

**Sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärä, -tiheys ja
geometriset ominaisuudet 40-85-vuotiailla
pikajuoksijoilla**

Jaana Hautakangas
Gerontologian ja kansanterveyden
pro gradu -tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteiden laitos
Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

Sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärä, -tiheys ja geometriset ominaisuudet 40-85-vuotiailla pikajuoksijoilla.

Jaana Hautakangas

Gerontologian ja kansanterveyden pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, Terveystieteiden laitos

Kevät 2007

40 sivua, 1 liite

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää iän ja pitkäaikaisen harjoittelun yhteyttä sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin. Tutkimuksen kohderyhmän muodostivat 40-85-vuotiaat miehet (N=83), joilla oli pitkäaikainen harjoittelutausta sekä menestys 100-400 metrin juoksumatkoilla. Luustomittaukset tehtiin perifeerisellä tietokonetomografialla (pQCT) ja urheilijoiden harjoittelua selvitettiin kyselyn ja haastattelun avulla.

Sääriluun distaaliosan mineraalimäärän (BMC), volumetrisen mineraalitiheyden (vBMD) ja hohkaisen luun volumetrisen mineraalitiheyden (vBMD_T) arvot olivat vanhemmilla ikäryhmillä noin 12-13% nuorinta ikäryhmää pienemmät, kun taas geometrisissa ominaisuuksissa ikäryhmät eivät eronneet toisistaan. Sääriluun varren BMC, kokonaispoikkipinta-ala (CSA_{TOT}), kuoriluun poikkipinta-ala (CSA_C), kuoriluun paksaus (Th_C) ja jäyhyysmomentit (I_{max}, I_{polar}) olivat vanhemmilla ikäryhmillä noin 8-20% nuorinta ikäryhmää pienemmät, mutta ikäryhmät eivät eronneet toisistaan vBMD-arvoissa eikä kuoriluun volumetrisen mineraalitiheyden (vBMD_C) ja jäyhyysmomentin (I_{min}) arvoissa. Vuotta kohti laskettuna distaali- ja varsiosan BMC- ja vBMD-arvot sekä vBMD_T-arvo pienenevät keskimäärin noin 0,1-0,3% ja sääriluun varren geometriset ominaisuudet noin 0,2-0,5%. Ikä selitti regressioanalyysissä 7-15% näiden muuttujien vaihtelusta, mutta kun kehon paino kontrolloitiin, iän vaikutus ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä.

Harjoittelun kokonaismäärässä (krt/vko, h/vko, muu liikunta, harjoitteluvuodet) ei ollut merkitseviä eroja eri ikäryhmien välillä, mutta voima- ja nopeusharjoitteluun käytetty aika pieneni vanhemmilla ikäryhmillä. Harjoituskertojen ja voimaharjoittelun määrä korreloi sääriluun distaaliosan vBMD- ja vBMD_T-arvoihin ($r_s=0,258-0,260$, $p<0,05$), nopeusharjoittelu negatiivisesti CSA_{TOT}- ja CSA_T-arvoihin ($r_s=-0,217-0,229$, $p<0,05$) ja muun liikunnan määrä CSA_{TOT}-, I_{max}-, I_{min}- ja I_{polar}-arvoihin ($r_s=0,223-0,249$, $p<0,05$). Harjoituskertojen määrä oli yhteydessä sääriluun varren BMC-, CSA_{TOT}-, CSA_C-, Th_C-, I_{max}-, I_{min}- ja I_{polar}-arvoihin ($r_s=0,255-0,426$, $p<0,05$) ja harjoitteluun käytetty tuntimäärä BMC-, CSA_C-, I_{max}- ja I_{polar}-arvoihin ($r_s=0,248-0,299$, $p<0,05$). Kun ikä ja kehon paino kontrolloitiin, tilastollisesti merkitsevä korrelaatio jäi jäljelle ainoastaan harjoituskertojen ja sääriluun varren BMC- ($r=0,228$, $p=0,042$) ja CSA_C-arvojen ($r=0,243$, $p=0,030$) välille.

Tulokset viittaavat siihen, että pitkäaikainen voima- ja nopeusharjoittelu ylläpitää sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärää ja -tiheyttä sekä geometrisia ominaisuuksia aina vanhimpiin ikäryhmiin saakka.

Asiasanat: ikääntyminen, luusto, pQCT, harjoittelu, pikajuoksija

ABSTRACT

Bone mineral content, density and geometric properties of the distal tibia and tibial shaft in 40 to 85 years old sprinters.

Jaana Hautakangas

Master's thesis of Gerontology and Public Health

University of Jyväskylä

Faculty of Sport and Health Sciences, Department of Health Sciences

Spring 2007

40 pages, 1 appendix

The purpose of this study was to examine the association of age and long-term training with mineral content, density and geometric properties of the distal tibia and tibial shaft. 40 to 85-year-old master athletes (N=83) who had a long-term training background and success in 100-400 m sprinting events participated in the study. Bone measurements were performed by peripheral computed tomography (pQCT) and training characteristics were examined via questionnaire and personal interview.

In the distal tibia, bone mineral content (BMC), volumetric bone mineral density (vBMD) and volumetric trabecular mineral density (vBMD_T) were 12-13% smaller in older than in the youngest age group, while there were no age-related differences in geometric properties. In the tibial shaft, BMC, total area (CSA_{TOT}), cortical area (CSA_C), cortical thickness (Th_C) and moment of inertia (I_{max}, I_{polar}) were 8-20% smaller in older than youngest age group, but no age-related differences were found in vBMD, volumetric cortical mineral density (vBMD_C) and moment of inertia (I_{min}). The estimated annual decline was approximately 0,1-0,3% for BMC, vBMD and vBMD_T of the distal and the tibial shaft, and 0,2-0,5% for the geometric properties of the tibial shaft. In regression analysis age explained approximately 7-15% of the variance of these variables, but when body weight was controlled, the effect of age was no longer significant.

There were no significant age-related differences in the total amount of training (weekly training sessions, weekly training hours, other physical activity, number of years of training), but time used for strength and sprint training declined in older age groups. In the distal tibia, the number of training sessions and strength training correlated with vBMD and vBMD_T ($r_s=0,258-0,260$, $p<0,05$), sprint training negatively with CSA_{TOT} and CSA_T ($r_s=-0,217-0,229$, $p<0,05$) and other physical activity with CSA_{TOT}, I_{max}, I_{min} and I_{polar} ($r_s=0,223-0,249$, $p<0,05$). In the tibial shaft, the number of training sessions correlated with BMC, CSA_{TOT}, CSA_C, Th_C, I_{max}, I_{min} and I_{polar} ($r_s=0,255-0,426$, $p<0,05$) and weekly training hours with BMC, CSA_C, I_{max} and I_{polar} ($r_s=0,248-0,299$, $p<0,05$). When age and body weight were controlled, significant correlation remained only between the weekly training sessions and BMC ($r=0,228$, $p=0,042$) and CSA_C ($r=0,243$, $p=0,030$) of the tibial shaft.

The results indicate that long-term strength and sprint training maintains bone mineral content, density and geometric properties of the distal tibia and tibial shaft up into the oldest age-groups.

Key words: aging, bone, pQCT, training, sprinter

LYHENNELUETTELO:

ANOVA		Varianssianalyysi
BMC		Luun mineraalimäärä
BMD		Luun mineraalitiheys
aBMD		Luun pinta-alatiheys
vBMD		Luun volumetrinen mineraalitiheys
vBMD _C		Kuoriluun volumetrinen mineraalitiheys
vBMD _T		Hohkaisen luun volumetrinen mineraalitiheys
CSA _{TOT}		Luun kokonaispoikkipinta-ala
CSA _C		Kuoriluun poikkipinta-ala
CSA _T		Hohkaisen luun poikkipinta-ala
I _{max}	} Jäyhyysmomentit	Suurimman taivutusjäykkyyden suunta
I _{min}		Pienimmän taivutusjäykkyyden suunta
I _{polar}		Taivutus- ja kiertojäykkyys neutraalin akselin suhteen
Th _C		Kuoriluun paksuus
r _s		Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	LUUSTON RAKENNE JA LUUSTOON LIITTYVÄT IKÄMUUTOKSET	3
2.1	Luun rakenne, luusolut ja luuston tehtävät.....	3
2.2	Luusto kasvuiässä, aikuisiässä ja vanhetessa	5
2.3	Luun mineraalitiheyden mittaussmenetelmät.....	8
3	MEKAANISEN KUORMITUKSEN VAIKUTUS LUUSTOON	10
3.1	Luuston mukautuminen mekaaniseen kuormitukseen	10
3.2	Harjoittelu kasvuiässä, aikuisiässä ja vanhetessa.....	12
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS & TUTKIMUSONGELMAT	16
5	TUTKIMUSAINEISTO JA –MENETELMÄT	17
5.1	Tutkimusaineisto	17
5.2	Aineiston hankintamenetelmät.....	17
5.2.1	Kysely, haastattelu ja antropometriset mittaukset.....	17
5.2.2	Luustomittaukset.....	18
5.3	Tilastolliset analyysimenetelmät.....	19
6	TULOKSET	20
6.1	Tutkittavien taustatiedot	20
6.2	län yhteys pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin	21
6.3	Harjoittelun yhteys pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin	27
7	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET	33

LIITTEET

1 JOHDANTO

Suomessa arvioidaan olevan noin puoli miljoonaa osteoporoottikkoa ja saman verran osteopeniaa sairastavia. Vuosittain osaltaan luuston haurastumisesta johtuvia luunmurtumia arvioidaan tapahtuvan 30 000-40 000. Erilaisten osteoporoottisten murtumien ilmaantuvuus lisääntyy väestön ikääntyessä. (Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006.) Lonkkamurtumaa on pidetty eräänlaisena osteoporoosin ilmaantuvuuden mittarina (Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006) ja vielä 1990-luvun lopulla niiden määrän ennustettiin lisääntyvän (Kannus ym. 1999). Uusimmat tutkimustulokset osoittavat kuitenkin lonkkamurtumien ilmaantuvuuden kääntyneen laskuun (Kannus ym. 2006). Murtumien ehkäisyyn tähtäävä työ on tärkeää niiden määrän ja niistä aiheutuvien kustannusten vähentämiseksi, mutta myös ikääntyvän yksilön elämänlaadun säilyttämisen kannalta.

Luun määrän lisääntyminen ja vahvistuminen on tyypillistä kasvuiässä, kun taas ikääntymiselle kuvaavaa on luun menetys (Khan ym. 2001, 59-61). Aikuisikä toimii kasvuiän ja ikääntymisen välivaiheena, jolloin sekä ylläpidetään nuoruudessa saavutettua luuston kuntoa että ehkäistään alkava luuston kunnan heikentyminen. Ikääntymiseen liittyvälle luun menetykselle riskialttiita ovat erityisesti vaihdevuosi-ikäiset naiset (Väänänen 1996). Tämän ja miehiä pidemmän elinajanodotteen vuoksi osteoporoosia pidetään juuri ikääntyvien naisten terveysongelmana. Myöhemmän iän osteoporoosi on kuitenkin yleistä myös miehillä (Seeman 1995, Huuskonen 2001, Harridge & Suominen 2003).

Luuston kannalta säännöllisen, kohtuutehoisen liikunnan harrastaminen läpi elämän on tärkeää sen kasvuiässä luun lujutta lisäävän ja ikääntymisen aikana rakennetta ylläpitävän vaikutuksensa vuoksi (Kohrt ym. 2004). Säännöllistä liikunnan harrastamista pidetään jopa ainoana keinona, joka ehkäisee osteoporoottisia murtumia ehkäisemällä sekä osteoporoosin syntymistä että ikääntyneiden kaatumisiin johtavia tekijöitä kuten heikkoa lihasvoimaa, lihasmassaa sekä tasapainoa (Suominen 1997, Kannus 1999). Fyysisen toimintakyvyn ylläpidon lisäksi säännöllisen liikunnan harrastamisen on todettu olevan positiivisesti yhteydessä myös psyykkiseen toimintakykyyn (Hawkins ym. 2003, Bäckmand 2006).

Kehon painoa kantavan, voima- ja nopeustyyppisen harjoittelun on todettu ylläpitävän luun mineraalitiheyttä ja luun muodostusta parhaiten (Suominen 1993, Turner 1998, Suominen 2006). Tehokkainta luun mineraalimäärän kannalta näyttäisi olevan kasvun aikana, murrosiässä aloitettu liikunta (Kannus ym. 1995, Haapasalo ym. 1998). Luun mineraalitiheyden osalta positiivisia tuloksia on saatu myös ikääntyneille henkilöille suunnatuissa harjoitteluinterventioissa (Wolff ym. 1999) ja vuosia intensiivisesti harjoitelleiden urheilijoiden luun mineraalimäärän ja -tiheyden on todettu olevan keskimääräistä huomattavasti suuremmat kuin urheilemattomilla henkilöillä kaikissa ikäryhmissä (Suominen & Rahkila 1991, Suominen 1993).

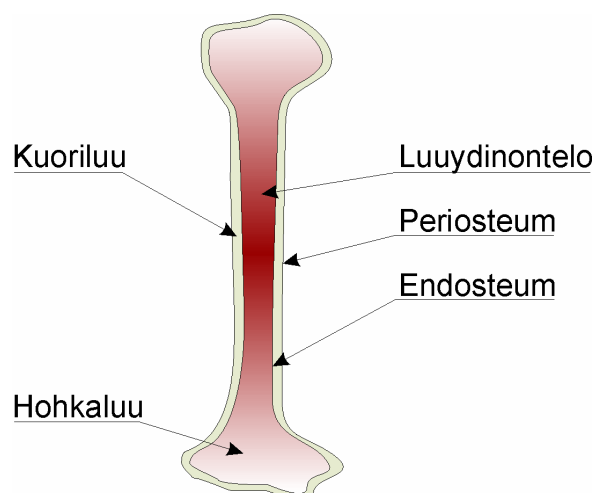
Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää iän ja pitkäaikaisen harjoittelun yhteyttä pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin.

2 LUUSTON RAKENNE JA LUUSTOON LIITTYVÄT IKÄMUUTOKSET

2.1 Luun rakenne, luusolut ja luuston tehtävät

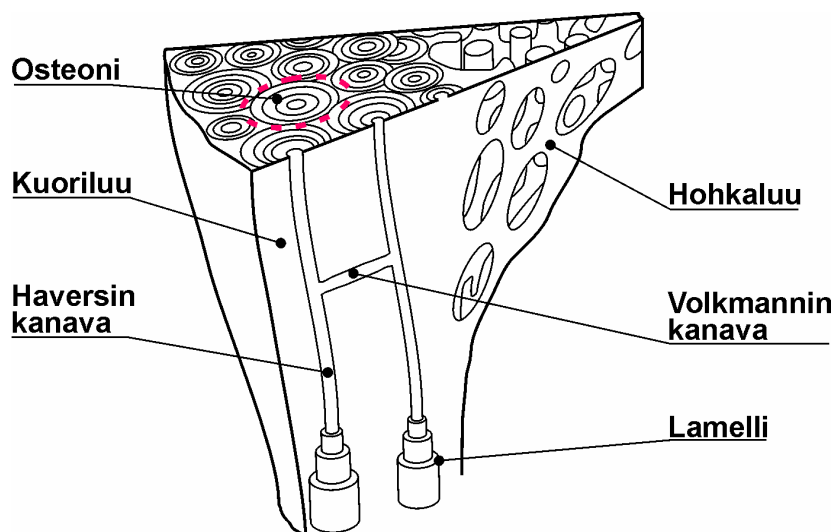
Luu on koostumukseltaan erikoistunutta sidekudosta. Sen päämateriaaleina toimivat kollageenit ja mineraalit, ja näillä molemmilla on oma tehtävänsä luussa. Kollageenin tehtävä luussa kohdistuu kimmoisuuteen ja vääntökestävyyteen, kun taas mineraalien tehtävä on taata luun kovuus sekä puristuslujuus. Näiden edellä mainittujen tekijöiden lisäksi luiden koko, muoto ja geometria vaikuttavat luun lujuusominaisuuksiin. (Khan ym. 2001, 1-9, Suominen 2006.)

Rakenteeltaan luu jaetaan kahteen päätyyppiin, kuori- ja hohkaluuhun. Luuston kokonaismäärästä kuoriluuta on noin 80 prosenttia ja hohkaluuta noin 20 prosenttia. (Väänänen & Kannisto 2003.) Kuori- ja hohkaluu eroavat toisistaan sijaintinsa lisäksi myös rakenteen että mekaanisten ja aineenvaihdunnallisten tehtäviensä suhteen. Sijainnissa erot näkyvät siten, että kuoriluu sijoittuu luiden pintaosiin sekä raajojen pitkien luiden varsiosiin, kun taas hohkaluuta löytyy pitkien luiden päistä ja keskivartalon sekä muiden pienempien luiden sisäosista (kuva 1). Kuori- ja hohkaluun rakenne selittää puolestaan erot mekaanisten ja aineenvaihdunnallisten tehtävien osalta. Kuoriluun rakenne (tiiviyys, kovuus, putkirakenne, taivutus- ja kiertojäykkyys) soveltuu hyvin mekaanisiin tehtäviin, kun taas hohkaluun ominaisuudet (sienimäisyys, suuri pinta-ala) ovat tärkeitä aineenvaihdunnan kannalta. (Marks & Hermey 1996.)



Kuva 1. Pitkän luun rakenne.

Kuori- ja hohkaluun perusrakenteen muodostavat kollageenisäikeistä muodostuneet luulevyt eli lamellit. Kuoriluussa lamellit ovat rengasmaisesti järjestäytyneenä, kun taas hohkaluussa niiden järjestäytyminen on hohkaluun rakenteesta johtuen epä-säännöllisempää. Kuoriluun perusyksikkönä toimivat osteonit (Haversin systeemi), jotka asettuvat luuhun pitkittäissuuntaisesti. Osteonin keskellä on Haversin kanava ja juuri tätä Haversin kanavaa ympäröivät yllä mainitut useat luulevyt. Haversin kanava sisältää verisuonia ja hermoja, ja siitä haarautuu haaroja myös poikittaissuunnassa sijaitseviin Volkmannin kanaviin, jotka toimivat osteonien yhdistäjinä. Luulevyjen välissä on aukkoja, joissa osteosyytit (ks. seuraava kappale) sijaitsevat. Osteosyytit ovat yhteydessä toisiinsa kanavajärjestelmän avulla. Hohkaluun perusyksikkönä toimii sen sienimäinen, palkeista ja onteloista muodostuva rakenne (trabeculae), jonka järjestäytyminen riippuu luuhun kohdistuvasta kuormituksesta. Hohkaluussa ei ole osteonia, mutta sen rakenne muistuttaa kuoriluuta osteosyyttien sijainnin ja kanavajärjestelmien osalta. (Kuva 2, Enoka 2002, 211-216, Väänänen & Kannisto 2003, Wang 2005.)



Kuva 2. Kuori- ja hohkaluun rakenne. Kuva on mukailtu Khan ym. (2001) esittämästä kuvasta.

Luukudokselle on ominaista sen uusiutuminen koko elämän ajan. Tämä uusiutuminen tapahtuu luusolujen (osteoklastit, osteoblastit) sekä näiden solujen esiasteiden toiminnan avulla. Osteoklastit toimivat luuta hajottavina soluina, kun taas osteoblastit muodostavat uutta luuta. (Marks & Hermey 1996.) Osteoklastien sekä osteoblastien toiminta tapahtuu luun sisäpinnalla sijaitsevalla kalvolla (endosteum, kuva 1). Näiden solujen lisäksi luukudoksessa on kalsifioitua luuhun koteloituneita kypsiä osteoblasteja, osteosyyttejä. (Väänänen & Kannisto 2003.)

Luuston tehtävistä keskeisin on kuormituksen kestäminen. Luuston rakenne sekä erinomaiset lujuusominaisuudet takaavat luustolle maksimaalisen kuormituksen kestämisen ilman vaurioitumisia. (Khan ym. 2001, 1-9.) Muita luustolle kuuluvia tehtäviä ovat kehon rakenteen ja asennon ylläpitäminen, pehmeiden ja arkojen kudosten suojaaminen sekä lihassupistusten tuottaman voiman siirtäminen kehon osasta toiseen. Tämän lisäksi luusto tarjoaa suotuisan ympäristön verisolujen muodostukselle ja osallistuu myös elimistön aineenvaihdunnallisiin tehtäviin ylläpitämällä elimistön mineraalitasapainoa. (Suominen 2006.)

2.2 Luusto kasvuiässä, aikuisiässä ja vanhetessa

Kasvuiässä luun mineraalitiheys ja koko sekä tätä kautta luun lujuus lisääntyvät. Luustoa vahvistava *modellaatio* onkin tässä ikäkaudessa hallitseva prosessi (taulukko 1, s. 6). Modellaatiossa uuden luun muodostuminen edeltää luun hajoamisprosessia ja on määrältään luun hajoamista suurempi. (Marks & Hermey 1996.) Luusto kehittyy kasvuiässä siten, että 20-30 ikävuoteen mennessä saavutetaan luuston huippumassa (Väänänen 1996). Myöhemmän elämän ja erityisesti ikääntymisen kannalta kasvuikä on erittäin tärkeä, koska kasvuiässä saavutettu mahdollisimman suuri luuston huippumassa suojaa osteoporoosilta ja ehkäisee siten osaltaan osteoporoottisten murtumien ilmaantumista (Wang 2005, Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006).

Aikuisiässä kasvun aikana saavutettua luun määrää ylläpidetään. Iän myötä luun rakenne alkaa kuitenkin vähitellen heikentyä ja luun määrä vähentyä. Molemmassa ikävaiheissa luuston määrää ylläpitää *remodellaatio*, jossa vaurioitunut ja hajonnut luukudos korvataan uudella luuaineksella (taulukko 1). Aikuisiässä remodellaatio on tasapainossa; hajonneen luukudoksen tilalle muodostuu yhtä paljon uutta luuta. Ikääntymisen myötä ja osteoporoosissa remodellaatio suosii kuitenkin luun hajoamista. Tämä aiheuttaa epätasapainon luun muodostuksen ja hajoamisen välille; uutta luuta ei ehdi muodostua tarpeeksi menetetyn tilalle, josta johtuen luun määrä vähenee ja rakenne heikkenee. (Marks & Hermey 1996, Väänänen 1996, Khan ym. 2001, 16-19, Suominen 2006.)

Taulukko 1. Ikävaiheet ja geneettiset prosessit. Taulukko on mukailtu Marks ja Hermeyn (1996) alkuperäisestä taulukosta.

	Kasvuikä	Aikuisikä	Ikääntyminen
Ikä	0-20/30	20/30-40/50	40/50-50+
Geneettinen prosessi	Modellaatio	Remodellaatio	Remodellaatio
Toiminta	Luun muodostus > Luun hajoaminen	Luun muodostus = Luun hajoaminen	Luun muodostus < Luun hajoaminen
Toiminnan seuraus	Luun määrä ↑	Tasannevaihe	Luun määrä ↓

Kasvun ja ikääntymisen aikana miehillä luun ulkopinnan (periosteum, kuva 1) laajeneminen on naisiin verrattuna runsaampaa ja lisäksi luun sisäpinnan (endosteum, kuva 1) haurastuminen on ikääntymisen aikana miehillä naisia vähäisempää (Seeman 2001, Duan ym. 2003). Hohkaluun haurastuminen johtuu miehillä hohkaisten luupalkkien tasaisesta ohenemisesta ja naisilla tämän lisäksi luun hajoamisen lisääntymisestä (Väänänen & Kannisto 2003). Arvioiden mukaan miehet menettävät elämänsä aikana keskimäärin 30 prosenttia hohkaisesta luuaineksestaan ja 20 prosenttia kuoriluuaineksestaan, naisilla vastaavien lukujen ollessa selvästi miehiä suuremmat eli 50 prosenttia ja 30 prosenttia. (Riggs & Melton 1992). Edellä mainitut tekijät vähentävät kaikki naisten luun lujuutta miehiin verrattuna (Einhorn 1996).

Luiden rakenteen ja määrän heikentyminen saattaa alkaa jo suhteellisen varhaisesta iästä lähtien, 35-40-vuotiaana (Harridge & Suominen 2003). Tutkimusten mukaan erityisesti kuitenkin vaihdevuosi-ikäiset naiset ovat estrogeenituotannon vähentyessä riskialttiita ikääntymiseen liittyvälle luun menetykselle (Väänänen 1996). Vaihdevuosi-ikä lisää naisilla hohkaisten luukohtien eli nikamien sekä varttinäluun murtumariskiä. Myöhemmällä iällä luustomuutokset kohdistuvat sekä naisilla että miehillä myös kuoriluuun. Tämä kasvattaa molemmilla sukupuolilla riskiä saada lonkka- tai nikamamurtuma. (Seeman 2001, Duan ym. 2003.)

Luun menetykseen liittyvän patologisen tilan eli osteoporoosin diagnosoimisessa käytetään yleisesti WHO:n määrittämiä osteopenian sekä osteoporoosin kriteereitä. WHO:n asettamien kriteerien mukaan kyseessä on *fysiologinen luun menetys* eli *osteopenia* silloin, kun luuntiheys on 1-2,5 keskihajontaa (SD) nuorten aikuisten keskiarvoa alhaisempi. *Osteoporoosista* eli *luun patologisesta haurastumisesta* on kyse

silloin, kun tiheys on pienempi kuin -2,5 SD. (WHO 1994.) Osteoporoosia pidetään ikääntyvien sekä iäkkäiden naisten terveysongelmana ja sen yleisyyteen naisilla vaikuttavat yllä kuvattujen luustossa tapahtuvien muutosten lisäksi heidän miehiä suurempi lukumääränsä iäkkäissä väestöryhmissä. Kuitenkin myös miehillä myöhemmällä iällä ilmaantuva osteoporoosi on yleistä. (Seeman 1995, Huuskonen 2001, Harridge & Suominen 2003.)

Perintötekijät määräävät pääosin luuston vahvuuden. Modellaatioon ja remodelaatioon vaikuttavat iän, sukupuolen sekä hormonaalisten tekijöiden lisäksi myös elintavat. Elintavoista tärkeimmät luustoon yhteydessä olevat tekijät ovat tupakointi, riittävä kalsiumin ja D-vitamiinin saanti sekä fyysinen aktiivisuus (Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006, Khan ym. 2001, 55-96). Elintavoista tupakoinnin on todettu olevan luustolle haitallista sen luun määrää vähentävän ja siten murtumariskiä lisäävän vaikutuksensa vuoksi (Hopper & Seeman 1994, Law & Hackshaw 1997). Luustolle edullisia tekijöitä ovat riittävä kalsiumin ja D-vitamiinin saanti sekä fyysinen aktiivisuus. Kasvun aikana nämä tekijät vahvistavat luustoa ja ikääntymisen aikana ne toimivat luun lujuuden ylläpitäjinä. (Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006.)

Luustossa tapahtuvien muutosten lisäksi elimistössä tapahtuu iän mukana myös monia muita muutoksia liittyen kehon koostumukseen sekä fyysiseen suorituskykyyn (Suominen 1997). Näistä muutoksista luuston kannalta merkittävä on ikääntymiseen liittyvä lihasmassan ja lihasvoiman väheneminen. Tutkimusten mukaan lihasmassan ja lihasvoiman väheneminen on kiinteästi yhteydessä luun mineraalimäärän menetykseen (Frost 1997, Ferretti ym. 2003). On kuitenkin muistettava, että ikääntymiseen liittyvät muutokset luustossa, kehon koostumuksessa sekä fyysisessä suorituskyvyssä ovat yksilöllisiä, niiden määrän ja laadun vaihdellessa yksilöittäin (Suominen 1997).

2.3 Luun mineraalitiheyden mittaamenetelmät

Luun mineraalitiheyden mittaamisessa yleisesti käytetyt menetelmät ovat: kaksienenergiainen röntgenabsorptiometria (DXA), kvantitatiivinen ultraäänitutkimus (QUS), kvantitatiivinen tietokonetomografia (QCT) sekä perifeerinen tietokonetomografia (pQCT) (Khan ym. 2001, 35-50). Näistä DXA on kliinisessä osteoporoosiin liittyvässä tutkimustyössä käytetyin menetelmä ja se perustuu nimensä mukaisesti kahden energialtaan erilaisen röntgensäteilyn vaimenemiseen mittaustuloksessa. Menetelmän avulla mitataan yleensä sentraalisen luuston (lanneranka, reiluun kaula) pinta-alaan suhteutettu mineraalitiheys (areal bone mineral density = aBMD, g/cm²) ja mitatun alueen tai koko kehon sisältämä mineraalimäärä (bone mineral content = BMC, g). (Osteoporoosin käypä hoito-suositus 2006.) Tutkimuksissa DXA:n käyttöä on kuitenkin kritisoitu, koska mitatessaan aBMD-arvoja, saatuun mittaustulokseen vaikuttaa luun koko. Tämän lisäksi menetelmä ei anna tietoa luun geometrisista ominaisuuksista eikä se pysty myöskään erottelamaan hohka- ja kuoriluuta toisistaan. (Sievänen ym. 1998, Russo ym. 2003, Riggs ym. 2004.)

QUS-tutkimuksessa mittaustuloksena toimii yleensä hohkainen kantaluu ja aBMD-arvojen lisäksi sen avulla selvitetään luun elastisuuteen kuin mikroarkkitehtuuriin liittyviä tekijöitä. Laitteet mittaavat yleensä ultraäänin nopeutta (SOS) ja vaimenemista (BUA) mittaustuloksessa. (Sievänen ym. 2001, Welch & Rosen 2005.) QCT:n avulla mitataan yleensä lannerangan ja pQCT:n avulla perifeerisen luuston (reisiluu, sääri-luu, kyynärvarsi) hohka- ja kuoriluun todellinen, tilavuudellinen eli volumetrinen mineraalitiheys (volumetric BMD = vBMD, g/cm³). Mineraalitiheyden lisäksi pQCT:n avulla voidaan tutkia myös luun sisältämä mineraalimäärä sekä jakautuminen ja luun poikkipinta-ala. (Sievänen ym. 1998, Khan ym. 2001, 45-47.) Sen käyttö on yleistynyt erityisesti tutkimuksissa, joissa selvitetään liikunnan ja luuston välisiä yhteyksiä (Haapasalo ym. 2000, Heinonen ym. 2001, Heinonen ym. 2002, Nikander ym. 2005, Nikander ym. 2006).

DXA:n etuina pidetään muun muassa mittauksen tarkkuutta että toistettavuutta ja QUS–menetelmän säteilemättömyyttä, halpuutta sekä laitteen siirrettävyyttä (Sievänen ym. 2001, Welch & Rosen 2005). Myös pQCT:n on todettu tutkimuksissa olevan mittaustarkkuudeltaan että toistettavuudeltaan hyvä (Sievänen ym. 1998.) QCT:n haittapuolena pidetään mittauksesta aiheutuneen säteilyn suuruutta ja mittauksen epätarkkuutta (Khan ym. 2001, 45-47). Luun mineraalitiheys että geometriset ominaisuudet vaikuttavat luun lujuuden muodostumiseen, joten murtumariskin arvioinnissa molempien tekijöiden määrittäminen on tärkeää.

3 MEKAANISEN KUORMITUKSEN VAIKUTUS LUUSTOON

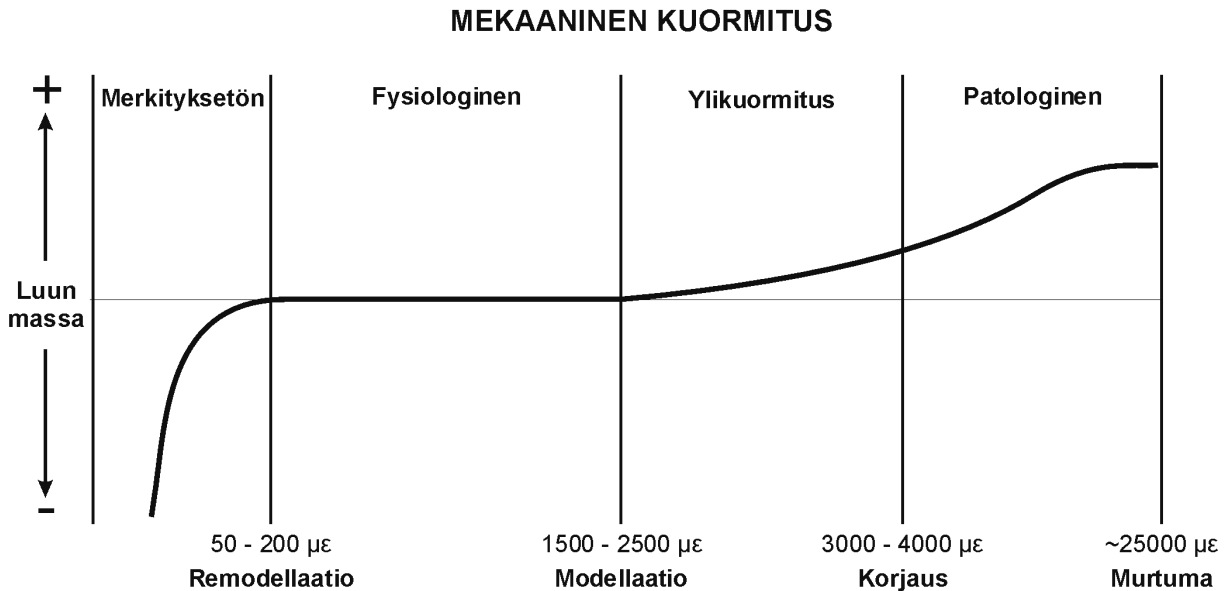
3.1 Luuston mukautuminen mekaaniseen kuormitukseen

Luuston kyky adaptoitua mekaaniseen kuormitukseen on tunnettu jo kauan. Yli sata vuotta sitten saksalainen Julius Wolff havaitsi luiden mukautuvan niihin kohdistuvaan kuormitukseen. Tästä havainnosta hän kehitti matemaattisen lain avulla teorian, jota tänä päivänä kutsutaan Wolffin laiksi. (Wolff 1892.) Wolffin jälkeen, luuston ja mekaanisen kuormituksen teorioista tärkeimpänä voidaan pitää Frostin luomaa mekanostaattiteoriaa. Tämän teorian mukaan luussa toimii eräänlainen mekaaninen termostaatti, joka aistii luussa tapahtuvan kuormituksen. (Frost 1987, Frost 1992.)

Kuvassa 3 (s.11) on esitetty mekanostaatin toimintaperiaate mekaanisen kuormituksen ja muodonmuutokseen liittyvien raja-arvojen ($\mu\epsilon$) avulla. Muodonmuutoksen luussa aiheuttaa lihasten tuottama puristus-, venytys-, vääntö- tai kierto kuormitus (Einhorn 1996). Kuvasta 3 nähdään, että vähäisessä kuormituksessa (merkityksetön, 50-200 $\mu\epsilon$) mekanostaatti käynnistää luussa remodellaation, jolloin luun määrä vähenee. Kuormituksen lisääntyessä ja muodonmuutoksen ollessa riittävän suurta (yli kuormitus, 1500-2500 $\mu\epsilon$) mekanostaatti käynnistää luussa modellaation eli uuden luun muodostuksen. Modellaatio on aktivoituneena myös silloin, kun kuormitus on patologisella tasolla. Tavanomaisessa kuormitustilanteessa (fysiologinen) mekanostaatin toiminta on tasapainotilassa, jolloin kumpikaan modellaatioprosesseista ei ole vallitsevana. (Frost 1987, Frost 1992.)

Kuvassa 3 on esitetty myös luun murtumaan sekä korjausvaiheeseen liittyvät kuormituksen raja-arvot. Luu murtuu kuormituksen ollessa patologisen kuormituksen tasolla (~25 000 $\mu\epsilon$). Kuormitus tasolla 3000-4000 $\mu\epsilon$ aiheuttaa mikroskooppisia vaurioita ja vaurioitten korjaamiseksi remodellaatio aktivoituu jälleen, poistaen vaurioituneen luukudoksen ja korvaten sen uudella luuaineksella, kuitenkin niin, että uutta luutta ei muodostu kuin juuri poistetun luukudoksen verran. Tähän mekanostaattiseen järjestelmään vaikuttavat esimerkiksi hormonit, lääkkeet sekä sairaudet ja esimerkiksi estrogeenin vähenemisen on esitetty muuttavan remodellaatioon liittyvää raja-arvoa, ikään kuin siirtäen sitä enemmän oikealle. Tällöin mekanostaatti tarvitsee aikaisem-

ppaa suurempia signaaleja remodellaation sammuttamiseen. (Frost 1987, Frost 1992, Forwood & Turner 1995, Lanyon 1996.)



Kuva 3. Frostin mekanostaattiteoria. Kuva on mukailtu Forwoodin & Turnerin 1995 sekä Suomisen 2006 esittämistä kuvista.

Luun mukautuminen mekaaniseen kuormitukseen riippuu kuormituksen sisältämän muodonmuutoksen lisäksi myös kuormituksen dynaamisuudesta että monipuolisuudesta. Dynaaminen kuormitus ehkäisee luun menetystä luun uudiskasvua stimuloivan vaikutuksensa takia, kuormituksen monipuolisuuden aktivoidessa luusoluja. Kuormituksen aiheuttaman muodonmuutoksen on todettu olevan luun mukautumisen kannalta kuormituksen kestoa oleellisempi tekijä. Kun kuormituksen aiheuttama muodonmuutos on riittävän suurta, ei kuormituksen tarvitse kestoltaan olla pitkä. (Lanyon 1996, Turner 1998, Burr ym. 2002.)

Mekaaninen kuormitus vaikuttaa vain kuormituksen kohteena oleviin luihin ja luusto reagoi herkästi myös kuormituksen olennaiseen vähentymiseen. Pitkäaikaisen vuodelevon tai raajaimmobilisaation yhteydessä luun uudismuodostus hidastuu ja luun määrä pienenee nopeasti. Keskimääräinen luun menetys hohkaisessa luussa yhden viikon aikana voi olla jopa yhdestä kahteen prosenttia. (Harridge & Suominen 2003.) Luun menetyksen on todettu olevan erilaista eri luukohdissa ja yksilöiden välillä (Rittweger ym. 2005) sekä palautumisen normaalille tasolle olevan heikohkoa, yksilöllisten erojen ollessa tässäkin kuitenkin mahdollisia (Harridge & Suominen 2003).

Kaikkea siitä, miten tieto mekaanisesta kuormituksesta välittyy luussa, ei vielä tiedetä. Yhden teorian mukaan mekaanisen kuormituksen arvellaan välittyvän solun pinta-reseptoreiden kautta solun sisälle, sen tukirankaan ja tukirangasta aina solun tumaan asti (Einhorn 1996). Eriyisen kiinnostuksen kohteeksi ovat nousseet kuitenkin osteosyytit ja niiden toiminta tiedon välittäjinä (Väänänen & Kannisto 2003). Tämän mekanismin mukaan tiedon välittyminen luusoluille tapahtuu osteosyyttien sekä luun pinta-solujen muodostaman laajan kolmiulotteisen kommunikaatioverkoston avulla (Khan ym. 2001, 13-16). Prostaglandiineilla, sytokiineilla sekä kasvutekijöillä on arveltu olevan tässä keskeinen tehtävä ja viitteitä on myös luun kanavajärjestelmässä tapahtuvan mekaanisen kuormituksen kautta lisääntyneen nestevirtauksen osteosyyttejä stimuloivasta vaikutuksesta (Forwood & Turner 1995, Einhorn 1996, Lanyon 1996).

3.2 Harjoittelu kasvuiässä, aikuisiässä ja vanhetessa

Varhaisessa murrosiässä harrastetulla liikunnalla näyttäisi poikittaistutkimusten mukaan olevan yhteys luun BMC-arvon määräytymiseen (Kannus ym. 1995, Haapasalo ym. 1998). Tenniksen ja squashin pelaajanaisia (ikä 16-50 vuotta) koskevassa tutkimuksessa selvitettiin naisten urheilun aloittamisen ikä ja juuri ennen kuukautisia pelaamisen aloittaneiden pelikäden ja toisen käden BMC-arvon välisen eron todettiin olevan kaksinkertainen verrattuna niihin, jotka aloittivat pelaamisen kuukautisten alkamisen jälkeen (Kannus ym. 1995). Junioritenniksenpelaajilla (ikä 7-17 vuotta) kuormitetun ja kuormittamattoman käden välisen eron todettiin tulevan esiin varhaismurrosiässä, keskimäärin 12,6-vuotiaana (Haapasalo ym. 1998). Nämä tutkimukset tukevat ajatusta kasvuiässä harrastetun liikunnan hyödyistä myöhemmän elämän luuston kuntoon (Kohrt ym. 2004).

Aikuisikäisillä urheilijoilla tehdyt tutkimukset antavat viitteitä siitä, että harjoittelun avulla on mahdollista ylläpitää kasvuiässä saavutettua luun määrää sekä ehkäistä alkava ikääntymiseen liittyvä luun menetys (Heinonen ym. 1995, Bennell ym. 1997, Nikander ym. 2005). Iskutyypisten lajien (squash, aerobic, pikaluistelu, lentopallo) naisurheilijoilla (Heinonen ym. 1995, Nikander ym. 2005) sekä nopeus- ja kestävyyslajien mies- ja naisyleisurheilijoilla (Bennell ym. 1997) on todettu suuremmat aBMD-arvot verrattuna liikuntaa harrastamattomiin henkilöihin. Heinosen ym. (1995) poikit-

taistutkimuksessa sekä Bennell ym. (1997) pitkittäistutkimuksessa todettiin myös laji-
en väliset erot. Heinonen ym. (1995) totesivat squashin pelaajilla (ikä 20-30 vuotta)
olevan suuremmat lannerangan, reisiluun kaulan, reisiluun, polven, sääriluun, kanta-
luun sekä varttinäluun aBMD-arvot kuin pikaluistelijoilla ja aerobicin harrastajilla ja
vastaavasti Bennell ym. (1997) totesivat nopeuslajien (pikajuoksu, hyppylajit, aidat)
urheilijoilla (ikä 17-26 vuotta) olevan suuremmat lannerangan aBMD-arvot kuin kes-
tävyyslajien (keskipitkät ja pitkät juoksumatkat) urheilijoilla.

Veteraaniurheilijoilla tehtyjen poikittaistutkimusten mukaan korkeassa iässä jatkettu
harjoittelu ehkäisee ikääntymiseen liittyvää luun menetystä ja ylläpitää täten luun lu-
juutta (Suominen & Rahkila 1991, Welch & Rosen 2005). Welch & Rosen (2005) tut-
kivat naisveteraaniyleisurheilijoiden (keskimääräinen ikä 57,3 vuotta) kantaluun jäyk-
kyyttä ja totesivat sen olevan verrattavissa 20-vuotiaiden naisten kantaluun jäykkyy-
teen sekä olevan melkein 21 prosenttia suurempi kuin tämän ikäisillä naisilla yleensä
kantaluun jäykkyyden arvioidaan olevan. Tutkimuksen tekijät arvioivat suuremman
jäykkyyden johtuvan enimmäkseen naisten urheilijataustasta ja heidän osallistumi-
sestaan nopeustyyppiseen harjoitteluun. Miesveteraaniurheilijoilla (ikä 70-81 vuotta)
tehdyssä tutkimuksessa todettiin pitkäaikaisen harjoitteluhistorian sekä aktiivisuuden
70-80-vuoden iässä olevan yhteydessä hohkaisen kantaluun BMC- ja vBMD-arvojen
säilymiseen. Iäkkäiden veteraaniurheilijoiden BMC-arvot olivat verrattavissa 20-40
vuotta nuorempien miesten BMC-arvoihin. (Suominen & Rahkila 1991.)

Aktiivisen harjoittelun on todettu urheilijoille tehdyissä poikittaistutkimuksissa luun
BMC-, aBMD- ja vBMD-arvojen lisäksi olevan yhteydessä luun geometrisiin tekijöihin;
luun kokonaispoikkipinta-alaan (CSA_{TOT}), kuoriluun poikkipinta-alaan (CSA_C) ja kuori-
luun paksuuteen (Th_C) (Haapasalo ym. 2000, Heinonen ym. 2001, Heinonen ym.
2002). Tenniksenpelaajilla (Haapasalo ym. 2000), kolmiloikkaajilla (Heinonen ym.
2001) sekä painonnostajilla (Heinonen ym. 2002) tehdyt tutkimukset viittaavat luun
lujuuden lisääntymisen johtuvan pääasiassa kuormitetun luun koon kasvamisesta,
painonnostajilla kyynärvarren CSA_C -arvojen ollessa 30-40 prosenttia suurempia kuin
urheilemattomalla henkilöllä ja kolmiloikkaajilla vastaavasti sääriluun Th_C - ja CSA_C -
arvojen ollessa jopa yli 50 prosenttia suurempia. Painonnostajilla tehdyssä tutkimuk-
sessa alaraajan osalta ei löydetty niin luun lujuuden kannalta merkittäviä tuloksia kuin
yläraajan ja tätä tukee myös Nikanderin ym. (2005) poikittaistutkimus. Nikanderin ym.

(2005) mukaan painonnosto ei ollut yhteydessä lisääntyneeseen reisiluun kaulan lujuteen, kun taas iskutyypin harjoittelu oli yhteydessä niin reisiluun kaulan poikkipinta-alaan kuin lujuteen. Toisessa poikittaistutkimuksessaan Nikander (2006) työtovereineen toteaa iskutyypin harjoittelun ja lihastyön luiden aiheuttaman vääntökuormituksen olevan yhteydessä kehon painoa kantavien alaraajojen luiden lujaan rakenteeseen, yläraajojen luiden lujaa rakennetta selittäessä, kehon painon aiheuttaman vaikutuksen puuttuessa, vääntökuormitus.

Urheilijatutkimusten lisäksi harjoittelun vaikutusta luustoon on tutkittu erilaisten harjoitteluinterventioiden avulla randomisoiduissa, kontrolloiduissa tutkimusasetelmissä. Nämä harjoitteluinterventiot ovat kohdistuneet erityisesti vaihdevuosi-ikäisiin, urheilemattomiin naisiin. (Heinonen ym. 1996, Wolff ym. 1999, Kelley ym. 2001, Cheng ym. 2002, Uusi-Rasi ym. 2005, Vainionpää ym. 2005.) Premenopausaalisilla naisilla iskutyypin harjoittelun on todettu lisäävän reisiluun kaulan aBMD-arvoja yhdestä noin kahteen prosenttia (Heinonen ym. 1996, Vainionpää ym. 2005). Edellä mainittujen tutkimusten tuloksia tukee myös Wolff ym. (1999) tekemä meta-analyysi, jonka mukaan erilaiset harjoitusohjelmat ehkäisivät sekä pre- että postmenopausaalisilla naisilla reisiluun kaulan lisäksi lannerangan luun menetystä noin yhdestä kahteen prosenttia.

Estrogeenin väheneminen vaihdevuosi-ikässä sekä sen yhteys mekaaniseen kuormitukseen on johtanut tutkimuksiin, joissa hormonikorvaushoidon ja siihen yhdistetyn harjoittelun vaikutusta naisten luustoon on tutkittu tarkemmin (Cheng ym. 2002, Uusi-Rasi ym. 2005). Tosin viime vuosina käyty keskustelu hormonikorvaushoidon turvallisuudesta ja siitä mahdollisesti aiheutuvista riskeistä (rintasyöpä, sydän- ja verisuonitaudit) ovat vähentäneet näiden tutkimusten määrää (Nelson ym. 2002, Suominen 2006). Hormonikorvaushoidon on kuitenkin todettu ehkäisevän osteoporoottisia murtumia (Nelson ym. 2002), sen ylläpitäessä postmenopausaalisten naisten lannerangan, reisiluun kaulan ja värttinäluun BMC-arvoja sekä reisiluun kaulan lujutta (Uusi-Rasi ym. 2005). Lisäksi Cheng ym. (2002) totesivat hormonikorvaushoitoon yhdistetyn hyppelytyypin harjoittelun vaikuttavan postmenopausaalisilla naisilla sääri- ja reisiluun vBMD-arvojen lisäksi edullisesti myös alaraajan luiden mineraalimäärän jakautumiseen.

Viimeaikaisessa meta-analyysissä on todettu myös voimaharjoittelun olevan positiivisesti yhteydessä pre- että postmenopausaalisten naisten lannerangan aBMD-arvoihin (Kelley ym. 2001). Tämän lisäksi meta-analyysissä todettiin postmenopausaalisilla naisilla harjoittelun vaikuttavan positiivisesti erityisesti varttinäluun aBMD-arvoihin, mikä viittaisi aikaisemmin kuormittamattoman luualueen hyötyvän aikaisemmin kuormitettuja luualueita enemmän voimaharjoittelusta. Myös miehiä koskevassa meta-analyysissä todettiin harjoittelun ja aBMD-arvojen välinen positiivinen yhteys (Kelley ym. 2000). Tämän meta-analyysin tulokset viittasivat siihen, että yli 31-vuotiailla miehillä nopeus-, voima- ja kestävyystyyppinen harjoittelu ylläpitivät reisiluun, lannerangan ja kantaluun aBMD-arvoja.

Tulokset harjoittelun myötä saavutetun mineraalitiheyden säilymisestä harjoittelun määrän ja intensiteetin laskiessa vaihtelevat pre- ja postmenopausaalisia naisia koskevissa tutkimuksissa (Iwamoto ym. 2001, Kontulainen ym. 2004). Kontulaisen ym. (2004) seurantatutkimuksessa 18 kuukauden iskutyypiseen interventiotutkimukseen osallistuneiden premenopausaalisten naisten aBMD-arvot mitattiin uudestaan reilun kolmen vuoden jälkeen interventiosta. aBMD-arvon uudelleen mittaus osoitti harjoitteluryhmän ja kontrolliryhmän välisen eron säilyneen harjoitteluryhmän eduksi yhdestä kolmeen prosenttia reisiluun kaulassa, reisiluussa, polvessa, sääriluussa sekä kantaluussa. Postmenopausaalisilla, osteoporoosia sairastavilla naisilla tehty randomisoitu tutkimus osoitti harjoittelun määrän ja intensiteetin laskemisen laskevan harjoittelun myötä saavutetun lannerangan aBMD-arvon samalle tasolle harjoittelemattoman kontrolliryhmän kanssa, kun taas jatkettu aktiivinen harjoittelu ylläpiti saavutettua lannerangan aBMD-arvoa (Iwamoto ym. 2001). Tässä tutkimuksessa kahden vuoden mittainen harjoitteluinterventio sisälsi päivittäisen reippaan kävelyn sekä voimistelua.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS & TUTKIMUSONGELMAT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten ikä ja pitkäaikainen, intensiivinen, voima- ja nopeustyyppinen pikajuoksuharjoittelu ovat yhteydessä sääriluun mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin.

TUTKIMUSKYSYMYKSET:

1. Minkälaisia ikäryhmien välisiä eroja on pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärässä, -tiheydessä ja geometrisissa ominaisuuksissa?
2. Miten ikä ja harjoittelun kokonaismäärä sekä voima- ja nopeusharjoittelun määrä ovat yhteydessä pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin?

5 TUTKIMUSAINEISTO JA –MENETELMÄT

5.1 Tutkimusaineisto

Tämä tutkimus on osa laajempaa tutkimusprojektia, jossa tarkastellaan ikääntymisen ja harjoittelun vaikutuksia nopeussuorituskykyyn (Korhonen ym. 2006). Tutkimuksen kohderyhmän muodostivat 40-85-vuotiaat miespikajuoksijat (N=83).

Tutkittavat rekrytoitiin Suomen veteraaniturheiluliiton jäsenrekisterin kautta kirjeitse. Tutkimuksen mukaanottokriteerinä oli pitkäaikainen pikajuoksuharjoittelutausta ja menestys 100-400 metrin juoksumatkoilla kansainvälisissä tai kansallisissa mestaruuskilpailuissa. Kaikki tutkimukseen osallistuneet antoivat yksityiskohtaisen selvityksen terveydentilastaan. Yli 55-vuotiaille tehtiin lisäksi kliininen lääkärintarkastus. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja tutkittavat, joita oli informoitu tutkimukseen liittyvistä menetelmistä, mahdollisista riskeistä sekä hyödyistä, antoivat kirjallisen suostumuksensa osallistumisestaan tutkimukseen. Tutkimuksen on hyväksynyt Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta ja tutkimus noudattaa Maailman lääkäriliiton Helsingin julistusta.

5.2 Aineiston hankintamenetelmät

5.2.1 Kysely, haastattelu ja antropometriset mittaukset

Tutkittavien terveydentilaan (sairaudet, urheiluvammat), harjoitteluun (harjoittelun viikoittainen kerta- ja tuntimäärä, voima- ja nopeusharjoittelun viikoittainen tuntimäärä, muu liikunta, harjoitteluvuodet) ja kilpailemiseen (kilpailuihin osallistuminen, laji, sijoitus, kilpaurheilu nuorena) liittyvät tekijät selvitettiin kyselyn avulla (liite 1). Tämän lisäksi tutkittavat osallistuivat lyhyeen haastatteluun (30 min.), jossa harjoitteluun ja kilpailemiseen liittyviä tekijöitä tarkennettiin. Tutkittavilta mitattiin tavanomaisilla menetelmillä pituus ja kehon paino sekä bioimpedanssin (Spectrum II; RJL Systems, Detroit; MI, U.S.A) avulla kehon koostumus (kehon rasvaprocentti, rasvaton massa).

5.2.2 Luustomittaukset

Tutkittavien ponnistavan jalan sääriluun mineraalimäärä ja –tiheys sekä geometriset ominaisuudet mitattiin perifeerisen tietokonetomografian (pQCT, XCT-2000, Stratec Medizintechnik, Pforzheim, Saksa) avulla. Mittausta varten sääriluu mitattiin ulkokehären korkeimmasta kohdasta polven nivelrakoon. Mittauskohdaksi valittiin 5% (sääriluun distaaliosa) ja 50% (sääriluun varsiosa) sääriluun pituudesta käyttäen referenssitasona esikuvauksen (scout view) avulla määritettyä luun distaalipäätä. Näistä kohdista otettiin kahden millimetrin vahvuiset tomografiakuvat. Jyväskylän yliopistossa kehitettyä tietokoneohjelmaa (Geanie 2.1, Commit Ltd, Espoo, Suomi) käytettiin pQCT-kuvien analysointiin. Sääriluun distaaliosassa käytettiin luun tiheyden kynysarvoa 169 mg/cm^3 ja varsiosassa arvoa 280 mg/cm^3 . Automaattista K-moodia käytettiin kuori- ja hohkaluun erottelemiseksi.

Sääriluun distaaliosa analysoitiin luun sisältämän ytimen kanssa. Kyseisestä kohdasta analysoitiin seuraavat muuttujat: BMC (mg/mm), vBMD (mg/cm^3), CSA_{TOT} (mm^2), hohkaisen luun volumetrinen mineraalitiheys (vBMD_T , mg/cm^3), hohkaisen luun poikkipinta-ala (CSA_T , mm^2) sekä jäyhyysmomentit (I_{max} , I_{min} , I_{polar} [mg/cm]). Jäyhyysmomenteista (I_{max}) ja (I_{min}) kuvaavat luun suurimman ja pienimmän taivutusjäykkyyden suuntaa, polaarisen momentin (I_{polar}) kuvatessa taivutus- ja kiertojäykkyyttä neutraaliin akseliin nähden.

Sääriluun varresta analysoitiin myös BMC, vBMD, CSA_{TOT} , I_{max} , I_{min} , I_{polar} sekä kuoriluun volumetrinen mineraalitiheys (vBMD_C , mg/cm^3), CSA_C (mm^2) ja Th_C (mm). Sääriluun varsiosa analysoitiin ilman luun sisältämää ydintä. Tätä analyysia varten luuydin määriteltiin alueeksi, jonka tiheys on alle 100 mg/cm^3 .

5.3 Tilastolliset analyysimenetelmät

Tutkittavien fyysisistä ominaisuuksista, harjoittelusta sekä sääriluun distaali- ja var-
siosan mineraalimäärästä ja –tiheydestä sekä geometrisista ominaisuuksista lasket-
tiin keskiarvot ja keskihajonnat. Yksisuuntaista varianssianalyysia (1-ANOVA) käytet-
tiin ikäryhmien välisissä vertailuissa. 1-ANOVAN F-testin osoittaessa tilastollisesti
merkitsevän tuloksen, Tukeyn post hoc analyysia käytettiin ikäryhmien välisten ero-
jen tarkempaan selvittelyyn. Kehon painon vaikutus luustomuuttujiin kontrolloitiin
käyttäen kovarianssianalyysia (ANCOVA). Harjoittelu analysoitiin myös Kruskal-
Wallisin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, koska kaikissa ikäryhmissä normaalija-
kauma ja varianssien yhtäsuuruus ei toteutunut. Ikäryhmien välinen vertailu on kui-
tenkin tehty 1-ANOVAN avulla, koska eri analyysimenetelmiä käytettäessä saatiin
samanlaisia tuloksia.

län, kehon painon ja luustomuuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin myös lineaarisen
regressioanalyysin avulla. Harjoittelun yhteyttä luustomuuttujiin tarkasteltiin käyttäen
Spearmanin järjestyskorrelaatiokerrointa ja osittaiskorrelaatiota. Osittaiskorrelaatiota
käytettiin iän ja kehon painon vaikutuksen kontrolloimiseksi. Aineisto analysoitiin
käyttämällä SPSS versiota 13.0.1 (SPSS, Inc., Chicago) ja tilastollinen merkitsevyys
asetettiin kaikissa analyyseissä tasolle $p < 0,05$.

6 TULOKSET

6.1 Tutkittavien taustatiedot

Pikajuoksijoiden fyysisiin ominaisuuksiin sekä harjoitteluun liittyvät tulokset on kuvattu taulukossa 2. Nuorimmalla ikäryhmällä (40-49-vuotiaat) pituus oli 50-70+-vuotiaita ja kehon paino 60-70+-vuotiaita suurempi, mutta BMI oli ikäryhmillä samankaltainen. Myös kehon rasvaprosentti oli ikäryhmillä samankaltainen, kun taas rasvaton massa oli nuorimmalla ikäryhmällä (40-49-vuotiaat) vanhempia ikäryhmiä (50-70+-vuotiaat) suurempi. Ikäryhmät eivät eronneet toisistaan harjoituskerroissa ja harjoitteluun käytetyissä tunneissa, muussa liikunnassa eikä harjoitteluvuosissa, kun taas voimaharjoittelua tekivät eniten 40-49-vuotiaat ja vähiten 60-70+-vuotiaat ja nopeusharjoittelua eniten 50-59-vuotiaat ja vähiten 70+-vuotiaat.

Taulukko 2. Fyysiset ominaisuudet ja harjoitteluhistoria eri ikäryhmissä. (keskiarvo, SD).

Muuttuja	40 – 49 (N=16-17)	50 – 59 (N=17-18)	60 – 69 (N=22-24)	70+ (N=22-24)	ANOVA P-arvo
Ikä (vuosi)	44,9 (3,6)	54,2 (2,5)	65,9 (2,9)	75,8 (4,4)	
Pituus (cm)	180,3 (7,4) ^{bcd}	175,0 (4,6) ^a	172,0 (4,1) ^a	170,1 (6,2) ^a	<0,001
Paino (kg)	79,0 (8,6) ^{cd}	74,1 (5,6)	71,6 (5,6) ^a	70,3 (8,5) ^a	0,002
BMI	24,3 (2,5)	24,2 (1,4)	24,2 (1,8)	24,1 (2,4)	0,993
Rasva%	12,9 (4,0)	15,6 (3,0)	13,9 (4,3)	15,6 (4,4)	0,106
Rasvaton massa (kg)	68,8 (8,0) ^{bcd}	62,6 (4,6) ^a	61,5 (4,0) ^a	59,2 (5,4) ^a	<0,001
Harjoittelu (krt/vko)	4,9 (1,4)	4,5 (1,0)	4,1 (1,4)	3,8 (1,4)	0,087
Harjoittelu (h/vko)	6,8 (2,9)	7,8 (3,6)	6,3 (2,6)	5,7 (3,2)	0,173
Voimaharjoittelu (h/vko)	1,9 (1,7) ^{cd}	1,5 (1,5)	0,8 (0,7) ^a	0,9 (0,9) ^a	0,015
Nopeusharjoittelu (h/vko)	2,7 (1,1)	4,1 (2,4) ^d	3,0 (1,6)	2,4 (1,9) ^b	0,026
Muu liikunta (krt/vko)	2,2 (1,8)	1,8 (1,4)	2,4 (2,3)	2,5 (1,8)	0,695
Harjoitteluvuodet	25,9 (9,1)	28,8 (11,7)	36,5 (18,0)	33,3 (20,4)	0,199

^{abcd} ryhmä eroaa tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$) 40-49-, 50-59-, 60-69- ja 70+-vuotiaista vastaavassa järjestyksessä.

6.2 Iän yhteys pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin

Tutkittavien sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin liittyvät ikäryhmien välisten vertailujen tulokset on kuvattu taulukoissa 3 ja 4. Sääriluun distaaliosan (taulukko 3) BMC-arvo oli nuorimmalla ikäryhmällä (40–49-vuotiaat) noin 12-13 prosenttia vanhempia ikäryhmiä (60-70+-vuotiaat) suurempi. vBMD- ja vBMD_T-arvot olivat 70+-vuotiailla noin 12-13 prosenttia pienemmät kuin 40-49-vuotiailla. Ikäryhmät eivät eronneet merkitsevästi toisistaan muuttujien CSA_{TOT}, CSA_T, I_{max}, I_{min} ja I_{polar} suhteen.

Sääriluun varsiosan (taulukko 4, s. 22) BMC-arvo oli nuorimmalla ikäryhmällä (40–49-vuotiaat) noin 12 prosenttia vanhempia ikäryhmiä (60-70+-vuotiaat) suurempi. Ikäryhmät eivät eronneet toisistaan vBMD-arvoissa ja systemaattista eroa ikäryhmien väliltä ei löytynyt myöskään vBMD_C-arvojen osalta. Vanhemmillä ikäryhmillä (60-70+-vuotiaat) CSA_{TOT}- ja CSA_C-arvot olivat noin 8-12 prosenttia nuorinta ikäryhmää (40–49-vuotiaat) pienemmät. Th_C-arvot olivat vanhimmalla ikäryhmällä (70+-vuotiaat) noin 12 prosenttia sekä I_{max}- ja I_{polar}-arvot toiseksi vanhimmalla ikäryhmällä (60-69-vuotiaat) noin 19-20 prosenttia nuorinta ikäryhmää (40–49-vuotiaat) pienemmät. I_{min}-arvot eivät eronneet merkitsevästi ikäryhmien välillä. Sääriluun distaali- ja varsiosassa ikäryhmien välillä havaitut erot katosivat, kun kehon paino otettiin kovariaattiksi.

Taulukko 3. Sääriluun distaaliosan mineraalimäärä, -tiheys ja geometriset ominaisuudet eri ikäryhmissä. (keskiarvo, SD).

Muuttuja	40 – 49 (N = 17)	50 – 59 (N = 18)	60 – 69 (N = 24)	70+ (N = 24)	ANOVA P-arvo
BMC (mg/mm)	468 (93) ^{cd}	415 (52)	413 (44) ^a	405 (56) ^a	0,011
vBMD (mg/cm ³)	386 (48) ^d	359 (34)	352 (34)	336 (49) ^a	0,004
vBMD _T (mg/cm ³)	335 (44) ^d	310 (31)	307 (28)	293 (40) ^a	0,006
CSA _{TOT} (mm ²)	1214 (198)	1158 (116)	1180 (126)	1219 (169)	0,554
CSA _T (mm ²)	1009 (185)	955 (111)	987 (134)	1027 (173)	0,482
I _{max} (mg/cm)	6183 (1870)	5189 (997)	5221 (976)	5299 (1119)	0,059
I _{min} (mg/cm)	4871 (1573)	3999 (836)	4054 (772)	4174 (951)	0,053
I _{polar} (mg/cm)	11046 (3423)	9191 (1797)	9279 (1714)	9473 (2030)	0,054

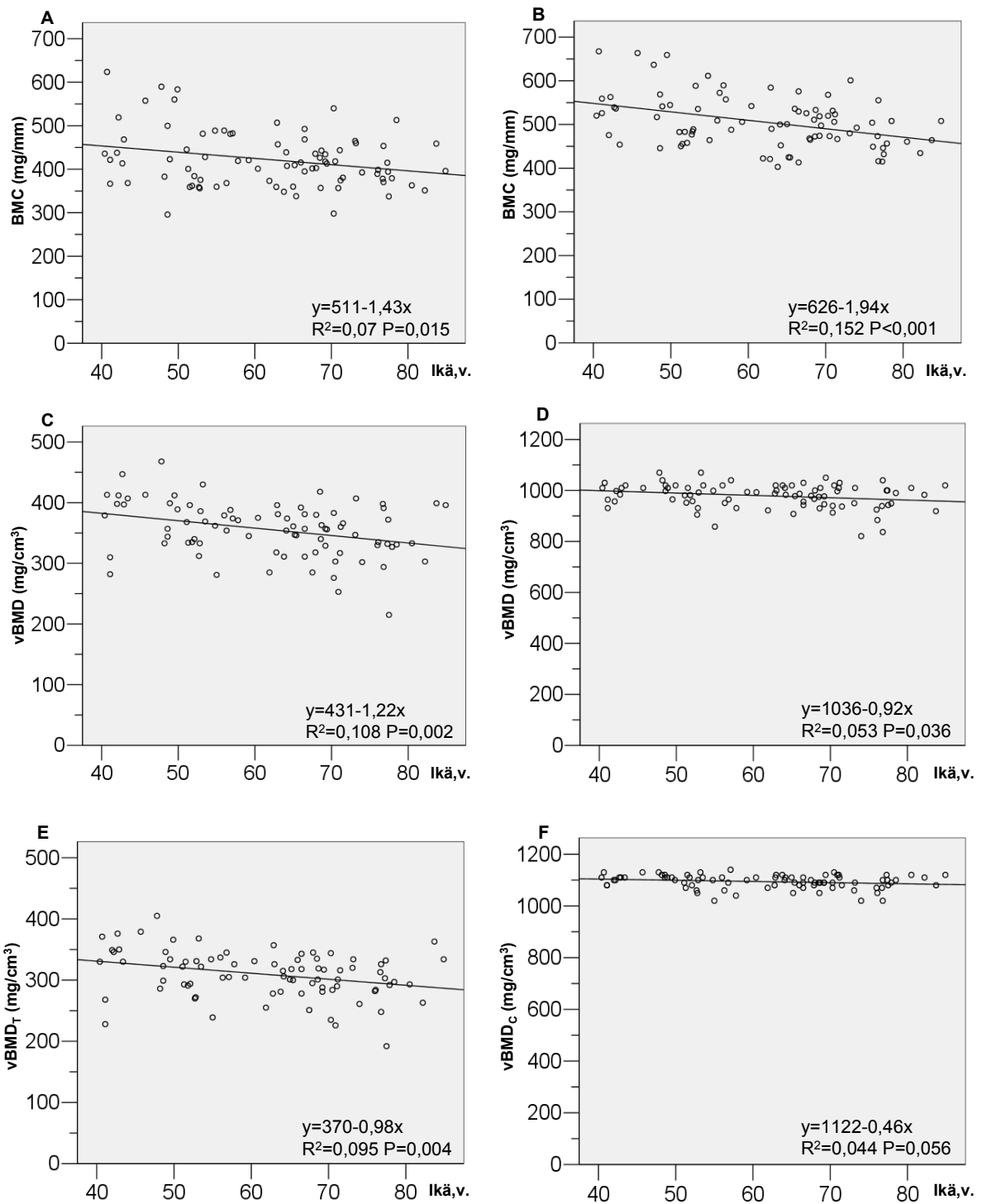
^{abcd} ryhmä eroaa tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi p<0,05) 40-49-, 50-59-, 60-69- ja 70+-vuotiaista vastaavassa järjestyksessä.

Taulukko 4. Sääriluun varsiosan mineraalimäärä, -tiheys ja geometriset ominaisuudet eri ikäryhmissä. (keskiarvo, SD).

Muuttuja	40 – 49 (N = 17)	50 – 59 (N = 18)	60 – 69 (N = 24)	70+ (N = 24)	ANOVA P-arvo
BMC (mg/mm)	554 (69) ^{cd}	511 (52)	487 (52) ^a	487 (48) ^a	0,001
vBMD (mg/cm ³)	1002 (34)	976 (51)	983 (36)	961 (59)	0,052
vBMD _C (mg/cm ³)	1109 (15)	1088 (32)	1093 (20)	1088 (30)	0,042
CSA _{TOT} (mm ²)	553 (68) ^{cd}	524 (46)	495 (47) ^a	508 (51) ^a	0,006
CSA _C (mm ²)	450 (56) ^{cd}	420 (43)	399 (44) ^a	395 (42) ^a	0,001
Th _C (mm)	5,7 (0,6) ^d	5,4 (0,6)	5,2 (0,7)	5,0 (0,7) ^a	0,004
lmax (mg/cm)	5569 (1750) ^c	5174 (975)	4475 (876) ^a	4645 (1076)	0,018
lmin (mg/cm)	2037 (507)	1726 (287)	1726 (383)	1792 (362)	0,058
lpolar (mg/cm)	7611 (2172) ^c	6899 (1167)	6203 (1193) ^a	6438 (1287)	0,020

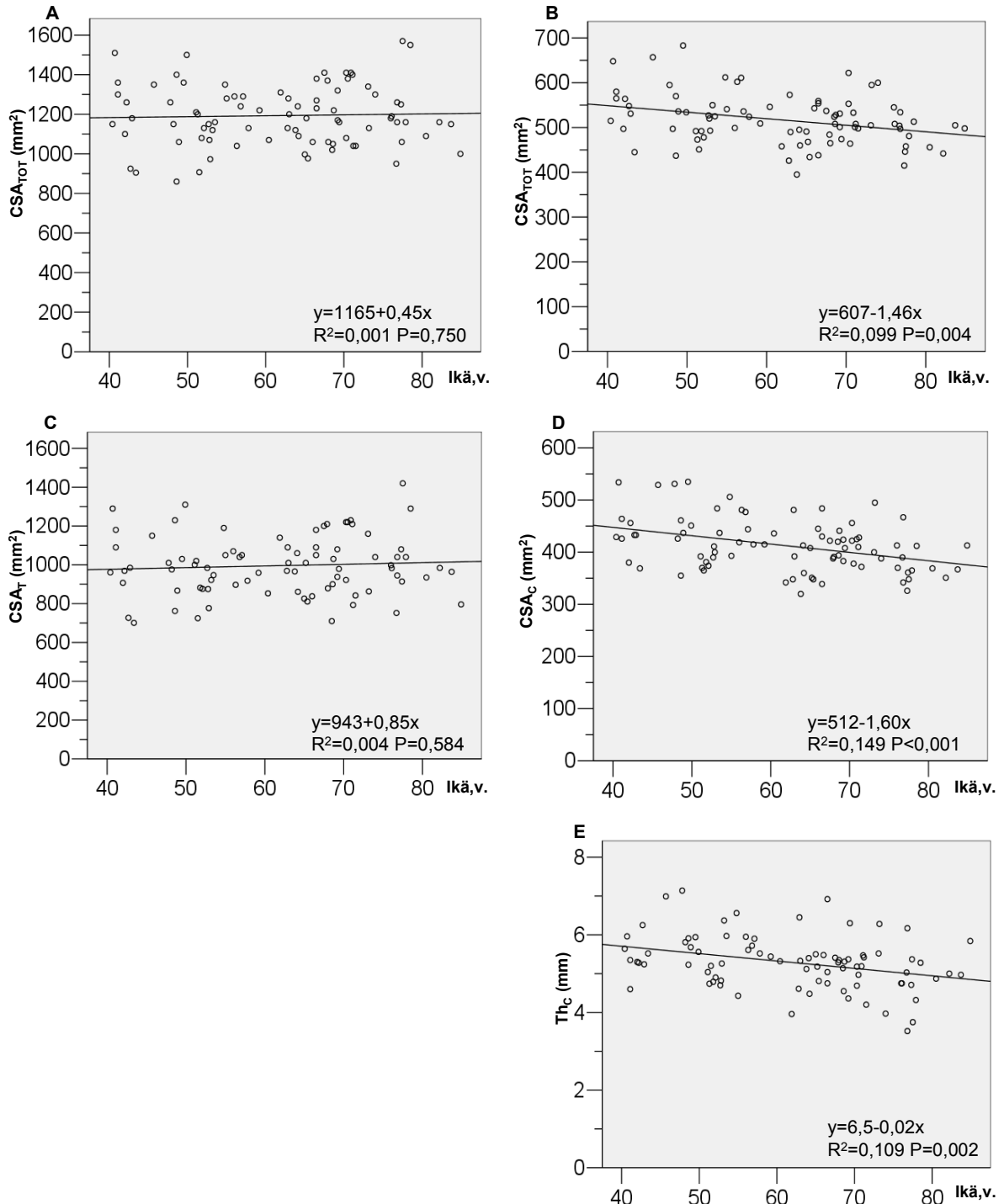
^{abcd} ryhmä eroaa tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$) 40-49-, 50-59-, 60-69- ja 70+-vuotiaista vastaavassa järjestyksessä.

Lineaarisen regressiotarkastelun tulokset iän yhteydestä sääriluun distaaliosan BMC-, vBMD- ja vBMD_T-muuttujiin on esitetty kuviossa 1 (A, C, E, s. 23). Kuvioista nähdään, että vanhemmilla pikajuoksijoilla arvot olivat nuorempia pikajuoksijoita pienemmät. Vuotta kohti laskettuna BMC-, vBMD- ja vBMD_T-arvot pienenevät keskimäärin noin 0,3 prosenttia. Sääriluun varressa BMC- ja vBMD-arvot olivat vanhemmilla tutkittavilla pienemmät kuin nuoremmilla, kun taas muuttujaan vBMD_C ikä ei ollut yhteydessä (kuvio 1, B, D, F). Sääriluun varren BMC-arvo pieneni keskimäärin noin 0,3 ja vBMD-arvo noin 0,1 prosenttia vuotta kohti laskettuna.



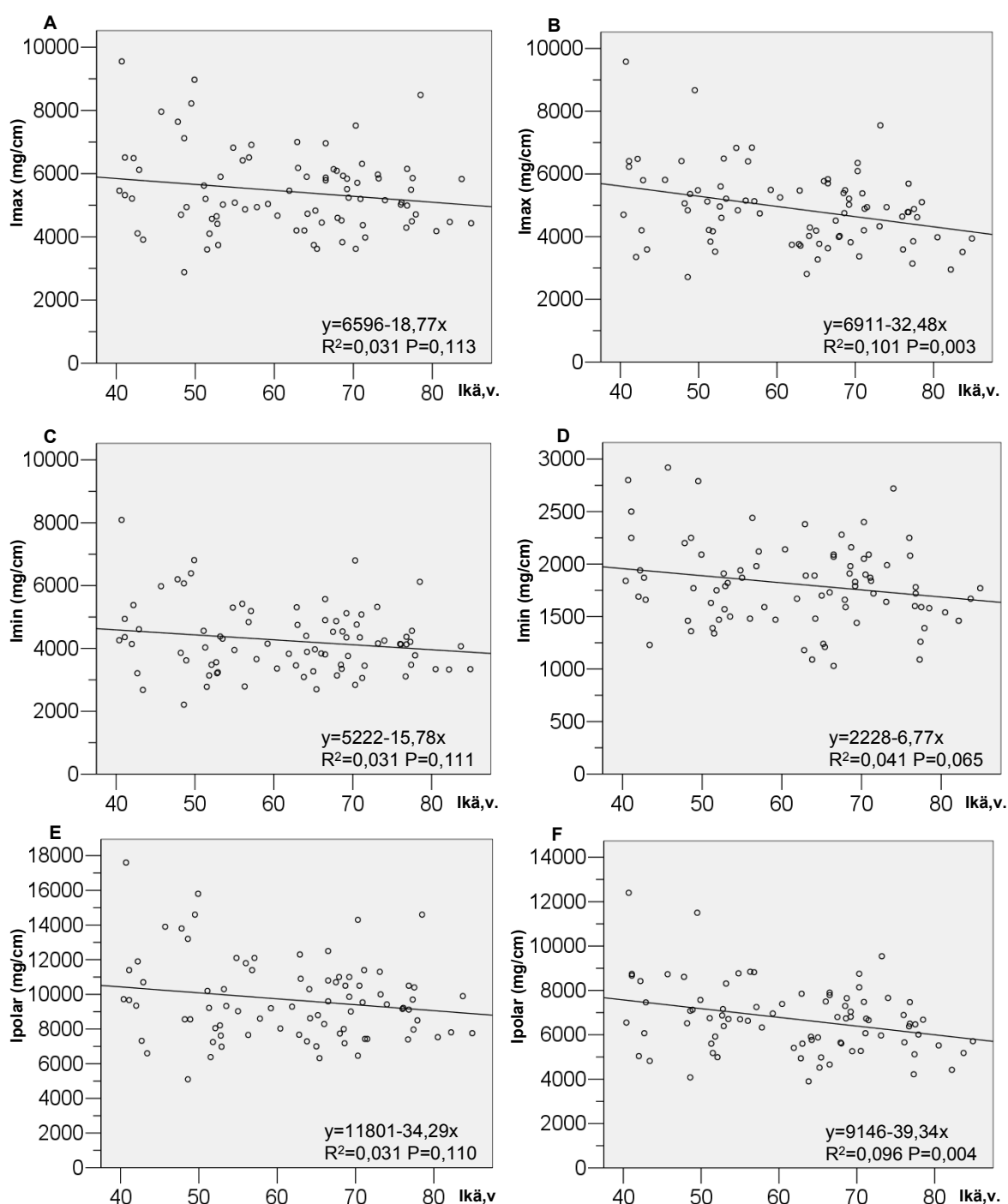
Kuvio 1. Iän yhteys sääriluun distaali- (vasen palsta) ja varsiosan (oikea palsta) BMC-(A, B), vBMD- (C, D), vBMD_T- (E) ja vBMD_C-arvoihin (F).

Sääriluun distaaliosan CSA_{TOT} - ja CSA_T -muuttujien tulokset on esitetty kuviossa 2 (A, C). Kuvioista nähdään, että ikä ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä muuttujiin. Sääriluun varren CSA_{TOT} -, CSA_C - ja Th_C -arvot olivat vanhemmilla tutkittavilla nuorempia pienemmät (kuvio 2, B, D, E). CSA_{TOT} -arvo pieneni vuotta kohti laskettuna keskimäärin noin 0,2 prosenttia sekä CSA_C - ja Th_C -arvot noin 0,3 prosenttia.



Kuvio 2. Iän yhteys sääriluun distaali- (vasen palsta) ja varsisosan (oikea palsta) CSA_{TOT} - (A, B), CSA_T - (C), CSA_C - (D) ja Th_C -arvoihin (E).

Kuviossa 3 (A, C, E) on esitetty iän yhteys sääriiluun distaaliosan I_{max}-, I_{min}- ja I_{polar}-muuttujiin, ja kuvioista nähdään, että ikä ei ollut niihin tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä. Myöskään iän yhteys sääriiluun varren I_{min}-muuttujaan ei ollut merkitsevä (kuvio 3, D), kun taas I_{max}- ja I_{polar}-arvot olivat vanhemmilla pikajuoksijoilla nuorempia pienemmät (kuvio 3, B, F). I_{max}- ja I_{polar}-arvot pienenivät vuotta kohti lasketuna keskimäärin noin 0,5 prosenttia.



Kuvio 3. Iän yhteys sääriiluun distaali- (vasen palsta) ja varsiosan (oikea palsta) I_{max}- (A, B), I_{min}- (C, D) ja I_{polar}-arvoihin (E, F).

län ja kehon painon regressiotarkastelussa kehon paino korreloi ikää tilastollisesti merkitsevämmin sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin (taulukko 5 ja taulukko 6). Kehon paino ei ollut kuitenkaan yhteydessä sääriluun varren vBMD- ja vBMD_C-muuttujiin (taulukko 6).

Taulukko 5. län ja kehon painon yhteys sääriluun distaaliosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin. (N=83).

Muuttuja	Ikä				Paino (Kg)				
	B	(SE)	β	P-arvo	B	(SE)	β	P-arvo	R ²
BMC (mg/mm)	-0,14	0,51	-0,025	0,790	5,10	0,79	0,611	<0,001	0,387
vBMD (mg/cm ³)	-0,84	0,41	-0,227	0,044	1,49	0,64	0,259	0,022	0,165
vBMD _T (mg/cm ³)	-0,66	0,36	-0,208	0,067	1,26	0,55	0,257	0,024	0,151
CSA _{TOT} (mm ²)	2,79	1,40	0,218	0,050	9,19	2,16	0,466	<0,001	0,185
CSA _T (mm ²)	2,56	1,46	0,201	0,084	6,72	2,26	0,343	0,004	0,104
lmax (mg/cm)	7,04	10,48	0,066	0,504	101,68	16,19	0,615	<0,001	0,351
lmin (mg/cm)	5,26	8,86	0,059	0,554	82,94	13,68	0,600	<0,001	0,336
lpolar (mg/cm)	12,43	18,99	0,064	0,515	184,10	29,33	0,615	<0,001	0,351

Taulukko 6. län ja kehon painon yhteys sääriluun varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin. (N=83).

Muuttuja	Ikä				Paino (Kg)				
	B	(SE)	β	P-arvo	B	(SE)	β	P-arvo	R ²
BMC (mg/mm)	-0,80	0,45	-0,162	0,079	4,46	0,70	0,583	<0,001	0,440
vBMD (mg/cm ³)	-0,67	0,47	-0,167	0,156	0,99	0,72	0,162	0,171	0,075
vBMD _C (mg/cm ³)	-0,37	0,26	-0,170	0,154	0,35	0,40	0,103	0,388	0,053
CSA _{TOT} (mm ²)	-0,46	0,45	-0,098	0,318	3,96	0,70	0,551	<0,001	0,356
CSA _C (mm ²)	-0,65	0,38	-0,158	0,088	3,74	0,58	0,584	<0,001	0,438
Th _C (mm)	-0,01	0,01	-0,179	0,096	0,03	0,01	0,384	0,001	0,234
lmax (mg/cm)	-9,59	9,84	-0,094	0,333	90,21	15,19	0,570	<0,001	0,376
lmin (mg/cm)	-0,80	3,57	-0,024	0,824	23,54	5,51	0,458	<0,001	0,219
lpolar (mg/cm)	-10,43	12,18	0,082	0,394	113,92	18,82	0,579	<0,001	0,380

6.3 Harjoittelun yhteys pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin

Harjoittelun yhteys tutkittavien sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin on kuvattu taulukoissa 7 ja 8. Harjoituskertojen määrä korreloi positiivisesti sääriluun distaaliosan muuttujan vBMD, voimaharjoittelu muuttujan vBMD_T ja muu liikunta muuttujien CSA_{TOT}, I_{max}, I_{min} ja I_{polar} kanssa (taulukko 7). Nopeusharjoittelulla oli negatiivinen yhteys muuttujiin CSA_{TOT} ja CSA_T. Harjoituskertojen määrä korreloi positiivisesti sääriluun varsiosan muuttujien BMC, CSA_{TOT}, CSA_C, Th_C, I_{max}, I_{min} ja I_{polar} sekä harjoittelun tuntimäärä muuttujien BMC, CSA_C, I_{max} ja I_{polar} kanssa (taulukko 8, s. 28).

Harjoittelun tuntimäärä ja harjoitteluvuodet eivät korreloineet sääriluun distaaliosan luustomuuttujien kanssa eivätkä voima- ja nopeusharjoittelu, muu liikunta ja harjoitteluvuodet sääriluun varren luustomuuttujien kanssa. Osittaiskorrelaatiotarkastelussa, jossa kehon paino ja ikä kontrolloitiin, tilastollisesti merkitsevä yhteys jäi jäljelle vain harjoituskertojen ja sääriluun varren muuttujan BMC ($r=0,228$, $p=0,042$) sekä muuttujan CSA_C ($r=0,243$, $p=0,030$) välille.

Taulukko 7. Harjoittelun yhteys sääriluun distaaliosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin.

Muuttuja	Harj. (krt/vko) N=82	Harj. (h/vko) N=82	Voimaharj. (h/vko) N=82	Nopeusharj. (h/vko) N=82	Muu liikunta N=80	Harjoittelu- vuodet N=77
BMC (mg/mm)	0,156	0,156	0,136	-0,059	0,175	-0,062
vBMD (mg/cm ³)	0,260*	0,208	0,210	0,163	-0,024	0,021
vBMD _T (mg/cm ³)	0,214	0,190	0,258*	1,123	-0,010	-0,023
CSA _{TOT} (mm ²)	-0,044	-0,029	-0,070	-0,217*	0,223*	-0,112
CSA _T (mm ²)	-0,121	-0,086	-0,122	-0,229*	0,216	-0,124
I _{max} (mg/cm)	0,082	0,070	-0,009	-0,150	0,241*	-0,089
I _{min} (mg/cm)	0,109	0,098	0,056	-0,149	0,249*	-0,059
I _{polar} (mg/cm)	0,090	0,076	0,104	-0,155	0,240*	-0,081

(Harjoittelu r_s , * $p<0,05$)

Taulukko 8. Harjoittelun yhteys sääriluun varsiosan mineraalimäärään, -tiheyteen ja geometrisiin ominaisuuksiin.

Muuttuja	Harj. (krt/vko) N=82	Harj. (h/vko) N=82	Voimaharj. (h/vko) N=82	Nopeusharj. (h/vko) N=82	Muu liikunta N=80	Harjoittelu- vuodet N=77
BMC (mg/mm)	0,420**	0,248*	0,124	0,054	0,193	0,100
vBMD (mg/cm ³)	0,178	0,022	- 0,069	-0,087	0,137	0,024
vBMD _C (mg/cm ³)	0,104	-0,073	-0,076	-0,185	0,098	0,054
CSA _{TOT} (mm ²)	0,319**	0,194	0,143	-0,063	0,107	0,057
CSA _C (mm ²)	0,426**	0,252*	0,122	0,061	0,192	0,084
Th _C (mm)	0,255*	0,085	0,031	-0,010	0,067	0,056
lmax (mg/cm)	0,380**	0,299**	0,130	0,140	0,201	0,136
lmin (mg/cm)	0,259*	0,123	0,018	-0,021	0,152	0,128
lpolar (mg/cm)	0,370**	0,258*	0,108	0,106	0,188	0,134

(Harjoittelu r_s , * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$)

7 POHDINTA

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää miten ikä sekä pitkäaikainen, intensiivinen voima- ja nopeustyyppinen harjoittelu ovat yhteydessä pikajuoksijamiesten sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin. Tulosten mukaan pikajuoksijoiden sääriluun mineraalisisällön ja rakenteellisten ominaisuuksien arvot olivat vanhemmilla ikäryhmillä noin 8-20 prosenttia nuorinta ikäryhmää pienemmät. Vuotta kohti laskettuna arvot pienenevät keskimäärin noin 0,2-0,5 prosenttia. Kehon paino korreloi kuitenkin ikää merkitsevämmin tutkittujen luostomuuttujien kanssa, minkä vuoksi eri-ikäisten pikajuoksijoiden välillä havaittuja eroja voidaan pitää vähäisinä. Nuorimmat ikäryhmät käyttivät voima- ja nopeusharjoitteluun enemmän aikaa kuin vanhemmat ikäryhmät, mutta tutkittuihin luostomuuttujiin harjoittelun määrällä oli vähäinen yhteys.

Luun mineraalitiheyden on arvioitu ikääntymisen aikana pienenevän miehillä noin 0,5-1 prosenttia vuodessa riippuen mittauskohdasta ja -laitteesta (Cheng ym. 1997, Väänänen & Kannisto 2003, Kohrt ym. 2004). Tässä tutkimuksessa sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärän, sääriluun distaaliosan mineraalitiheyden sekä hohkaisen luun mineraalitiheyden arvot pienenevät vuotta kohti laskettuna keskimäärin kuitenkin vain noin 0,3 prosenttia. Lisäksi tässä tutkimuksessa sääriluun varsiosan mineraalitiheyden kuin myös kuoriluun mineraalitiheyden todettiin säilyvän lähes muuttumattomina, kun taas urheilemattomilla mieshenkilöillä tehdyssä poikittaistutkimuksessa näiden todettiin vähenevän lineaarisesti iän mukana (Russo ym. 2003). Urheilemattomilla mieshenkilöillä on todettu myös hohkaisen luun mineraalitiheyden alkavan vähetä jo ennen keski-ikää (Riggs ym. 2004), kun tässä tutkimuksessa ikäryhmittäiset erot tulivat esiin vasta 70-vuotiaana. Tästä tutkimuksesta saadut tulokset tukevat myös muiden veteraaniurheilijoita koskevien tutkimusten tuloksia, joissa mineraalimäärän ja -tiheyden on todettu säilyvän ikääntyneillä urheilijoilla (Suominen & Rahkila 1991, Wiswell ym. 2002, Welch & Rosen 2005). Toisaalta veteraaniurheilijoilla, jotka ovat osallistuneet vuosia kehon painoa kantamattomaan urheiluun (esimerkiksi pyöräily) on todettu olevan alhaisemmat luun mineraalitiheyden arvot ja tätä kautta olevan riskissä sairastua osteoporoosiin myöhemmällä iällä (Nichols ym.2003).

Luun mineraalimäärän ja -tiheyden lisäksi luun lujuuteen vaikuttavat myös luun geometriset ominaisuudet. Iän myötä luun ulkopinnan on todettu laajenevan sekä luun sisäpinnan haurastuvan (Seeman 2001, Duan ym. 2003), muutoksen kuitenkin kompensoidessa luun mineraalimäärän menetystä ja luun lujuutta vääntö- ja kierto-kuormitukselle (Einhorn 1996). Tässä tutkimuksessa iän ei todettu olevan yhteydessä sääriluun distaaliosan geometrisiin ominaisuuksiin, kun taas sääriluun varren kokonaispoikkipinta-alan, kuoriluun poikkipinta-alan, kuoriluun paksuuden sekä jäyhyysmomenttien (maksimi, polaarinen) arvot pienenevät vuotta kohti laskettuna keskimäärin noin 0,2-0,5 prosenttia. Tulokset viittaavat siihen, että sääriluun varren geometriset ominaisuudet pienenevät vanhemmilla pikajuoksijoilla luun sisäpinnalla ikääntymisen myötä tapahtuvan haurastumisen johdosta.

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat muiden veteraaniturheilijoita koskevien tutkimusten tuloksia, joiden mukaan harjoittelun intensiteetti pienenee jonkin verran vanhemmissa ikäryhmissä (Wiswell ym. 2001, Wiswell ym. 2002, Nichols ym. 2003). Verrattessaan veteraanipyöräilijöiden ja nuorten pyöräilijöiden harjoittelua toisiinsa Nichols ym. (2003) totesivat veteraanipyöräilijöiden (ikä 40-60 vuotta) harjoitteluun käytetyn viikoittaisen tuntimäärän olevan pienempi kuin nuorilla pyöräilijöillä (ikä 25-35 vuotta), mutta viikoittaisten harjoituskertojen säilyvän nuorten tasolla. Wiswell (2001, 2002) työtovereineen on esittänyt tutkimuksissaan harjoittelun osalta erilaisia tuloksia. Toisen tutkimuksen mukaan viikoittaiset harjoituskerrat sekä viikon aikana juostut mailimäärät pienenevät veteraaniturheilijoilla vanhemmissa ikäryhmissä (Wiswell ym. 2002), kun toisessa tutkimuksessa pienenemistä ei todettu tapahtuvan (Wiswell ym. 2001). Tässä tutkimuksessa urheilijoiden voima- ja nopeusharjoittelun viikoittaisen tuntimäärän todettiin olevan vanhemmilla ikäryhmillä nuorempia ikäryhmiä pienempi.

Muissa tutkimuksissa on todettu, että harjoittelu ja kuoriluun mineraalitiheys eivät ole yhteydessä toisiinsa (Haapasalo ym. 2000, Uusi-Rasi ym. 2002). Vastaavanlainen tulos tässä tutkimuksessa saatiin kuoriluun mineraalitiheyden lisäksi sääriluun varren mineraalitiheyden osalta. Lisäksi tässä tutkimuksessa tutkimushetkellä raportoidun harjoittelun todettiin korreloivan heikosti sääriluun distaali- ja varsiosan luustomuuttujiin. Iän ja kehon painon vaikutuksen kontrolloinnin jälkeen ainoastaan harjoituskerrat olivat yhteydessä sääriluun varren mineraalimäärään sekä kuoriluun poikkipinta-alaan. Myös Wiswell ym. (2001, 2002) ovat tutkimuksissaan todenneet harjoittelun

olevan heikosti tai ei lainkaan yhteydessä mineraalimäärään ja -tiheyteen. Koska tässä tutkimuksessa harjoituskertojen määrä oli ikäryhmillä samankaltainen, harjoittelun korrelaation tulos voi olla viite siitä, että tutkittavien on ollut helpompi muistaa harjoituskertojen määrä kuin viikossa harrastetun voima- ja nopeusharjoittelun määrä. Harjoitteluun liittyvien tekijöiden selvittämistä kyselyn avulla voidaan näin ollen pitää haasteellisena tehtävänä. Toisaalta tulos viittaa myös siihen, että pitkäaikaisen harjoittelun myötä määräytyneitä mineraalimäärää ja -tiheyttä sekä geometrisia ominaisuuksia ylläpidetään vanhemmissa ikäryhmissä harjoittelun avulla; harjoittelulla näyttäisi olevan luun mineraalimäärää, -tiheyttä ja rakennetta ylläpitävä, ei lisäävä vaikutus (Suominen & Rahkila 1991, Kohrt ym. 2004).

Tämän tutkimuksen heikkouksina voidaan pitää tutkimuksen poikkileikkausasetelmaa sekä vertailuryhmän puuttumista. Vaikka poikkileikkausasetelmasta johtuen päätelmiä suorasta syy-seuraussuhteesta ei voida tehdä, tutkimus tarjoaa kuitenkin tietoa siitä miten ikä ja pitkäaikainen, intensiivinen voima- ja nopeustyyppinen harjoittelu ovat yhteydessä pikajuoksijoiden sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärään ja -tiheyteen sekä geometrisiin ominaisuuksiin. Vertailuryhmän puuttuessa tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää kohtuullisen suurta otoskokoa ja tutkittavien ikäjakaumaa, jotka mahdollistivat selkeän kuvan saamisen iän, harjoittelun ja luustomuuttujien välisestä yhteydestä.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava myös urheilijoiden valikoituminen. Verrattessa urheilijoita urheilemattomaan väestöön, urheilijoiden sosioekonominen status on korkea, heidän toimintakykynsä on parempi ja he ovat myös terveydentilaltaan sekä elämäntavoiltaan terveempiä (Suominen 1993, Bäckmand 2006). Nämä tekijät mahdollistavat aktiivisen urheilu-uran jatkamisen korkeaan ikään saakka ja tätä kautta niiden voi katsoa olevan yhteydessä myös ikääntyneen henkilön luuston kuntoon (Suominen & Rahkila 1991, Suominen 1993).

Vaikka tämä tutkimus on suoritettu urheilijoilla, jotka ovat omistautuneet elinikäiseen harjoitteluun, voidaan iän mukana jatkettua harjoittelun yleistää ylläpitävän myös ikääntyneen normaaliväestön luuston lujutta. Harjoitteluohjelmat, jotka sisältävät voima-, kestävyys- ja tasapainoharjoittelua sekä sovellettuna isku- ja nopeustyyppistä harjoittelua sopivat hyvin ikääntyneen henkilön luuliikunnaksi. Harjoittelun ylläpitä-

essä luun lujuutta, hyvä lihasvoima sekä tasapaino vähentävät iäkkään riskiä kaatumisille ja tätä kautta murtumille. (Kannus 1999, Kohrt ym. 2004, Nikander ym. 2006, Suominen 2006.) Fyysisen toimintakyvyn ylläpidon lisäksi fyysisen aktiivisuuden on todettu vaikuttavan positiivisesti myös psyykkiseen hyvinvointiin ja olevan ikääntyneen yksilön terveyden sekä aktiivisten elinvuosien ja tätä kautta koko elämänlaadun säilyttämisessä tärkeä tekijä (Hawkins ym. 2003, Bäckmand 2006).

Johtopäätöksenä tämän tutkimuksen tuloksista voidaan todeta, että pikajuoksijamiesten sääriluun distaali- ja varsiosan mineraalimäärä ja -tiheys sekä geometriset ominaisuudet säilyvät vuosia kestäneen, intensiivisen ja korkeassa iässä jatkettun harjoittelun ansiosta. Jatkossa kiinnostavaa olisi verrata tästä tutkimuksesta saatuja sääriluun tuloksia nuorten urheilijoiden sekä samanikäisten urheilemattomien henkilöiden vastaaviin tuloksiin. Kiinnostavaa jatkossa olisi myös tutkia tarkemmin pikajuoksijoiden sääriluun varsiosan mineraalimäärän jakautumista.

LÄHTEET

Bennell KL, Malcolm SA, Khan KM, Thomas SA, Reid SJ, Brukner PD, Ebeling PR, Wark JD. Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls: a 12-month longitudinal study. *Bone* 1997; 20: 477-484.

Burr DB, Robling AG, Turner CH. Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone* 2002; 30: 781-786.

Bäckmand H. Fyysisen aktiivisuuden yhteys persoonallisuuteen, mielialaan ja toimintakykyyn. Pitkäaikaisseurantatutkimus ikääntyvillä miehillä. Kansanterveystieteen väitöskirja –työ. Helsingin yliopisto, 2006.

Cheng S, Suominen H, Sakari-Rantala R, Laukkanen P, Avikainen V, Heikkinen E. Calcaneal bone mineral density predicts fracture occurrence: a five-year follow up study in elderly people. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 1075-1082.

Cheng S, Sipilä S, Taaffe DR, Puolakka J, Suominen H. Change in bone mass distribution induced by hormone replacement therapy and high-impact physical exercise in post-menopausal women. *Bone* 2002; 31: 126-135.

Duan Y, Beck TJ, Wang X-F, Seeman E. Structural and biomechanical basis on sexual dimorphism in femoral neck fragility has its origins in growth and aging. *J Bone Miner Res* 2003; 18: 1766-1774.

Einhorn TA. Biomechanics of bone. Teoksessa Bilezikian JP, Raisz LG, Rodan GA (toim.) *Principles of bone biology*. San Diego: Academic Press Inc, 1996: 25-38.

Enoka RM. *Neuromechanics of human movement*. Osa 2. 3th ed. Champaign: Human kinetics, 2002.

Ferretti JL, Cointry GR, Capozza RF, Frost HM. Bone mass, bone strength, muscle-bone interactions, osteopenias and osteoporoses. *Mech Aging Dev* 2003; 124: 269-279.

Forwood MR, Turner CH. Skeletal adaptations to mechanical usage: results from tibial loading studies in rats. *Bone* 1995; 17: 197S-205S.

Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec* 1987; 219: 1-9.

Frost HM. Perspectives: bone's mechanical usage windows. *Bone Miner* 1992; 19: 257-271.

Frost HM. On our age-related bone loss: insights from a new paradigm. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 1539-1546.

Haapasalo H, Kannus P, Sievänen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 310-319.

Haapasalo H, Kontulainen S, Sievänen H, Kannus P, Järvinen M, Vuori I. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone* 2000; 27: 351-357.

Harridge S, Suominen H. Physical activity in the elderly. Teoksessa Kjaer M, Krosgaard M, Magnusson P, Engebretsen L, Roos H, Takala T, Woo S L-Y (toim.) *Textbook of sport medicine. Basic science and clinical aspects of sports injury and physical activity*. Oxford: Blackwell Science Publishing, 2003: 337-354.

Hawkins SA, Wiswell RA, Marcell TJ. Exercise and the master athlete – a model of successful aging? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003; 58: 1009-1011.

Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Haapasalo H, Mänttari A, Vuori I. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone* 1995; 17: 197-203.

Heinonen A, Kannus P, Sievänen H, Oja P, Pasanen M, Rinne M, Uusi-Rasi K, Vuori I. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 1996; 348: 1343-1347.

Heinonen A, Sievänen H, Kyröläinen H, Perttunen J, Kannus P. Mineral mass, size and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone* 2001; 29: 279-285.

Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, Oja P, Vuori I. Site-specific skeletal response to long-term weight training seems to be attributable to principal loading modality: a pQCT study of female weightlifters. *Calcif Tissue Int* 2002; 70: 469- 474.

Hopper JL, Seeman E. The bone density of female twins discordant for tobacco use. *N Engl J Med* 1994; 330: 387-392.

Huuskonen J. Osteoporosis in men. University of Kuopio. Publications D. Medical Sciences 2001; 243.

Iwamoto J, Takeda T, Ichimura S. Effect of exercise training and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci* 2001; 6: 128-132.

Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, Sievänen H, Pasanen M, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995; 123: 27-31.

Kannus P. Preventing osteoporosis, falls, and fractures among elderly people. Promotion of lifelong physical activity is essential. *BMJ* 1999; 318: 205-206.

Kannus P, Niemi S, Parkkari J, Palvanen M, Vuori I, Järvinen M. Hip fractures in Finland between 1970 and 1997 and predictions for the future. *Lancet* 1999; 353: 802-805.

Kannus P, Niemi S, Parkkari J, Palvanen M, Vuori I, Järvinen M. Nationwide decline in incidence of hip fracture. *J Bone Miner Res* 2006; 21: 1836-1838.

Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1730-1736.

Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women. A meta-analysis of controlled trials. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80: 65-77.

Khan K, McKay H, Kannus P, Bailey D, Wark J, Bennell K. Physical activity and bone health. Champaign IL: Human kinetics, 2001.

Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1985-1996.

Kontulainen S, Heinonen A, Kannus P, Pasanen M, Sievänen H, Vuori I. Former exercisers of an 18 month intervention display residual aBMD benefits compared with control women 3,5 years post intervention: a follow-up of a randomized controlled high-impact trial. *Osteoporos Int* 2004; 15: 248-251.

Korhonen MT, Cristea A, Alen M, Häkkinen K, Sipilä S, Mero A, Viitasalo JT, Larsson L, Suominen H. Aging, muscle fiber type and contractile function in sprint-trained athletes. *J Appl Physiol* 2006; 101: 906-917.

Lanyon LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 1996; 18: 37S-43S.

Law MR, Hackshaw AK. A meta-analysis of cigarette smoking, bone mineral density and risk of hip fracture: recognition of a major effect. *BMJ* 1997; 315: 841-846.

Marks SC Jr., Hermey DC. The structure and development of bone. Teoksessa Bilezikian JP, Raisz LG, Rodan GA (toim.) *Principles of bone biology*. San Diego: Academic Press Inc, 1996: 3-14.

Nelson HD, Humbrey LL, Nygren P, Teutsch SM, Allan JD. Postmenopausal hormone replacement therapy: scientific review. *JAMA* 2002; 288: 872-881.

Nichols JF, Palmer JE, Levy SS. Low bone mineral density in highly trained male master cyclists. *Osteoporos Int* 2003; 14: 644-649.

Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Kannus P. Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. *J Bone Miner Res* 2005; 20: 520-528.

Nikander R, Sievänen H, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Kannus P. Loading modalities and bone structures at nonweight-bearing upper extremity and weight-bearing lower extremity: A pQCT study of adult female athletes. *Bone* 2006; 39: 886-894.

Osteoporoosin käypä hoito-suositus. Hoitosuositusryhmä: Välimäki M, Alhava E, Aro H, Irjala K, Heinonen A, Hirvonen E, Jousilahti P, Kröger H, Lamberg-Allardt C, Malmivaara A, Mattila K, Mervaala E, Möttönen T, Salmela P, Salmi J, Salovaara K, Savolainen A, Suominen H, Tuppurainen M, Viikari J. *Duodecim* 2000; 116: 1722-1788. 1. päivitys 11.10.2006.

Riggs BL, Melton LJ III. The prevention and treatment of osteoporosis. *N Engl J Med* 1992; 327: 620-627.

Riggs BL, Melton LJ III, Robb RA, Camp JJ, Atkinson EJ, Peterson JM, Rouleau PA, McCollough CH, Bouxsein ML, Khosla S. Population-based study of age and sex differences in bone volumetric density, size, geometry and structure at different skeletal sites. *J Bone Miner Res* 2004; 19: 1945-1953.

Rittweger J, Frost HM, Schiessl H, Ohshima H, Alkner B, Tesch P, Felsenberg D. Muscle atrophy and bone loss after 90 days' bed rest and the effects of flywheel resistive exercise and pamidronate: Results from the LTBR study. *Bone* 2005; 36: 1019-1029.

Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, Bartali B, Iorio ADi, Volpato S, Guralnik JM, Harris T, Ferrucci L. Aging bone in men and women: beyond changes in bone mineral density. *Osteoporos Int* 2003; 14: 531-538.

Seeman E. The dilemma of osteoporosis in men. *Am J Med* 1995; 98: 76S-88S.

Seeman E. Clinical Review 137: Sexual dimorphism in skeletal size, density, and strength. *J Clin Endocr Metab* 2001; 86: 4576-4584.

Sievänen H, Koskue V, Rauhio A, Kannus P, Heinonen A, Vuori I. Peripheral quantitative computed tomography in human long bones: evaluation in vitro and in vivo precision. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 871-882.

Sievänen H, Cheng S, Ollikainen S, Uusi-Rasi K. Ultrasound velocity and cortical bone characteristics in vivo. *Osteoporos Int* 2001; 12: 399-405.

Suominen H, Rahkila P. Bone mineral density of the calcaneus in 70- to 81- yr- old male athletes and population sample. *Med Sci Sport Exerc* 1991; 23: 1227-1233.

Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Med* 1993; 16: 316-330.

Suominen H. Kehon rakenteen ja fyysisen suorituskyvyn muutokset vanhetessa ja liikunta. Teoksessa Era P (toim.) Ikääntyminen ja liikunta. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108. Jyväskylä: LIKES-tutkimuskeskus, 1997: 17-48.

Suominen H. Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res* 2006; 18: 85-93.

Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone* 1998; 23: 399-407.

Uusi-Rasi K, Sievänen H, Pasanen M, Oja P, Vuori I. Associations of calcium intake and physical activity with bone density and size in premenopausal and postmenopausal women: a peripheral quantitative computed tomography study. *J Bone Miner Res* 2002; 17: 544-552.

Uusi-Rasi K, Sievänen H, Heinonen A, Beck TJ, Vuori I. Determinants of changes in bone mass and femoral neck structure, and physical performance after menopause: a 9-year follow-up of initially peri-menopausal women. *Osteoporos Int* 2005; 16: 616-622.

Vainionpää A, Korpelainen R, Leppäluoto J, Jämsä T. Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women. *Osteoporos Int* 2005; 16: 191-197.

Väänänen K. Luun elämänkaari. *Duodecim* 1996; 22: 2087-2092.

Väänänen K, Kannisto M. Luun rakenne ja vanhenemismuutokset. Teoksessa Alaranta H, Pohjalainen T, Salminen J, Viikari-Juntura E (toim.) *Fysiatria*. Duodecim. 3. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2003: 201-211.

Wang Q. Bone growth in pubertal girls. Cross-sectional and longitudinal investigation of the association of sex hormones, physical activity, body composition and muscle strength with bone mass and geometry. University of Jyväskylä. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 2005; 110.

Welch JM, Rosen CJ. Older women track and field athletes have enhanced calcaneal stiffness. *Osteoporos Int* 2005; 16: 871-878.

Wiswell RA, Hawkins SA, Jaque SV, Hyslop D, Constantino N, Tarpenning K, Marcell T, Schroeder ET. Relationship between physiological loss, performance decrement, and age in master athletes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001; 56: M618-M626.

Wiswell RA, Hawkins SA, Dreyer HC, Jaque SV. Maintenance of BMD in older male runners is independent of changes in training volume or VO_2 peak. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002; 57: M203-M208.

Wolff I, Van Croonenborg JJ, Kemper HCG, Kostense PJ, Twisk JWR. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999; 9: 1-12.

Wolff J. *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. Berlin: A Hirschwald, 1892.

World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Technical report series 843. Geneva: WHO, 1994.

Nopeusharjoittelututkimus 2002-2003**KYSELYLOMAKE**

Vastaa ympäröimällä sopiva numero tai kirjoittamalla vastaus siihen varattuun tilaan

Nimi _____ Syntymävuosi _____

Pituus _____ cm Paino _____ kg

Kotikunta _____

1. Oletko nuorempana (alle 35 v.) harrastanut jotakin lajia kilpaurheiluna?

1 kyllä, laji _____ paras tulos/saavutus _____

laji _____ paras tulos/saavutus _____

2 en

2. Kuinka monta vuotta olet säännöllisesti harrastanut liikuntaa? _____ vuotta**3. Kuinka usein harrastat liikuntaa tällä hetkellä?**

Kesäisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

Talvisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

4. Kuinka usein teet voimaharjoittelua kuntosalissa?

Kesäisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

Talvisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

5. Onko sinulla talvella mahdollisuus juosta hallissa?

1 kyllä, minkälainen suorituspaikka? _____

2 ei

6. Kuinka usein teet nopeus- tai nopeuskestävyysharjoittelua juosten (vetoja)?

Kesäisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

Talvisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

7. Kuinka usein teet hyppy- tai hyppelyharjoittelua?

Kesäisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

Talvisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

8. Kuinka usein harrastat jotakin muuta liikuntaa? Mitä _____

Kesäisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

Talvisin _____ kertaa viikossa _____ min/kerta

9. Minä vuosina olet osallistunut veteraaniyleisurheilukisoihin?

SM-kisoihin _____

EM- tai MM-kisoihin _____

10. Parhaat saavutuksesi veteraaniyleisurheilussa?

Laji _____ Sijoitus _____ Kilpailu/vuosi _____ Tulos _____

Laji _____ Sijoitus _____ Kilpailu/vuosi _____ Tulos _____

11. Kuinka moneen kilpailuun osallistuit viime kesänä? _____

12. Pidätkö harjoituspäiväkirjaa?

1 kyllä 2 en

13. Onko sinulla harjoitusohjelmaa, jonka mukaan harjoittelet?

1 kyllä 2 ei

14. Onko sinulla aiemmin ollut harjoittelua haittaavia vammoja tai sairauksia?

1 on, vuonna _____ vamma tai sairaus _____

vuonna _____ vamma tai sairaus _____

2 ei

15. Onko sinulla nyt harjoittelua haittaavia vammoja tai sairauksia?

1 on, vamma tai sairaus _____

vamma tai sairaus _____

2 ei

Oletko halukas osallistumaan tutkimuksen toiseen vaiheeseen (marraskuu 2002)?

1 kyllä 2 en

Oletko halukas osallistumaan tutkimuksen kolmanteen vaiheeseen (harjoittelun seurantatutkimus marraskuu 2002 - toukokuu 2003)?

1 kyllä 2 en