan kaksiosaista työtä, johon kuuluu kirjallinen raportti ja lopputuote, joka on syntynyt työelämän tarpeiden pohjalta, opinnäytetyöprosessin seurauksena (Roivas & Karjalainen 2013, 79-80). Opinnäytetyön raportista selviää mitä tehdään, miten tehdään ja miksi tehdään. Raportissa arvioidaan myös omaa työskentelyä ja lopputuotetta. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 65.) Tuotteen lopullinen ulkoasu määräytyy tehtävänannon mukaan. Se voi olla esimerkiksi turvallisuusohjeistus, perehdyttämisopas, luentosarja, vihko tai kirja (Roivas & Karjalainen 2013, 79-80). Kun tuotteen ulkoasu on päätetty, on siitä tarkoitus tehdä mahdollisimman erottuva, yksilöllinen ja persoonallisen näköinen. Opinnäytetyön tulisi olla valmistuessaan käytännönläheinen, riittävällä tiedolla ja taidolla toteutettu sekä ennen kaikkea työelämälähtöinen. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9-10.) Toiminnalliselle opinnäytetyölle tyypillinen piirre on se, että siinä on mukana useampi eri henkilö, esimerkiksi opiskelija, ammattikorkeakoulun puolesta määrätty ohjaaja ja työelämän edustaja (Vilkkä & Airaksinen 2003, 49).

Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on laatia ratkaisu työelämän antamaan kehittämiskohteeseen, jota voidaan konkreettisesti hyödyntää työelämän toiminnassa (Roivas & Karjalainen 2013, 79-80). Mutta koulutuksen ja opinnäytetyön tavoitteena on valmistaa opiskelijat valmistuessaan toimimaan oman alansa asiantuntijoina (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9-10). Opinnäytetyö toimii samalla myös ammatillisen sekä persoonallisen kasvun välineenä ja muut ihmiset pystyvät arvioimaan sen avulla opiskelijoiden ammatillista osaamista (Vilkkä & Airaksinen 2003, 65).

Toiminnallinen opinnäytetyö on tutkimuksellinen työ, vaikka se ei ole varsinainen tutkimus. Tämä johtuu siitä, että toiminnalliset työt perustuvat tutkittuun tietoon ja niissä yhdistyvät sekä teoreettinen tieto että käytäntö. Opinnäytetyön teossa vaaditaan oman alan näyttöön perustavan tiedon tuntemusta, koska eri aloilla voi olla

hyvin erilaiset kehittämistarpeensa. (Roivas & Karjalainen 2013, 79-80.) Opin­näytetyö, joka on tullut työelämästä toimeksiantona, lisää vastuunottoa opin­näytetyöstä. Se opettaa myös projektityöskentelyä, jossa täytyy ottaa huomioon suunnitelma, toimintaehdot ja tavoitteet, aikataulutukset sekä tiimityö. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 17.)

Tämä opin­näytetyö toteutettiin toiminnallisena opin­näytetyönä ja lopputuotteena on verkko-oppimateriaali TAMKin röntgenhoitajaopiskelijoille. Verkko-oppimateriaalin avulla röntgenhoitajaopiskelijat voivat itsenäisesti opiskella luuntiheysmittauksen suorittamista ja siihen liittyvää laitetekniikkaa.

5.2 Verkko-oppimateriaalin suunnittelu, toteutus ja arviointi

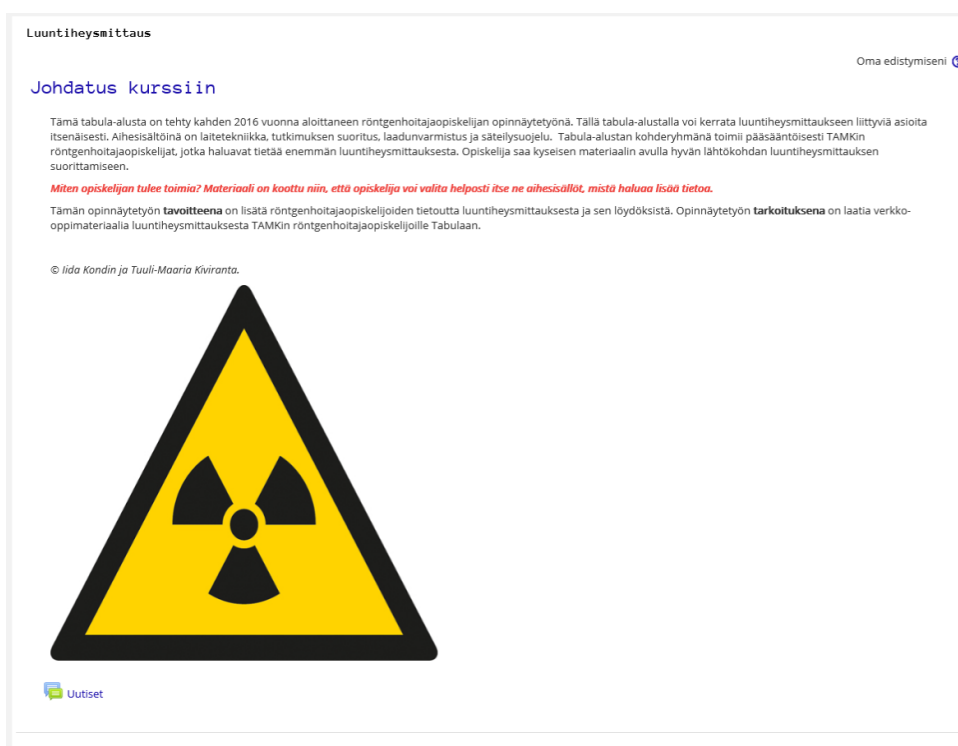
Koko opin­näytetyön tekeminen alkoi aiheen valitsemisella. Tässä opin­näytetyössä lopputuotteena on verkko-oppimateriaali Tabulaan luuntiheysmittauksesta. Opin­näytetyön tekijät päättivät myös verkko-oppimateriaalin kohderyhmän. Kohderyhmänä toimi Tampereen ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelijat. Lopputuotteen ja kohderyhmän valinnan jälkeen päätettiin verkko-oppimateriaalin tavoitteet, jotka olivat, että röntgenhoitajaopiskelijat saisivat kokonaisvaltaisen käsityksen luuntiheysmittauksesta sekä ymmärtävät paremmin potilaan hoitopolun luuntiheysmittauksessa.

Verkko-oppimateriaalin sisältöä lähdettiin suunnittelemaan aihepiireittäin. Ensin kartoitettiin mitä asioita luuntiheysmittauksesta on käsitelty opinnoissa. Opintosuunnitelmassa luuntiheysmittausta on käsitelty vain laitetekniikan osalta. Opin­näytetyön tekijät halusivat kiinnittää huomion myös muihin asioihin kuin pelkästään laitetekniikkaan. Tekijät halusivat lisätä tietoutta myös asettelun, analysoinnin, säteilysuojelun ja tulosten kannalta. Opintosuunnitelmasta puuttuvien aiheiden avulla yritettiin tehdä opiskelijoiden tarpeita täyttävä materiaali.

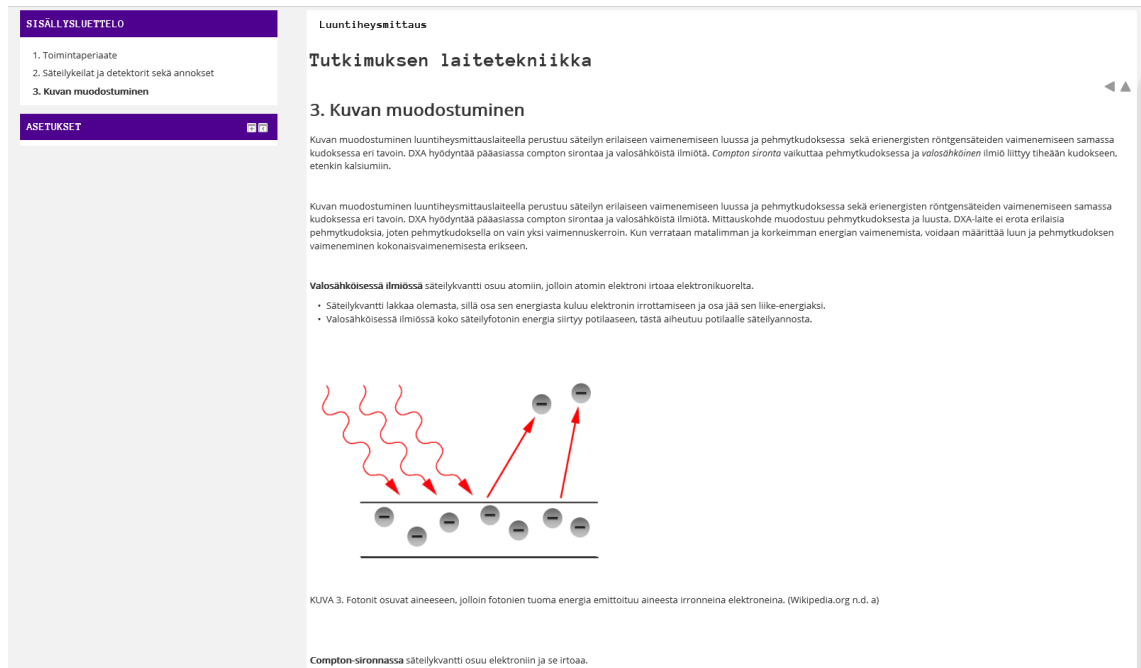
Verkko-oppimateriaalista tehtiin mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen, jotta röntgenhoitajaopiskelijoiden mielenkiinto pysyisi yllä verkko-oppimateriaalia läpi käydessään. Verkko-oppimateriaali jaettiin eri aihealueisiin; yleistä luuntiheysmit-

tauksesta, laitetekniikka, tutkimuksen suoritus ja tulokset, luu ja osteoporoosi, säteilysuojelu ja laadunvarmistus. Materiaalin jakaminen omiin aihealueisiin ja pienempiin osioihin selkeyttävät materiaalia, eikä tee materiaalista liian raskasta opiskelijalle. Aihepiirien avulla opiskelija pystyy myös itse valitsemaan, mitä aihealueita hän haluaa käydä läpi ja mitä ei. Verkko-oppimateriaalin visuaalisuutta lisättiin kuvien avulla.

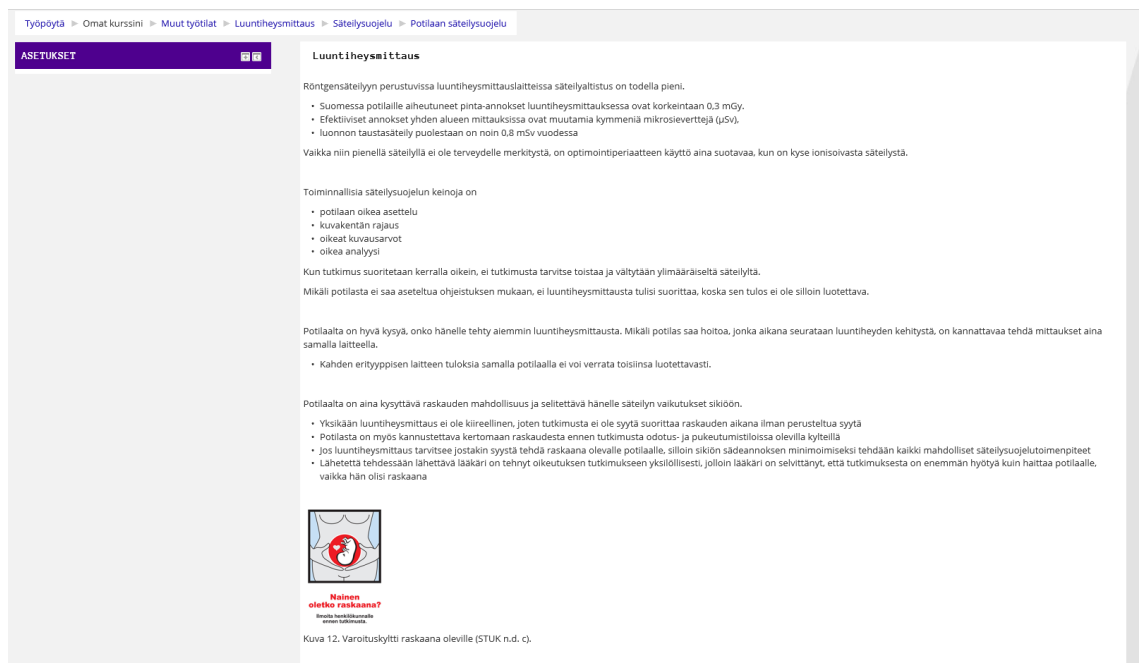
Verkko-oppimateriaalista tehtiin mahdollisimman monipuolinen. Aivan aluksi on johdatus kurssiin, joka esitetty kuvassa 8. Osa materiaaleista laitettiin tiedostona Tabula-alustalle ja joistakin asioista haluttiin tehdä kirjallinen materiaali. Kuvassa 9 on kirjanäkymä ja kuvassa 10 on tiedostonäkymä. Verkko-oppimateriaalin loppuun laadittiin materiaalien pääasiat kokoava tentti. Tentissä on kymmenen kysymystä, joissa vastataan valitsemalla oikea vastaus a,b ja c- vaihtoehdoista, mutta on myös kysymyksiä, joissa yhdistetään oikea termi oikeaan selitykseen. Kuvassa 11 näkyy osa tenttikysymyksistä.



KUVA 8. Verkko-oppimateriaalin etusivulta löytyvä johdatus kurssiin.



KUVA 9. Kirjanäkymä, jossa aihe vaihtuu sivu kerrallaan.



KUVA 10. Tiedostonäkymä, joka aukeaa suoraan omaksi kokonaisuudeksi.

TENTIN NAVIGAATIO

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Lopeta tentti

Aloita uusi esikatselu

ASETUKSET

Luuntiheysmittaus

Kysymys 1

Ei vielä vastattu

Kokonaispisteistä 1,00

Merkitse kysymys

Muokkaa kysymystä

Mikä seuraavista kuuluu luuntiheysmittauksen yleisiin mittauskohteisiin?

Valitse yksi tai useampi:

☐ a. Lanneranka
 ☐ b. Rintaranka
 ☐ c. Polvi
 ☐ d. Käsi

Kysymys 2

Ei vielä vastattu

Kokonaispisteistä 1,00

Merkitse kysymys

Muokkaa kysymystä

Lasten mittauskohteina käytetään koko kehoa ja rannetta.

Valitse yksi:

☐ Tosi
 ☐ Epätosi

Kysymys 3

Ei vielä vastattu

Kokonaispisteistä 1,00

Merkitse kysymys

Muokkaa kysymystä

Yhdistä oikea termi ja selitys.

Immobiliisaatio

Valitse...

Valosähköinen ilmiö

Valitse...

Degeneraatio

Valitse...

Postmenopaus

Valitse...

Comptonin sironta

Valitse...

Sklerootinen

Valitse...

Kysymys 4

Ei vielä vastattu

Kokonaispisteistä 1,00

Merkitse kysymys

Muokkaa kysymystä

Röntgenputki on yleensä potilaan yllä

Valitse yksi:

☐ Tosi
 ☐ Epätosi

Kysymys 5

Ei vielä vastattu

Kokonaispisteistä 1,00

Merkitse kysymys

Muokkaa kysymystä

Tutkimushuoneen seinät, lattia ja katto tarvitsee lisäsuojalevyt, jotta säteily ei tunkeudu muihin tiloihin.

Valitse yksi:

☐ Tosi
 ☐ Epätosi

KUVA 12. Lopputentin kysymysmuotoja.

Luotettavien ja tarpeeksi uusien lähteiden hakeminen oli aluksi hidasta, mutta lopulta löytyi paljon hyviä lähteitä, joissa oli ajankohtaista ja laadukasta tietoa alan ammattilaisilta. Osa opinnäytetyön teoriaosuuden tekstistä käytettiin suoraan verkko-oppimateriaalin tekstinä, mutta se sisältää myös sellaista tekstiä, jota teoriaosuudessa ei ole käytetty. Verkko-oppimateriaaliin lisättiin Youtube.com-linkkejä ja linkit on määritetty avautumaan uuteen ikkunaan, jolloin Tabula-alustalta ei tarvitse poistua kesken opiskelun. Videoiden toivottiin auttavan erilaisia opiskelijoita sisäistämään asian ja pitämään mielenkiintoa yllä. Osteoporoosin käypä hoito-suositusten-linkki lisättiin myös Tabula-alustalle.

Verkko-oppimateriaali annettiin testattavaksi elokuussa 2019 toisen vuoden röntgenhoitajaopiskelijoille. Tarkoituksena oli muokata verkko-oppimateriaalia toimivammaksi palautteiden perusteella. Valitettavasti testiryhmä jäi pieneksi, eikä palautetta saatu.

6 POHDINTA

6.1 Opinnäytetyön prosessi

Opinnäyteprosessi alkoi aiheseminaarista keväällä 2018, jossa esiteltiin opinnäytetyöaiheita. Tammikuussa 2019 muutimme aiheitamme hieman ja yhteistyökumppaniksi tuli TAMK. Uusi opinnäytetyön aihe oli meidän mielestämme hyvä, sillä luuntiheysmittaukseen liittyviä asioita ei käsitellä opintosuunnitelmassa kuin laitetekniikan osalta. Verkko-oppimateriaalin aiheet valitsimme sillä perusteella, mitä oppitunneilla ei ole käyty läpi. Tällöin pystyimme keskittymään vain tarpeeseen tuleviin aiheisiin.

Opinnäytetyön suunnitelma hyväksyttiin maaliskuussa 2019, jonka jälkeen kirjoitimme yhteistyökumppanin kanssa opinnäytetyösopimuksen. Opinnäytetyösopimuksen allekirjoittamisen jälkeen saimme Tabulaan kurssialustan ja opettajan oikeudet lähteä rakentamaan verkko-oppimateriaalia. Verkko-oppimateriaalin tekeminen opinnäytetyön teorian pohjalta sujui hyvin.

Palautimme valmiin opinnäytetyön syyskuussa 2019. Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietoutta luuntiheysmittauksesta ja sen löydöksistä. Tarkoituksena oli laatia verkko-oppimateriaalia luuntiheysmittauksesta TAMKin röntgenhoitajaopiskelijoille Tabulaan ja tavoitteena oli lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietoutta luuntiheysmittauksesta. Tavoitteet täyttyivät mielestämme, sillä verkko-oppimateriaali sisältää hyvin tietoa luuntiheysmittauksesta ja sen löydöksistä, mikä on tärkeää myös potilaan ohjauksen näkökulmasta. Opinnäytetyön tarkoitus on myös saavutettu,

6.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön luotettavuus on huomioitu käyttämällä mahdollisimman uusia ja ensisijaisia lähteitä, joissa tieto on ajantasaista. Työssä on käytetty myös muutamia toissijaisia lähteitä. Monet lähteistä ovat tunnettuja ja niitä on käytetty myös

muissa opinnäytetöissä ja graduissa. Plagiointi eli idean varastaminen on epäeettistä, joten lähdeviitteet on merkittävä selkeästi (Vilkkä & Airaksinen 2003, 78). Huolehdimme siitä, että lähteisiin on viitattu oikein, eikä niitä ole plagioitu. Tarkat lähdemerkinnät mahdollistavat kenen tahansa pääsyn tarkastamaan viitteen oikeellisuuden ja lisää siten luotettavuutta. Lähdemerkinnät on tehty TAMKin kirjallisen raportoinnin ohjeen mukaan.

Opinnäytetyössä ja verkko-oppimateriaalissa käytetyt kuvat ovat kaikki CC-lisensioituja. Kuvat ovat valittu havainnollistamaan kirjoitettua tekstiä mahdollisimman hyvin, jolloin ne tukevat opinnäytetyön sisältöä.

Luuntiheysmittauksen verkko-oppimateriaali annetaan TAMKin käyttöön. Tekijänoikeudet pysyvät opinnäytetyöntekijöillä, mutta muokkausoikeus annetaan TAMKille, jotta materiaalin päivittäminen onnistuu jatkossa. TAMKin röntgenhoitajaopiskelijat pystyvät itsenäisesti käyttämään verkko-oppimateriaalia.

6.3 Oma oppimiskokemus ja kehittämis ehdotukset

Opinnäytetyön tekeminen opetti meille ajankäyttöä ja tiedon hakua. Prosessin alussa tehty aikataulu ei kaikilta osin mennyt suunnitelman mukaan, vaikka opinnäytetyö palautettiin aikataulun mukaisesti. Pelkästään opinnäytetyösuunnitelman tekeminen vei aikaa puoli vuotta, mutta valmis suunnitelma antoi hyvän pohjan opinnäytetyön raportille. Meidän mielestä oli hyvä asia tehdä opinnäytetyö pareittain, sillä toiselta sai aina tukea tarvittaessa, eikä opinnäytetyöhön liittyviä päätöksiä tarvinnut tehdä yksin. Vaikka työ tehtiin pareittain, niin itsenäiselle työskentelyllekin jäi tilaa. Tehtävien jakaminen opinnäytetyön tekijöiden kesken onnistui hyvin. Koimme myös ohjaavien opettajien antamat palautteet ja kehitysehdotukset hyödyllisiksi, sillä omalle työlle sokeutuu väistämättä.

Koimme, että kummatkin opinnäytetyöntekijät kehittivät ammatillisesti opinnäytetyöprosessin aikana. Vaikka luuntiheysmittaus on pieni osa siitä mitä röntgenhoitaja työssään tekee, antaa aiheen syvällisempi ymmärrys ammatillista itsevarmuutta. Myös ison kirjallisen työn tekeminen on opettanut meille ajankäytön lisäksi tieteellisen tekstin kirjoittamista.

Kehittämisehdotuksena työllemme on asettelukuvien lisääminen verkko-oppimateriaaliin. Asettelukuvat eri alueiden kuvauksista selkeyttäisi tekstiä ja havainnollistaisi paremmin opiskelijalle tekstin sisältöä.

7 LÄHTEET

Adler, R. 2010. Osteoporosis: Pathophysiology and clinical management. Second edition. Humana Press. New York.

Aho & Kullaslahti 2006. Verkko-opetuksen tuotannosta opittua. Hämeen ammattikorkeakoulu. E-Learning centre.

Alasilta, A. 1999. Näin kirjoitat tehokkaasti: viestintäopas työelämän kirjoittajille. Helsinki: Inforviestintä.

Bonnick, S., Lewis, L. 2006. Bone Densitometry for Technologists. Second edition. Clinical Research Centre of North Texas, Denton. Humana Press Inc. Totowa New Jersey.

Dempster, D. 2000. Osteoporosis: burden, health care provision and opportunities in the EU Luettu 4.4.2019. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11657-011-0060-1>

GE Healthcare. 2010. Lunar enCORE-pohjainen röntgendensitometri Turvallisuustietoja ja tekniset tiedot –opas.

HUS-kuvantaminen. 2018. Luuntiheysmittausten tulkintaohje perusterveydenhuollossa. Ohje lähettävälle yksikölle. Päivitetty 28.5.2018. Helsingin yliopistollisen sairaalan klinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen työohjeet. Luettu 8.4.2019. https://huslab.fi/hus_kuvantaminen/yleisohjeet/yleisohjeet/yleisohjeet_luun_tiheysmittaukset/luuntiheysmittausten_tulkintaohje_perusterveydenhuollossa.pdf

Hämäläinen, H. & Kauppi, M. 2007. Osteoporoosi. Teoksessa Martio, J., Karjalainen, A., Kauppi, M., Kukkurainen, M. & Kyngäs H. (toim.) Reuma. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 429-443.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2010. Dual Energy X Ray Absorptiometry for Bone Mineral Density and Body Composition Assessment, human health series 15.

Ilomäki, L. (toim.) 2012. Laatua e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Oppaat ja käsikirjat 2012:5. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. Luettu 2.4.2019. https://www.opf.fi/sites/default/files/documents/144415_laatua_e-oppimateriaaleihin_2.pdf

International Society of Clinical Densitometry. Official Position - Adult 2015. Luettu 13.5.2019. <http://www.iscd.org/official-positions/2015-iscd-official-positions-adult/>

Jones, G., Nguyen, T, Sambrook, P., Kelly, P., Eisman, J. 1994. Progressive loss of bone in the femoral neck in elderly people: longitudinal findings from the Dubbo osteoporosis epidemiology study. Luettu 13.12.2018. <https://www.bmj.com/content/309/6956/691.long>

Jurvelin, J. & Kröger, H. 2003. Luuston mineraalitiheyden mittaaminen. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Lämsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V., Vanninen, E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 516-523.

Kalliala, E. 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab

Kannus, P. 2018. Vahvat luut – liikunta- ja elämäntapa. Kustannus Oy Duodecim

Karevaara, S. 2013. Moodle 2. Helsinki; Oy Finn Lectura Ab.

Komulainen, M., Tuppurainen, M., Kröger, H. 2003. Luut murtuvat ilman estrogeeniä. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. 119 (22), 2183-2189

Kopiraittila n.d. Kuvien käyttö opetuksessa. Luettu 30.1.2019. <https://kopiraittila.fi/aineistojen-kaytto/kuvien-kaytto-opetuksessa/>

Kullaslahti, J. 2006. Verkko-opetuksen tuotannosta opittua. HAMKin ejulkaisuja 4/2006. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu

Lebreton, C. Chu, R. 2010. Fabry disease. In: Orphanet journal of rare diseases. Luettu 19.5.2019. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16414687>

Lääketieteen sanasto. 2018. Viitattu 8.4.2019. <https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti>

Medical gallery of Blausen Medical. 2014. WikiJournal of Medicine. Luettu 19.5.2019. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31574254>

Moodle 2. n.d. Tekijänoikeus opetuksessa ja oppimateriaalin valmistamisessa. Luettu 28.2.2019. <https://moodle2.tut.fi/mod/book/view.php?id=239226>

Mäkitalo, E. & Wallinheimo, K. 2012. Virtuaaliset ympäristöt. Innostava oppiminen, tehokas koulutus. Helsinki: Talentum.

NIH (National Institutes of Health Osteoporosis and Related Bone Diseases National Resource Center). 2018. Bone Mass Measurement: What the Numbers Mean. NIH Pub. No. 18-7877-E. Luettu 21.5.2019. <https://www.bones.nih.gov/sites/bones/files/pdfs/bonemassmeasure-508.pdf>

Niinimäki, J. 2005. Metaboliset, endokriiniset ja hematopoieettiset sairaudet, avaskolaarinen nekroosi. Teoksessa Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E., Tervonen, O. (toim.) Radiologia. WSOY, 450-461.

Opetushallitus. 2006. Verkko-oppimateriaalin laatukriteerit. Työryhmän raportti 16.12.2005. Helsinki: Edita Prima Oy. http://www.oph.fi/julkaisut/2006/verkkooppimateriaalin_laatukriteerit

Osteoporoosi. 2018. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Endokrinologiyhdistyksen ja Suomen Gynekologiyhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Luettu 19.8.2018.

Paile, W. (toim.) 2002. Säteilyn terveysvaikutukset. Säteilyturvakeskus. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino

Pesonen, E. 2007. Julkaisijan käsikirja. Jyväskylä: WSOY.

Radiopaedia.org. n.d. Dual energy x-ray absorptiometry. Luettu 5.4.2019. <https://radiopaedia.org/articles/dual-energy-x-ray-absorptiometry?lang=us>

Radiopaedia.org. n.d. Case courtesy of Dr Henry Knipe, rID: 45996

Radiopaedia.org. n.d. Case courtesy of Mr Neil Powrie, rID: 59194

Roivas, M. & Karjalainen, A. 2013. Sosiaali- ja terveysalan viestintä. Helsinki: Edita Publishing Oy.

STUK. n.d. a. Kuka on toiminnan harjoittaja? Luettu 8.4.2019. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/sateilytoiminnan-turvallisuus/kuka-vastaa-ionisoivan-sateilyn-kaytosta-/kuka-on-toiminnan-harjoittaja->

STUK. n.d. b. Mitä säteily on? Luettu 9.4.2019. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sanasto>

STUK. 2004. Säteily ja ydinturvallisuus. Hämeenlinna: Karisto Oy

STUK. 2007. Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemia opetuksessa. ST 5.3. 4.5.2007.

STUK. 2008. Terveystieteiden röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas. <https://www.stuk.fi/documents/12547/718600/STUK-tiedottaa-2-2008.pdf/eff89f1a38cb-4c98-811b-65191f601c0b>

STUK. 2013. Säteilylähteiden varoitusmerkit. ST 1.3. 9.12.2013.

STUK. 2015. Luonnon taustasäteily. Luettu 8.5.2019. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-ymparistossa/luonnon-taustasateily>

STUK. 2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. S/4/2019. Luettu 19.8.2019.

Säteilylaki 15.12.2018/859.

Tapola, A. & Veermans, M. 2012. Herätä ja tue kiinnostusta ja motivaatiota. Teoksessa Ilomäki, L. (toim.) Laatu e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Oppaat ja käsikirjat 2012:5. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy, 74–81. Luettu 30.01.2019. http://www.opf.fi/julkaisut/2012/laatu_e_oppimateriaaleihin

Tekijänoikeuslaki 22.5.2015/607

Toikkanen, T. 2011. YouTuben käyttöoikeudet koulussa. Opettajan tekijänoikeus. Luettu 20.1.2019. <https://www.opettajantekijanoikeus.fi/2011/10/youtuben-kayttooikeudet-koulussa/>

Vainionpää, J. 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa. Tampereen yliopisto. Opettajan koulutuslaitos. Akateeminen väitöskirja. <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/67572/951-44-6553-9.pdf?sequence>

Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 22.11.2018/1034.

Van Der Klift, M., De Laet, C., McCloskey, E., Hofman, A. & Pols, H. 2002. The Incidence of Vertebral Fractures in Men and Women: the Rotterdam Study. Journal of bone and mineral research. American Society for Bone and Mineral Research 17 (6), 1051-1056.

Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.-2. painos. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

WHO Report of a Study Group. 1994. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO Technical Report Series 843.

WHO Scientific Group on the Assessment of Osteoporosis at Primary Health Care Level. 2004. Summary Meeting Report.

Wilkin, L., Jackson, M., Sims, T. & Haddock, B. 2010. Racial/Ethnic Differences in Bone Mineral Density of Young Adults. Original Research. International Journal of Exercise Science 3 (4), 197-205.

Yli-Luoma, P. & Pirkkalainen, L. 2005. Verkko-oppimisen työvälineitä. Naantali: IMDL Oy Ltd.