

Uusi ultraäänitekniikka osteoporoosidiagnostiikan avuksi

**Jarkko Kauppinen
Aleksi Mönkkönen**

Opinnäytetyö

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Kauppinen, Jarkko & Mönkkönen, Aleks	
Työn nimi Uusi ultraäänitekniikka osteoporoosidiagnostiikan avuksi	
Päiväys 7.11.2012	Sivumäärä/Liitteet 20 / 3
Ohjaaja(t) Yliopettaja Sirkka-Liisa Halimaa	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Itä-Suomen yliopisto / FT Ossi Riekkinen, FT Janne Karjalainen	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetutkimus oli osa uuden ultraäänilaitteiston kehitysprosessia. Toimeksiantajia työlle olivat tutkijat Ossi Riekkinen sekä Janne Karjalainen Itä-Suomen yliopiston fysiikan laitokselta. Heidän työryhmänsä tarkoituksena oli kehittää ultraäänilaitteisto, jonka avulla tehdyt tutkimukset voisivat kilpailla säteilyrasitusta aiheuttavan DXA-mittauksen kanssa perusterveydenhuollon tasolla.</p> <p>Tämän opinnäytetutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ultraäänilaitteella suoritettujen mittausten toistettavuutta ja menetelmän käytettävyyttä mitatessa luustoa. Tutkimusaineistona oli Savonia ammattikorkeakoulun tiloissa tehdyt ultraäänimittaukset, jotka suoritettiin kahdella eri ultraäänilaitteella kolmeen eri mittauspaikkaan. Tavoitteenamme oli saada tutkimukseen 20 osallistujaa (mittaajaa), mutta lopullinen osallistujamäärä oli 14. Suunnittelimme mittaustapahtuman itsenäisesti toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti.</p> <p>Tutkimus osoitti, että jopa kokemattomat ultraäänilaitteiston käyttäjät oppivat laitteiston käytön nopeasti ja kykenevät suorittamaan tutkimuksen toistettavasti.</p> <p>Tämä opinnäyte julkaistiin artikkelimuodossa.</p>	
Avainsanat Ultraääni, osteoporoosi, käytettävyys, toistettavuus	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiationteraphy			
Author(s) Kauppinen, Jarkko & Mönkkönen, Aleks			
Title of Thesis New ultrasound method to help diagnosing osteoporosis			
Date	7.11.2012	Pages/Appendices	20 / 3
Supervisor(s) Principal lecturer Sirkka-Liisa Halimaa			
Client Organisation/Partners University of Eastern Finland / PhD Ossi Riekkinen, PhD Janne Karjalainen			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was part of development process of a new ultrasound device. This thesis was made because of an order from researchers Ossi Riekkinen (PhD) and Janne Karjalainen (PhD) from University of Eastern Finland. Their objective has been to create an ultrasound device which could challenge the golden standard of diagnosis of osteoporosis DXA (Dual X-ray Absorptiometry) in common health care level.</p> <p>The purpose of this thesis was to research the repeatability and usability of the examinations while using this particular ultrasound device. The research data includes the examinations held in Savonia University of Applied Sciences. The examinations were executed with two different ultrasound devices to three different examination points. Our objective was to recruit 20 participants for the research, but the final amount of participants was 14. We planned the measurement event individually with guidance of our client.</p> <p>Our research indicated that even inexperienced users of the ultrasound device learns the usage of the device rapidly and are able to execute the examinations with good repeatability.</p> <p>This thesis was published as scientific article.</p>			
<p>Keywords Ultrasound, osteoporosis, usability, repeatability</p>			

PROSESSIKUVAUS

Saimme opinnäytetyön aiheen radiografia- ja sädehoitotyön koulutusohjelman opettajalta, Eeva Harjulta, lokakuussa 2010. Työn aloituspalaveri oli Savonia-ammattikorkeakoululla 12.10.2010. Tapaamisessa olivat meidän lisäksi läsnä opin-
näytteemme toimeksiantajat FT Ossi Riekkinen ja FT Janne Karjalainen Itä-Suomen
yliopistolta sekä Timo Ollikainen Medipolku-projektin edustajana. Lisäksi läsnä olivat
ohjaajamme yliopettaja Sirkka-Liisa Halimaa ja lehtori Eeva Harju Savonia-
ammattikorkeakoulun terveysalan yksiköstä.

Ensimmäisellä tapaamisella sovimme suuntalinjoja tulevalle työlle ja päätimme opin-
näytetyön julkaisumuodoksi lehtiartikkelin alan julkaisussa, koska artikkeli tuntui jär-
kevimältä tavalta tuoda esille tutkimuksemme tuloksia. Artikkelin on tarkoitus ilmes-
tyä Radiografia-lehdessä syksyn 2012 aikana. Radiografia-lehti valikoitui julkaisijaksi,
koska se on alallamme työskenteleville sekä alan opiskelijoille tarkoitettu ammattijul-
kaisu. Toimeksiantajat esittivät omat vaatimuksensa tutkimukselle, mutta itse tutki-
muksen toteutus jäi meidän vapaasti toteutettavaksi. Syksyn 2010 aikana tapasimme
toimeksiantajia useaan otteeseen tutkimuksen suunnittelun merkeissä. Syksyn 2010
aikana saimme valmiiksi tutkimustilanteessa käytetyt ohjemateriaalit (opetusvideot,
kirjalliset ohjeet) ja järjestimme testimittaus tapahtuman marraskuussa 2010. Testimit-
tauksen jälkeen viimeistelimme tutkimustapahtuman lopulliseen muotoonsa. Tutki-
musmateriaali kerättiin 15.11.2010 – 1.3.2011 välisenä aikana. Jälkeenpäin voimme
todeta, että tutkimusmateriaalin kerääminen vei ennalta suunniteltua enemmän aikaa
ja voimavaroja. Tähän vaikutti mittaaajien rekrytointivaikeudet ja aikataulujen yhteen
saattaminen. Tila, jossa mittaukset suoritettiin, oli myös opetuskäytössä. Tämän
vuoksi oli haasteellista saada mittaaajat paikalle tutkimustilan ollessa vapaana.

Syksyllä 2011 tutkimusaineisto oli valmis luovutettavaksi toimeksiantajille. Samana
syksynä 2011 käynnistimme opinnäyteartikkelin kirjoittamisen. Artikkelin kirjoittami-
nen oli meille aluksi haasteellista, mutta useiden ohjaamistapaamisten jälkeen Sirk-
ka-Liisa Halimaan kanssa artikkeli alkoi hahmottua ja muotoutua lopulliseen muo-
toonsa. Emme ole harjaantuneita tieteellisen tekstin kirjoittajia ja juuri tässä kohtaa
ohjaajamme tarjoama apu oli kallisarvoista. Kaiken opinnäyteprosessiin kuuluvan
kirjoitustyön saimme viimeisteltyä syksyn 2012 aikana.

Aloittaessamme opinnäyteprosessia olimme 2. vuoden röntgenhoitajaopiskelijoita.
Tutkimuksemme sujuvuus oli nousujohteista. Prosessin alussa tarvitsimme runsaasti
ohjausta toimeksiantajilta ja ohjaajilta. Saimme ohjausta aina kun sitä tarvitsimme,

mikä edesauttoi huomattavasti opinnäytetyön etenemistä. Tutkijoina olemme molemmat todellisia noviiseja; kummallakaan ei ole aikaisempaa kokemusta minkäänlaisen tutkimuksen teosta. Kuitenkin, olemme lopputulokseen tyytyväisiä. Toimeksiantajamme saivat tutkimuksesta arvokasta tietoa laitteistonsa kehitystyötä varten, mistä olemme luonnollisesti ylpeitä.

Opimme opinnäyteprosessin aikana, että tutkimuksen tekeminen suunnitteluineen on haasteellista ja tavoitteellista, mutta ammatillisesti kehittävää ja lopulta palkitsevaa, määrätietoista työtä. Opimme myös paljon uutta tietoa toiminnallisen tutkimuksen teosta ja toteuttamisesta. Tulevina röntgenhoitajina toiminnallisen opinnäytetutkimuksen tekeminen antoi meille perspektiiviä siitä, millaisia testauksia uudelta terveydenhuollon tutkimuslaitteelta vaaditaan ennen käyttöönottoa. Tulevaa ammattiamme ajatellen opimme tutkimuksen myötä määrätietoisuutta, suunnitelmallisuutta ja myös ohjaustaitomme kehittyivät. Tutkimuksen tekeminen kaiken muun opiskelun (käytännön harjoittelut, teoriaopinnot) ohella oli haasteellista, mutta ammatillisen kasvun kannalta eteenpäin vievää ja palkitsevaa.

Tutkimuksen ja opinnäytteen tekeminen on kasvattanut meitä kaikin puolin ihmisinä ja oppijina. Olemme oppineet kärsivällisyyttä ja suunnitelmallisuutta. Olemme molemmat ylpeitä voidessamme todeta, että saimme aikaan tämän opinnäytetyön ja siihen liittyneen tutkimuksen. Saavutimme tutkimukselle ja opinnäytetyölle asettamamme tavoitteet oman arviomme mukaan erinomaisesti. Tutkimuksemme edesauttoi toimeksiantajia omassa prosessissaan, jonka tavoitteena on tarjota osteoporoosidiagnoosiin ja seulontaan kykenevä tutkimusmenetelmä myös pieniin kuntiin. Täten tutkimuksemme on osa kokonaisuutta, joka auttaa omalta osaltaan myös koko yhteiskuntaa.

Lopuksi haluamme kiittää kaikkia opinnäyteprosessissamme mukana olleita tahoja kärsivällisyydestä ja oivasta opastuksesta; toimeksiantajat Itä-Suomen yliopiston tutkijat Ossi Riekkinen ja Janne Karjalainen, yliopettaja Sirkka-Liisa Halimaa, kaikki tutkimukseen osallistuneet vapaaehtoiset mittaajat ja opasvideoiden kuvausavustaja Joona ”Paavolan Poika” Korkea-aho – KIITOS!

UUSI ULTRAÄÄNITEKNIikka OSTEOPOROOSIDIAGNOSTIIKAN AVUKSI

Tutkimusartikkeli

Lokakuu 2012

**Jarkko Kauppinen, radiografian ja sädehoidon opiskelija, Savonia AMK
Aleksi Mönkkönen, radiografian ja sädehoidon opiskelija, Savonia AMK
Ossi Riekkinen, FT, Bone Index Finland Oy
Janne Karjalainen, FT, Itä-Suomen yliopisto
Sirikka-Liisa Halimaa, TtT, Savonia-ammattikorkeakoulu**

Opinnäytetyö

JOHDANTO

Opinnäytetyö oli osa uuden ultraäänilaitteiston kehitysprosessia. Toimeksiantajia tutkimukselle olivat tutkijat Ossi Riekkinen sekä Janne Karjalainen Itä-Suomen yliopiston fysiikan laitokselta. Heidän työryhmänsä tarkoituksena on ollut kehittää ultraäänilaitteisto, jonka avulla tehdyt tutkimukset voisivat kilpailla säteilyrasitusta aiheuttavan DXA-mittauksen (Dual X-ray Absorptiometry) kanssa perusterveydenhuollon tasolla. DXA:lla voidaan mitata luuntiheydet lannerangasta, reisiluun päästä tai koko vartalosta käyttäen ionisoivaa säteilyä. Ultraäänitekniikka on turvallinen potilaalle, koska se ei aiheuta potilaalle säteilyannosta kuvantamisen perustuessa ultraäänikaikujen mittaamiseen (kuunteluun).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ultraäänilaitteella suoritettujen mittausten toistettavuutta ja menetelmän käytettävyyttä mitatessa sääriluun korteksin paksuutta sekä reisiluun halkaisijan ja kaulan paksuutta. Tutkimukset suoritettiin Savo-
nia-ammattikorkeakoulun tiloissa kahdella eri ultraäänilaitteella kolmesta eri mittauskohdasta.

Tässä tutkimusartikkelissa kuvataan tutkimuksen toteutus ohjeistuksen suunnittelusta mittaustapahtuman toteutukseen sekä tulosten analysointiin. Mittaustapahtuma suunniteltiin toimeksiantajan ohjeen mukaan. Tutkimustilanne oli kaikille mittaajille samanlainen ohjeistuksineen.

Tutkimuksen tulos osoittaa, että jopa kokemattomat ultraäänilaitteiston käyttäjät pystyvät mittaamaan sillä luotettavasti. Luotettavuutta osoittaa neljäntoista mittaajan välinen toistettavuus, joka oli erinomainen. Toistettavuutta mittaavat tulokset vaihtelivat vain 2,8 %. Menetelmä ja laitteisto osoittautuivat osallistuneiden mukaan helppokäyttöisiksi.

OSTEOPOROOSI SAIRAUTENA

Osteoporoosi eli luukato on yleistynyt sairaus. Maailmassa on yli 200 miljoonaa ja Suomessa noin 400 000 osteoporootikkaa (Riekkinen 2008). Osteoporoosissa luun mineraalimäärä on vähentynyt ja luun rakenne muuttunut siten, että luun lujuus heikenee. Luu voi murtua vähäisestäkin tapaturmasta (Mustajoki 2010.)

Mustajoen (2010) mukaan luukudos elää. Uutta luuta syntyy vanhan, hajoavan luun tilalle. Luuta syntyy enemmän kuin hajoaa kolmeenkymmeneen ikävuoteen asti. Sen jälkeen luuta hajoaa enemmän kuin syntyy ja luuston lujuus hiljalleen heikkenee. Luusta on erotettavissa tiivis putkiluu ja sen sisäinen, huokoinen hohkaluu, jotka heikkenevät ominaisuuksiensa vuoksi eri tahtia. Osteoporoosia alkaa ilmetä ihmisen ikääntyessä. Esimerkiksi Aasiassa, jossa ikääntyneiden osuus väestössä lisääntyy vuosina 1995–2025 4 % (1995 osuus 5,3 %, 2025 9,3 %), osteoporoosin on arvioitu muodostuvan ongelmaksi. Viimeisten 30 vuoden aikana lonkan seudun murtumat ovat lisääntyneet 2–3-kertaisiksi. (Mithal & Kaur 2012.) Mithal ja Kaur (2012) toteavat, että osteoporoottiset murtumat aiheuttavat valtavan lääketieteellisen, sosiaalisen ja taloudellisen taakan Aasiassa. Suomessa väestön tilanne on samankaltainen kuin Aasiassa ikääntymisen suhteen. Suomen väestön ikääntyminen on Tilastokeskuksen (2003) mukaan Euroopan voimakkainta vuosina 2000–2020. Tämä lisää kysyntää osteoporoosin kaltaisen sairauden helpompaan diagnosointiin.

Osteoporoosin taustalla on monia syitä. Perinnölliset syyt vaikuttavat osaltaan luun tiheyden kehittymiseen; joissakin suvuissa nuorena luu on tiheää, vanhempana haurastuvaa. Tiedetään suuri joukko tekijöitä, jotka kasvattavat osteoporoosin riskiä: elämäntavat (esim. tupakointi), vähäinen liikunta, tietyt lääkkeet (esim. kortisoni- ja epilepsialääkitys) sekä tietyt sairaudet vaikuttavat kaikki oleellisesti osteoporoosin syntyyn. (Välimäki 2009.)

Mithal ja Kaur (2012) toteavat aasialaisten ravintotottumusten vaikuttavan lonkan seudun murtumien lisääntymiseen. Vähäinen kalsiumin ja D-vitamiinin saanti sekä epätasa-arvoiset mahdollisuudet päästä diagnostiikan ja hoidon piiriin ovat Aasian suurimmat ongelmat osteoporoosisairauden ennalta ehkäisyssä.

Osteoporoosi diagnosoidaan erityisellä DXA-laitteella tehdyllä mittauksella. DXA-laitteet mittaavat luuntiheydet lannerangasta, reisiluun päästä tai koko vartalosta. DXA-laitteiden toiminta perustuu röntgensäteilyn vaimenemisen mittaamiseen röntgensäteilyn lävistäessä mittauskohteen (Aallos 2005.). Mittausohjelma arvioi luuta ympäröivän pehmytkudoksen määrän ja korjaa mittaustuloksen kehon sekä luun pinta-alan mukaan. Luun tiheyden ollessa 25 prosenttia pienempi kuin 20–40-vuotiailla keskimäärin puhutaan osteoporoosista. (Hämäläinen & Kauppi 2007.) Uusia menetelmiä ollaan kuitenkin kehittämässä.

ULTRAÄÄNI LÄÄKETIETEELLISENÄ TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

Ultraäänen käyttö on turvallinen tapa ihmiskehon lääketieteellisessä kuvantamisessa, koska ultraääni ei sisällä ihmisen kudokselle haitallista ionisoivaa säteilyä. Se perustuu korkeajaksoisen äänen kaiun kuunteluun. Laine (2006) määrittelee ultraäänen toimintaperiaatteen seuraavasti: *”Kudokseen johdettu ääni saa aikaan kudoksessa makromolekyylien värähtelyä. Jos kahden vierekkäisen aineen molekyylin ominaisvärähtely eroaa toisistaan noin yhdenkin prosentin verran, saadaan nykyisillä laitteilla näiden aineiden välille rajapinta.”* Yleisesti ultraäänitekniikan avulla kuvataan ihmisen pehmytkudoksia. Tällöin luusto määritetään kuvantamista haittaavaksi tekijäksi.

OSTEOPOROOSIN TUTKIMINEN ULTRAÄÄNEN AVULLA

Luun kuntoa voidaan mitata myös kaikututkimuksella kantaluusta, mutta se ei ole yhtä luotettava kuin DXA-tutkimus (Mustajoki 2010). Hans ja Krieg (2008, 1534) ovat tulleet tutkimuksessaan tulokseen, että luuston ultraäänitutkimus on edullinen ja helppo vaihtoehto DXA-mittauksille, kun määritetään luun mineraalitiheyttä osteoporoosidiagnoosia varten. He toteavat, että yksi järkevä protokolla osteoporoosin tapauskohtaiseen löytämiseen perustuu yhdistettyyn arviointiin kliinisistä riskitekijöistä sekä kantaluun ultraäänitutkimuksesta. Myös Hoffin ym. (2003, 1013) mukaan vielä ei ole pystytty todistamaan, että ultraäänen avulla voitaisiin diagnosoida osteoporoosi. Hans ja Krieg (2008, 1535) sekä Hoff ym. (2003, 1013) toteavat, että laitteiston kehityksessä ja tutkimustiedon karttuessa on mahdollista saada luotettavampia tuloksia ultraäänen käytöstä. Riekkisen (2008) väitöskirjassa esitellään uudenlainen ultraäänitekniikka murtumariskin arvioimiseen. Hänen mukaansa tekniikka parantaa ultraäänimittauksen luotettavuutta ja tekee siitä yksinkertaisen. Tekniikka tuottaa tietoa luun rakenteesta, koostumuksesta, määrästä ja sen lujuudesta. Tulos lisää uskoa ultraäänen käyttöön osteoporoosin diagnosoinnissa.

TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää osteoporoosin diagnosointiin ja seulontaan kehitteillä olevalla ultraäänilaitteistolla tehtyjen luumittausten toistettavuutta sekä laitteiston käytettävyyttä. Toistettavuudella tarkoitetaan mittaustulosten yhtäpitävyyttä, kun mittaukset tehdään lyhyin aikaväleihin samalla menetelmällä, saman tai eri tekijän toimesta, samoilla tai eri mittauslaitteilla samassa tutkimustilassa. Käytettävyydellä

tarkoitetaan toiminnallisesta tutkimuksesta tehtyjä havaintoja osallistujan reaktioista, suorituksista ja laitteiston käytön helppoudesta.

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena kerätä havaintoja ja kokemuksia 20:n eri ultraäänimittajan mittausten toistettavuudesta ja laitteiston käytettävyydestä. Tavoitteena oli valita mittaajiksi satunnaisesti kymmenen terveysalan opiskelijaa sekä kymmenen terveysalan ammattihenkilöä. Lopullinen tutkimukseen osallistujien määrä jäi kuitenkin pienemmäksi (14). Näistä opiskelijoita oli kymmenen ja ammattihenkilöitä neljä.

Tutkimusongelmiksi tutkimuksessa muodostuivat seuraavat:

1. Millaiseksi käyttäjät arvioivat ultraäänilaitteiston käytettävyyden?
2. Miten toistettavia ultraäänimittaukset ovat?

MITTAUSLAITTEISTO

Ultraäänimittaukset reisiluuhun suoritettiin SonoAce 6000C (Kretztechnik AG, Zipf, Austria) -laitteistolla. SonoAce 6000C on tavallinen perusterveydenhuollossakin käytettävä, kuvantava ultraäänilaitte. Mittauksiin käytettiin ultraäänianturia, jonka kiteen keskitaajuus on 4 MHz. Sääriluun mittaukset suoritettiin OPBOX-01/100 (Optel Ltd., Wroclaw, Poland) -laitteistolla. Mittauksissa käytettiin fokusoitua ultraäänikidettä (Kuva 1) (keskitaajuus 2.25 MHz, V304, Panametrics Inc., Waltham, MA, USA). Mittaustulokset analysoitiin sääriluun korteksin paksuuden mittaamista varten kehitetyllä LabVIEW- ohjelmistolla (v.6i, National Instruments, Austin, TX, USA).



Kuva 1. Esimerkki säären ultraäänimittaustilanteesta. Säären päällä on geelityyny, jolla optimoidaan kädessä olevan ultraäänianturin etäisyys luusta. (Kauppinen 2010.)

TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimus toteutettiin Savonia-ammattikorkeakoulun, Kuopion yksikön Sairaalakadun kampuksen kliinisen fysiologian laboratorioluokkatilassa. Mittauspaikat määritettiin kaikille mittaajille ennalta. Reisiluun mittauspaikka sijaitsi reisiluun keskiosassa. Reisiluun pituus mitattiin polven nivelraosta lonkan seudulla sijaitsevaan reisiluun sarvennoiseen asti. Tämä väli on reisiluun pituus. Pituudesta voitiin määrittää keskikohta, joka oli reisiluun halkaisijan mittauspaikka. Sääriluun pituus määritettiin mitattavan henkilön jalan nilkan malleolista polven nivelrakkoon. Mittauspaikka oli sääriluun pituuden keskikohta.

Tutkimusaineisto koostui viidestä toistosta reisiluuhen sekä 10 toistosta sääriluuhen. Lisäksi mitattiin aika jokaisen mittauspaikan opettelu- ja toistovaiheista. Käytettävyyssurannassa tehtiin havaintoja ilmenneistä tutkimukseen liittyvistä onnistumisista ja ongelmista.

Kaikille mittaajille annettiin samanlainen ohjeistus mittaustilannetta varten. Tutkimukseen osallistuvilla oli käytössään kirjallinen ohje (ks. liitteet 1, 2 ja 3) sekä mahdollisuus kysyä mittauksissa ilmenevistä ongelmatilanteista. Lisäksi tutkimukseen osallistujille esitettiin opetusvideo kuvantavan laitteiston näppäimistöistä ja reisiluun halkaisijan sekä sääriluun korteksin mittausprosessista. Mittaajilla oli käytössään myös kansio, jossa oli jokaisen mittauspaikan ohjeistus kirjallisena vaihe-vaiheelta -mallina. Mittaajille näytettiin esimerkkisuoritus jokaisesta mittauspaikasta. Koko mittauksen tapahtuma videoitiin käytettävyystudkimuksen vuoksi.

Mittaajilla ei ollut aikaisempaa kokemusta ultraäänilaitteiston käytöstä. Tavoitteena oli saada selville, kuinka helposti laitteistojen toiminta on sisäistettävissä mittauskäyttöä varten.

AINEISTON ANALYSOINTI

Mittausten toistettavuudella selvitettiin sitä, kuinka hyvin mittaajat kykenivät toistamaan suorituksiaan annettujen ohjeiden avulla. Mittausaineistosta analysoitiin toistettavuuden osalta keskiarvo sekä keskihajonta. Saaduista tuloksista analysoitiin tutkimukseen osallistuneiden oppineisuus mittaamisessa. Oppineisuus määritettiin seuraavasti: **a) yhden mittaajan mittaustulokset (kymmenen suoritusta) jaettiin kah-**

tia, b) laskettiin molemmille puoliskoille mittaustulosten keskiarvo ja c) laskettiin keskiarvojen hajonta.

Käytettävyydestä analysoitiin mittaustapahtumassa ilmenneet ongelmatilanteet sekä erityisen hyvät / oivaltavat suoritukset. Osa käytettävyyssuranta oli ajan ottaminen mittaussuorituksista. Laitteiston käytettävyyttä pystyttiin arvioimaan opettelu- ja mittausvaiheisiin käytetyn ajan tarkastelulla.

TULOKSET

Kaikkien reisiluun halkaisijan ultraäänimittausten keskiarvo mittauksessa oli 26,54 mm (vaihteluväli 24,80–29,34 mm). Keskihajonta mittauksille oli 1,29 mm. Mittaajat käyttivät keskimäärin aikaa opetteluvaiheeseen 8 minuuttia 19 sekuntia sekä mittausvaiheeseen 5 minuuttia 49 sekuntia.

Kaikkien sääriluun korteksin paksuuden ultraäänimittausten keskiarvo mittauksessa oli 3,80 mm (vaihteluväli 3,31–4,14 mm). Keskihajonta mittauksille oli 0,26 mm. Mittaajat käyttivät keskimäärin aikaa opetteluvaiheeseen 7 minuuttia 54 sekuntia sekä mittausvaiheeseen 6 minuuttia 4 sekuntia.

Käytettävyyssurannassa ilmeni joitakin käytettävyyden ongelmia. Kaikki tutkimukseen osallistujat onnistuivat mittauksissaan ohjeiden mukaisesti. Osa mittaajista (7) käytti tutkimuksen aikana hyväkseen kirjallista ohjetta ja osa kysyi neuvoa tarkkailijalta (10). Haasteelliseksi koettiin sääriluun ultraäänimittauslaitteisto. Havaintojemme mukaan osa käyttäjistä koki mittausympäristön järjestelyt epäergonomisiksi (ilmeni huokailua ja raajojen ravistelua); tuloksen saaminen sääriluusta vaati tarkkaa ja pitkäjänteistä työskentelyä. Kun mittaajat omaksuivat laitteiston käytön mittausvaiheen aikana paremmin, käytettävyyden ongelmat vähentyivät. Mittaajat osasivat myös hakea itselleen parempaa mittausasentoa tutkimuksen edetessä. Vaikka tutkimuksessa ilmeni joitakin käytettävyyden ongelmia, olivat tutkimukseen osallistujat yksimielisiä siitä, että laitteisto on opetteluun jälkeen helppokäyttöinen. Myös ohjeistus koettiin selkeäksi ja riittäväksi.

POHDINTA

Tutkimuksen tulos osoittaa, että kokemattomat ultraäänilaitteiston käyttäjät pystyvät mittaamaan sillä luotettavasti. Luotettavuutta osoittaa neljäntoista mittaajan mittaus-ten välinen toistettavuus, joka oli erinomainen. Korteksin paksuuden tulokset vaihteli-vat vain 2,8 %. Menetelmä ja laitteisto olivat osallistuneiden mukaan helppokäyttöisiä. Helppokäyttöisyyden osoittaa opettelu- (8 ± 2 min) ja mittausvaiheisiin (6 ± 3 min) käytetty aika.

Nykyisin Suomessa yli 75 % osteoporoosipotilaista jää diagnosoimatta ja hoitamatta, vaikka hoitomenetelmien on osoitettu tehokkaasti ehkäisevän luunmurtumia. Röntgensäteilyyn perustuvia luuntiheysmittauslaitteistoja on vain erikoisterveydenhuollos-sa, joten käyttöön on suuri tarve kehittää diagnosoimismenetelmiä jo perusterveyden-huoltoon.

Osteoporoosin mittaamiseen tarkoitetun ultraäänilaitteiston käyttö osoittautui tutki-muksessamme helposti opittavaksi. Voidaan olettaa, että tulevaisuudessa hoitohenki-lökunta (esim. röntgen- ja sairaanhoitajat) pystyy suorittamaan osteoporoosimittauk-sia laitteistolla luotettavasti sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Kliinisessä käytössä ultraäänitutkimus pystytään tekemään lyhyessä ajassa (noin 15 minuutissa), joten tutkimus on myös potilasystävällinen. Potilasystävällisyyttä ja -turvallisuutta lisää myös se, ettei tutkimuksessa tarvitse käyttää ionisoivaa säteilyä ja se on kivuton.

Kansantaloudellisesti ajateltuna suurin hyöty osteoporoosidiagnoosiin ja -seulontaan pystyvistä ultraäänilaitteistosta saadaan, kun ultraäänitutkimukset voidaan tehdä pienissäkin kunnissa edullisesti, helposti ja varhaisessa vaiheessa (vrt. DXA, erikois-sairaanhoito). Osteoporoosin varhaisempi toteaminen mahdollisesti ehkäisee lonk-kamurtumia ja tämä oletettavasti näkyy myös hoitokustannuksissa.

Ultraäänilaitteisto on sittemmin kehittynyt tutkimuksessamme käytössä olleesta versi-osta kompaktimmaksi – Bone Index Finland Oy on kehittänyt laitteistosta taskukokoi-sen ja käyttäjäystävällisemmän version (Kuva 2). Kaupallinen sovellus (Bindex®-laite) on tietokoneeseen kytkettävä taskukokoinen laitteisto, jolla mittaus voidaan tar-vittaessa tehdä jopa hoitajan kotikäynnillä. Odotettavissa on, että ensimmäiset laitteet saadaan terveystieteiden keskuksiin ja hoitajien käyttöön vuoden 2013 alussa.



Kuva 2. Uusin (2012) Bindex-anturi on paksun tussin kokoinen. Kynämäisen anturin käytössä ei enää tarvita erillistä geelityynyä, vaan anturi laitetaan suoraan ihon pinnalle. Tämä helpottaa ja nopeuttaa mittaamista. (Bone Index Finland Oy 2012.)

LÄHTEET

Aallos, S.-M. 2005. Potilaan säteilyaltistus luun mineraalipitoisuuden mittauksissa. STUK. Diplomityö. Viitattu 5.10.2011. Saatavilla www-muodossa: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/opinnaytteet/_files/12222632510024475/default/potilaan_sateilyaltistus_luun_mineraalipitoisuuden_mittauksissa.pdf

Bone Index Finland Oy. 2012. Kuva Bindex-ultraäänianturista. Valokuva.

Hans, D. & Krieg, M.-A. 2008. Clinical use of QUS in the detection and management of osteoporosis. IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, 55(7):1529-1538, 2008.

Hoff, L., Øyngarden, K. G., Hagen, E. K. & Falch, J. A. 2003. Diagnosis of osteoporosis using nonlinear ultrasound. 2003 IEEE ultrasonics symposium: 1010-1013.

Hämäläinen, H. & Kauppi, M. 2007. Osteoporoosin tutkiminen. Terveyskirjasto. Viitattu 12.9.2011. Saatavilla www-muodossa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=reu00093

Kauppinen, J. 2010. Esimerkkiasettelu sääriluun korteksin mittauksesta. Valokuva.

Laine, H. 2006. Mitä ultraäänitutkimus on? Viitattu 9.10.2012. Saatavilla www-muodossa: <http://www.terve.fi/rintasyopa/mita-ultraaanitutkimus>

Mithal, A. & Kaur, P. 2012. Osteoporosis in Asia: A Call to action. Current Osteoporosis Reports, Online First. Abstrakti julkaistu verkossa 17.8.2012. Viitattu 9.10.2012. Abstrakti saatavilla www-muodossa: <http://www.springerlink.com/content/x64w52744n4q6962/>

Mustajoki, P. 2010. Osteoporoosi (luukato). Terveyskirjasto. Viitattu 30.3.2011. Saatavilla www-muodossa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00053

Riekkinen, O. 2008. Development and Application of ultrasound Backscatter Methods for the Diagnostics of Trabecular Bone (Ultraäänien takaisinsirontamenetelmän kehittäminen ja soveltaminen hohkaluun diagnostiikkaan). Kuopion yliopisto. Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta. Väitöskirja.

Tilastokeskus. 2003. Väestön ikääntyminen on suhteellista. Viitattu 9.10.2012. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta_05_03_nieminen.html)
http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta_05_03_nieminen.html

Välimäki, M. J. 2009. Osteoporoosi. Suomen Endokrinologiyhdistys ry. Viitattu 30.3.2011. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.terveysportti.fi/kotisivut/kotisivut.sivut.nayta?p_sivu=10500)
http://www.terveysportti.fi/kotisivut/kotisivut.sivut.nayta?p_sivu=10500

LIITTEET

Liite 1. Reisiluun halkaisijan mittaamisen kirjallinen ohje

ULTRAÄÄNIMITTAUSTEN OHJELOMAKE

Reisiluun halkaisijan mittaaminen

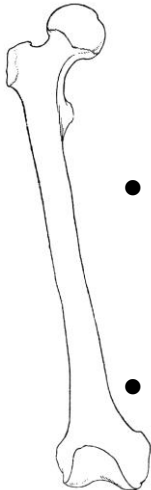
- Ota geeli ja levitä sitä valmiiksi määritetylle mittauspaikalle
- Ota anturi ja tarkista sen suunta (viiva jalkoväliin)
- Aseta anturi reisiluun halkaisijan mittauspaikalle
- Kun reisiluu näkyy kuvassa haluamallasi tavalla, **paina FREEZE-näppäintä**
- Pysäytettyäsi kuvan **paina DISKETTI-näppäintä** tallentaaksesi kuvan
- Paina **B DISTANCE-moodi näppäintä**. Näytön oikealle puolelle ilmestyy teksti B DISTANCE
- Siirrä näytölle ilmestynyt osoitin hiirellä **REISILUUN KAAREN VASEMPAAN ALAREUNAAN**, paina **SET-näppäintä**
- Siirrä osoitin vastakkaiselle puolelle vastaavaan paikkaan, paina **SET-näppäintä**
- Pyydä tarkkailijaa ottamaan tuloste mittauksestasi
- Paina kaksi kertaa **FREEZE-näppäintä** palataksesi perustilaan
- Ota toistoja, kunnes olet saanut **viisi** mittaustulosta

Liite 2. Reisiluun kaulan halkaisijan mittaamisen kirjallinen ohje

ULTRAÄÄNIMITTAUSTEN OHJELOMAKE

Reisiluun kaulan halkaisijan mittaaminen

- Ota geeli ja levitä sitä valmiiksi määritetyille mittauspaikalle sekä hieman mittauspaikan ja nivusen väliselle matkalle
- Ota anturi ja tarkista sen suunta (viiva jalkoväliin)
- Aseta anturi reisiluun halkaisijan mittauspaikalle
- Kun reisiluu näkyy kuvassa haluamallasi tavalla, lähde etenemään ylöspäin kohti nivustaivetta samalla laitteiston näyttöä tarkkaillen
- Kun **REISILUU MUUTTUU PYÖREÄSTÄ TASAISEKSI**, käännä anturia noin 45 astetta **MYÖTÄPÄIVÄÄN**
- Etene hiljalleen kääntämäsi suuntaan, kunnes reisiluun kaula ilmaantuu laitteiston näytölle
- Saatuasi reisiluun kaulan näkyviin paina **FREEZE-näppäintä**
- Kuvan pysäytettyäsi paina **DISKETTI-näppäintä** tallentaaksesi kuvan
- Kun kuva on tallentunut, paina kaksi kertaa **FREEZE-näppäintä** palataksesi perustilaan
- Ota toistoja, kunnes olet saanut viisi mittaustulosta



Liite 3. Sääriluun korteksin paksuuden mittaamisen kirjallinen ohje

ULTRAÄÄNIMITTAUSTEN OHJELOMAKE

Sääriluun cortexin paksuuden mittaaminen

- Ota geeli ja levitä sitä geelityynylle mittauspaikan kohdalle
- Levitä geeliä mittausanturin kiteelle siten, että kupera kideosa tulee täyteen geeliä
- Aseta anturi geelityynylle seuraten samalle tietokoneen näyttöä
- **MUISTA! PUNAINEN VÄRI INDIKOI SITÄ, ETTÄ OLET OIKEALLA SEUDULLA! Kun olet saanut mittaussignaalin punaiseksi, pyri pitämään anturia paikallaan mittaustuloksen saamiseksi**
- Kun tietokoneen näytölle ilmestyy pieni ikkuna, jossa on numeroita, olet saanut onnistuneen mittaustuloksen
- **GEELI TULEE VAIHTAA SEKÄ GEELITYYNYLTÄ, ETTÄ KITEESTÄ KOLMEN MITTAUKSEN JÄLKEEN!**
- Ota toistoja, kunnes olet saanut kymmenen mittaus-tulosta

