

**HAPPAMUUTTA JA EMÄKSISYYTTÄ TUOTTAVA RA-  
VINTO JA 12 VIIKON YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA  
VOIMAHARJOITTELU MIEHILLÄ JA NAISILLA: VAIKU-  
TUKSET KEHONKOOSTUMUKSEEN, ELIMISTÖN  
pH:HON JA LUUNTIHEYTEEN**

Aino Kari

LFYA005

Kandidaatintutkielma

Kevät 2013

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Antti Mero

Enni-Maria Hietavala

# TIIVISTELMÄ

**Kari, Aino** 2013. Happamuutta ja emäksisyyttä tuottava ravinto ja 12 viikon yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu miehillä ja naisilla: vaikutukset kehonkoostumukseen, elimistön pH:hon ja luuntiheyteen. Liikuntafysiologian kandidaatintutkielma. LFYA005. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 56 s.

**Johdanto.** Kestävyys- ja voimaharjoittelulla saadaan aikaan muutoksia kehonkoostumuksessa niin miehillä kuin naisillakin. Kestävyysharjoittelun aikaansaamat muutokset kohdistuvat suurimmaksi osaksi rasvakudokseen ja voimaharjoittelun vastaavasti lihaskudokseen. Yhdistetyllä harjoittelulla on saatu aikaan muutoksia sekä rasva- että lihaskudoksen osuuksissa kehonkoostumuksessa. Luuntiheyteen vaikuttavat monet tekijät, kuten liikunta, ravinto, ikä ja sukupuoli. Luuntiheyden ja elimistön pH:n välillä on havaittu yhteys; happamampi elimistön pH laskee luuntiheyttä ja vastaavasti emäksisemmällä pH:lla on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia luuntiheyteen. Edelleen on havaittu, että ruokavaliomuutoksilla pystytään vaikuttamaan elimistön happamuuteen.

**Tutkimuksen tarkoitus.** Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kehonkoostumuksen muutoksia happamuutta tai emäksisyyttä tuottavan ruokavalion ja 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena miehillä ja naisilla. Lisäksi haluttiin selvittää harjoittelun vaikutuksia luuntiheyteen miehillä ja naisilla sekä tarkastella vaikuttaako elimistön pH luuntiheyteen.

**Menetelmät.** Tutkimukseen osallistui yhteensä 49 kuntoliikuntaa harrastavaa naista ja miestä, jotka jaettiin kahteen ruokavalioryhmään (emäs / hapan). Emäs-ryhmän ruokavaliota oli arvioitu PRAL (potential renal acid load = potentiaalinen munuaisten happokuorma) -menetelmän avulla elimistön emäksisyyttä lisääväksi (normaali määrä proteiinia ja runsaasti kasviksia ja hedelmiä), kun taas hapan-ryhmä noudatti lähes normaalia ruokavaliota, jossa kuitenkin muun muassa kasvien ja hedelmien saantia oli rajoitettu. 12 viikon tutkimusjakson ajan koehenkilöt myös suorittivat yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua kaikille yhtenäisen ohjelman mukaisesti kaksi kertaa viikossa yhteensä 90 - 120 minuuttia yhdellä harjoituskerralla. Kestävyysosio suoritettiin aina ensin ja 10 minuutin palautuksen jälkeen toteutettiin voimaosio. Tutkimuksen aikana tehtiin alku- sekä loppumittaukset, joihin kuului antropometriset mittaukset (paino, pituus, BMI=body mass index=kehon painoindeksi), kehonkoostumusmittaukset DEXA -laitteella, lihaskuuden mittaus ultraäänellä sekä voima- ja kestävyystestit. Lisäksi koehenkilöiltä otettiin laskimoverinäytteet ja kerättiin virtsaa pH:n analysointia varten ja kerättiin kolmessa eri aikapisteessä kolmen päivän ruokapäiväkirjat.

**Tulokset.** Emäs- ja hapan-ryhmän miesten kasvien ja hedelmien saannissa oli tilastollisesti merkitsevä ero tutkimusjakson puolivälissä ( $898 \pm 302$  g vs.  $247 \pm 243$  g,  $p < 0,001$ ) ja sen lopussa ( $803 \pm 380$  g vs.  $226 \pm 96$  g,  $p < 0,01$ ). Naisilla samansuuntainen ryhmien välinen pieni ero havaittiin jo ennen tutkimusjaksoa ( $396 \pm 203$  g vs.  $249 \pm 75$  g,  $p < 0,05$ ), mutta suuri ero tutkimusjakson puolivälissä ( $927 \pm 307$  g vs.  $209 \pm 159$  g,  $p < 0,001$ ) ja sen lopussa ( $1066 \pm 634$  g vs.  $264 \pm 273$  g,  $p < 0,001$ ). Miesten emäs-ryhmällä kehonpainoon suhteutettu rasvojen ( $0,8 \pm 0,3$  g/kg vs.  $1,2 \pm 0,4$  g/kg,  $p < 0,05$ ) ja proteiinien ( $1,0 \pm 0,3$  g/kg vs.  $1,4 \pm 0,5$  g/kg,  $p < 0,05$ ) saanti oli tutkimusjakson puolivälissä pienempää kuin hapan-ryhmän miehillä.

**pH.** Veren pH:ssa ei havaittu muutoksia tutkimusjakson aikana, mutta virtsan pH oli emäs-ryhmän naisilla 15,9 % hapan-ryhmän naisia korkeampi tutkimusjakson puolivälissä ( $6,42 \pm 0,82$  vs.  $5,54 \pm 0,80$ ,  $p = 0,009$ ) ja 14,2 % tutkimusjakson lopussa ( $6,35 \pm 0,98$  vs.  $5,56 \pm 0,72$ ,  $p = 0,02$ ).

**Kehonkoostumus.** Koehenkilöiden kehonpainoissa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia harjoittelujakson aikana. Miesten emäs-ryhmän rasvaprosentti kuitenkin laski lähes merkitsevästi harjoittelujakson aikana ( $p=0,054$ ,  $23,9 \pm 7,4$  %,  $22,0 \pm 8,0$  %). Kun ravintoryhmät yhdistettiin sukupuolen mukaan, miesten rasvaprosentin lasku oli merkitsevä ( $p=0,043$ ,  $24,7 \pm 6,9$  %,  $23,1 \pm 6,7$  %). Myös rasvamassan muutoksessa miesten emäs-ryhmä oli ainut, jolla rasvamassa laski lähes merkitsevästi ( $p=0,056$ ,  $20,9 \pm 8,2$  kg,  $18,9 \pm 8,5$  kg). Ryhmien yhdistämisen jälkeen miesten rasvamassan lasku oli merkitsevä ( $p=0,038$ ,  $20,3 \pm 7,6$  kg,  $19,1 \pm 7,3$  kg). Naisten hapan-ryhmän rasvattoman massan osuus kasvoi merkitsevästi ( $p=0,037$ ,  $40,9 \pm 4,8$  vs.  $41,7 \pm 4,9$  kg), muissa ryhmissä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia. Ryhmien yhdistämisen jälkeen vain naisten muutos oli merkitsevä ( $p=0,033$ ,  $41,1 \pm 4,0$  kg vs.  $41,6 \pm 3,7$  kg).

**Ultraääni ja luuntiheys.** Ultraäänimittauksessa mitattiin rectus femoris -lihaksen (suoran reisilihaksen) ja vastus lateralis -lihaksen (ulomman reisilihaksen) paksuudet. Rectus femoriksen paksuudessa ei havaittu merkitsevää muutosta missään ryhmässä. Vastus lateraliksen paksuus kasvoi merkitsevästi naisten hapan-ryhmällä ( $p=0,003$ ,  $17,6 \pm 2,4$  cm vs.  $19,7 \pm 3,3$  cm), naisten emäs-ryhmällä ( $p=0,012$ ,  $19,8 \pm 2,8$  cm vs.  $20,9 \pm 3,4$  cm) sekä miesten hapan-ryhmällä lähes merkitsevästi ( $p=0,059$ ,  $28,0 \pm 3,9$  cm, vs.  $29,2 \pm 5,4$  cm). Luun mineraalitiheydessä eikä luun kokonaisuudessa havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä harjoittelun ja ruokavalion seurauksena.

**Pohdinta ja johtopäätökset.** Tämän tutkimuksen perusteella kasvis- ja hedelmäpainotteinen (noin 800 - 1000 g kasviksia ja hedelmiä vuorokaudessa) ja normaalin määrän proteiinia sisältävä emäs-ruokavalio ei vaikuta veren pH:hon, mutta nostaa virtsan pH:ta naisilla 12 viikon tutkimusjakson aikana. Nämä tulokset vahvistavat näkemystä siitä, että veren perushappo-emästasapainoa on vaikea muuttaa, mutta virtsan pH:hon sen sijaan voidaan tunnetusti vaikuttaa. Edelleen miehillä yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun aiheuttamat muutokset näyttävät kohdistuvan enemmän rasvakudokseen laskuna, kun taas naisilla muutoksia tapahtui enemmän rasvattomassa kudoksessa, mikä nousi. Luun mineraalitiheyden harjoittelulla ei ollut vaikutusta. Luun mineraalitiheyden ja pH-muutosten välillä ei havaittu yhteyksiä.

**Avainsanat:** *Ruokavalio, yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu, kehonkoostumus, luuntiheys, elimistön pH*

**Tätä tutkimusta ovat tukeneet:**

TEKES

Honkatarhat Oy, Honkajoki

Kyröntarhat Oy, Honkajoki

Mykora Oy, Honkajoki

Lihajaloste Korpela Oy, Huittinen

Laihian Mallas Oy, Laihia

KKK-Vihannes Oy / Lykobene, Honkajoki

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	5
2 KEHONKOOSTUMUS.....	8
2.1 Kehon komponentit.....	8
2.2 Kehonkoostumuksen mittausmenetelmät.....	8
3 HARJOITTELUN VAIKUTUS KEHONKOOSTUMUKSEEN.....	11
3.1 Voimaharjoittelun vaikutus kehonkoostumukseen.....	11
3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutus kehonkoostumukseen.....	13
3.3 Yhdistetyn harjoittelun vaikutus kehonkoostumukseen.....	17
4 LUUNTIHEYTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	21
4.1 Harjoittelun vaikutus luuntiheyteen.....	21
4.2 Luuntiheys ja pH.....	25
5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT.....	29
6 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	31
6.1 Koehenkilöt.....	31
6.2 Koeasetelma.....	31
6.2.1 Ravinto.....	33
6.2.2 Harjoittelu.....	35
6.3 Aineiston keräys ja analysointi.....	36
6.4 Tilastolliset menetelmät.....	38

7 TULOKSET.....	39
7.1 Ravinto.....	39
7.2 Pituus ja paino.....	41
7.3 Kehonkoostumus muuttajat.....	41
7.4 Luuntiheysmuuttajat ja pH.....	44
8 POHDINTA.....	47
LÄHTEET.....	53

# 1 JOHDANTO

Kehonkoostumukseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota sen vuoksi, että nyky-yhteiskunnassa lihavuus ja liiallinen rasvan määrä kehossa ovat yleisiä ongelmia, jotka altistavat monille sairauksille ja terveysongelmille. Liikalihavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa geenit, ympäristötekijät ja ravitsemustottumukset. (McArdle ym. 2010, 781 – 784.) Liikunnalla ja urheilulla voidaan vaikuttaa suurestikin kehonkoostumukseen. Kuitenkin eroja yksilöiden välillä harjoituksen vasteissa on paljon eivätkä kaikki vastaa samalla tavalla annettuun harjoitusärsykkeeseen. Esimerkiksi ylipainoisten ja normaalipainoisten väillä on havaittu eroja, kuten myös miesten ja naisten välillä. (McArdle ym. 2010, 456, 814 – 816, 821 – 822.)

Voimaharjoituksella pyritään kehittämään lihasten ja tukiosien voimaa. Voiman suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat lihaksen poikkipinta-ala, absoluuttisen kokonaisvoimantuotokyky, rakenteelliset seikat, kuten lihassäikeiden pennaatiokulma sekä suhteellinen voimaindeksi kehonkoostumuksen arviosta (kehon massa tai rasvaton kehon massa). (McArdle ym. 2010, 495.) Kestävyysharjoittelun tuottamissa vasteissa on havaittu eroja sillä se, millaista harjoittelua tehdään (esimerkiksi juoksu, uinti, pyöräily) vaikuttaa harjoittelun tuottamaan vasteeseen. Kestävyyshajottelun tuottamaan vasteeseen vaikuttavat lisäksi muut tekijät, kuten aerobisen kunnon lähtötaso, harjoitteluintensiteetti, harjoittelufrekvenssi sekä harjoituksen kesto. Kehonkoostumuksen kannalta matalaintensiteettinen ja pitkäkestoinen kuormitus ”polttaa” rasvaa suhteellisesti enemmän kuormituksen aikana. (McArdle ym. 2010, 28, 453, 470.) Harjoitteluvasteissa on sekä yksilöllisiä että sukupuoleen liittyviä eroja. Hormonaalisesta toiminnasta johtuvat erot selittävät osan sukupuolieroista. Naisilla on havaittu heikompaa suoriutumista kestävyyslajeissa (ajallisesti) kuin miehillä, mutta harjoittelun myötä erot pienenevät. On myös huomattu, että voimaharjoittelulla naiset pystyvät huomattavasti lisäämään voimaansa. Kuitenkaan absoluuttinen voimantuotto naisilla ei kasva yhtä suureksi kuin miehillä, mutta kehonpainoon suhteutettuna suuria eroja ei ole. (McArdle ym. 2010, 239 – 241, 496 – 497. )

Yhdistetyllä harjoittelulla tarkoitetaan harjoittelua, joka sisältää sekä voima- ja kestävyysharjoittelua. Tavallisesti kyseinen harjoitteluohjelma pyrkii nostamaan voimaa, kestävyyttä ja suhteellista lihasmassaa sekä laskemaan rasvaprosenttia.

Tutkimuksissa on löydetty näyttöä siitä, että geneettinen mieltymys aerobiseen tai anaerobiseen harjoitteluun saattaa vaikuttaa yhdistetyn harjoittelun vasteisiin. (Dantas ym. 2008.) Ghahramanloo ym. (2009) toteavat, että aiemmin harjoittelemattomille, perusterveille nuorille miehille yhdistetty harjoittelu saattaisi olla tehokkaampi vaihtoehto terveyden edistämiseen kuin pelkkä kestävyys- tai voimaharjoittelu yksinään.

Luiden kasvuun ja kehitykseen vaikuttavat monet tekijät läpi elämän, mutta 30. ikävuoteen mennessä luunmassa saavuttaa huippuarvonsa (Morel ym. 2001). Harjoittelun ja jokapäiväisen liikunnan osteogeeninen, luita vahvistava vaikutus on suurimmillaan kasvuvaiheessa ja saattaa vähentää murtumariskiä vanhemmalla iällä. Näin ollen liikunnalla on erittäin myönteinen vaikutus luun kasvuun ja kehitykseen, koska kasvua kiihdyttäviä voimia syntyy eri liikkeissä ja suorituksissa. Dynaamiseen harjoitteluun yhdistetyn lyhytkestoisen, intensiivisen, luita mekaanisesti kuormittavan liikunnan, jota tehdään kolmesta viiteen kertaan viikossa, on havaittu antavan luunmassan säilyttämiseen tai kasvattamiseen tarvittavan ärsykkeen. Erityisen hyviä ovat liikuntamuodot, joissa syntyy merkittäviä, kehon pitkiin luihin kohdistuvia iskukuormituksia ja ajoittaisia voimia. (McArdle ym. 2010, 61 – 62.) Esimerkiksi pudotushypyissä luihin kohdistuva kuormitus saattaa olla kymmenkertainen verrattuna kehonpainon luomaan kuormitukseen. (McArdle ym. 2010, 516.) Aktiviteetit, joissa luihin kohdistuva rasitus on suhteellisen suurta, kuten lentopallo, koripallo ja voimistelu, luovat suurimman luunmassan kasvun, varsinkin kehonpainoa kannattelevissa osissa. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa perimä, ravintoon liittyvät asiat, kuten proteiinin, kalsiumin ja D-vitamiinin saanti, kehon paino sekä hormonit. Naisilla erityisesti estrogeenin erityksellä on havaittu olevan suuri merkitys. (McArdle ym. 2010, 61 – 62.) Näiden lisäksi on huomattu, että lihasvoiman ja luuntiheyden välillä vallitsee positiivinen yhteys (McArdle ym. 2010, 527).

Koska ravinnon saanti vaikuttaa kehonkoostumukseen ja myös luiden kehitykseen on sen sopivaa koostumusta järkevä tarkastella. Kehonkoostumuksen kannalta normaalipainoisille henkilöille ohjeena on, että syö sen verran kuin kuluttaa. Energiatasapaino optimoi fyysisen suorituskyvyn, mutta auttaa myös rasvattoman kehonmassan säilyttämisessä (luut, lihakset), harjoitteluvasteen aikaansaamisessa sekä immuuni- ja uudelleenmuodostustoiminnoissa. Fyysisen aktiivisuuden taso on merkittävin asia, joka vaikuttaa päivittäiseen energiankulutukseen. (McArdle ym. 2010, 90.)

Elimistö pyrkii säätelemään kehon happo-emästasapainoa todella tarkasti erilaisten puskurien avulla, koska pH vaikuttaa kemiallisiin reaktioihin. Veressä pH levossa on hieman emäksinen (noin 7,40) ja lihassolun sisäisessä sytoplasmassa hieman alhaisempi (noin 7,00). (McArdle ym. 2010, 300.) Elimistön pH:n ja luuntiheyden välillä on havaittu myös yhteys ja ravintoaineiden on huomattu vaikuttavan elimistön happo-emästasapainoon (Welch ym. 2007; New ym. 2000; Tucker ym. 2001).

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kehonkoostumuksen muutoksia happamuutta tai emäksisyyttä tuottavan ruokavalion ja 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena miehillä ja naisilla. Lisäksi haluttiin selvittää harjoittelun vaikutuksia luuntiheyteen miehillä ja naisilla sekä tarkastella vaikuttaako elimistön pH luuntiheyteen.



## 2 KEHONKOOSTUMUS

### 2.1 Kehon komponentit

Ihmiskehon kolme suurinta komponenttia ovat lihakset, rasva ja luut (McArdle ym. 2010, 735). Keho koostuu myös muista komponenteista kuten vedestä. Vettä on kehonpainosta 40–70 % riippuen iästä, sukupuolesta ja kehonkoostumuksesta. Lihaksissa on enemmän vettä (65–75 %) kuin rasvakudoksessa (10 %). (McArdle ym. 2010, 75.) Ihmisellä on yhteensä noin 206 luuta (Enoka 2002, 211) ja niiden osuus koko kehonpainosta on noin 12–14 % (McArdle ym. 2010, 375). Luut toimivat vipuina voimantuottamisessa, mutta niiden tehtävänä on myös suojella sisäelimiä ja tukea kehoa (Enoka 2002, 211).

Kehon rasva voidaan jakaa kahteen osaan, välttämättömään rasvaan ja varastorasvaan. Välttämätöntä rasvaa on sydämessä, keuhkoissa, maksassa, munuaisissa, sisäelimissä, lihaksissa sekä keskushermostossa ja luuytimessä, ja sitä tarvitaan normaaliin fysiologiseen toimintaan. Miehillä keskimääräinen normaali rasvaprosentti on noin 15 %, josta 3 % on välttämätöntä rasvaa ja loput rasvakudoksessa sijaitsevaa varastorasvaa. Naisilla taas jopa 12 % voi olla välttämätöntä rasvaa. Naisten normaali rasvaprosentti on noin 20–25 %. On huomioitava, että naisilla välttämättömän rasvan osuuteen vaikuttaa sukupuoleen liittyvä välttämätön rasva, joka on 5–9 %. Suhteessa ruumiin painoon, naisilla on enemmän rasvaa kuin miehillä ja lihasten osuus taas on pienempi kuin miehillä. (McArdle ym. 2010, 733 – 737.)

Kuten jo todettiin, sukupuolella on oleellinen vaikutus kehonkoostumukseen, minkä vuoksi naisten ja miesten testituloksia ei pitäisi keskenään vertailla. Myös muun muassa ikä ja perimä vaikuttavat suuresti kehonkoostumukseen. Kehon rasvamäärä esimerkiksi on riippuvainen niin perimästä kuin liikkumisen ja ravinnon määrästä. (McArdle ym. 2010, 781 – 784.)

### 2.2 Kehonkoostumuksen mittausmenetelmät

Kehonkoostumuksen mittaamisella pyritään arvioimaan peruskomponenttien massaa ja suhteellista osuutta tutkittavalla henkilöllä (McArdle ym. 2010, 733 – 734). Erittäin yksin-

kertainen menetelmä on kehon painoindeksi eli BMI (body mass index), jossa kehon painon ja pituuden avulla pyritään arvioimaan henkilön lihavuutta. Menetelmä ei kuitenkaan erottele eri komponentteja mitenkään, joten se ei esimerkiksi sovellu urheilijoille tai lapsille lainkaan. Suoria kehonkoostumuksen mittauksia ei voida eläville käyttää, joten käytössä on monia kehonkoostumuksen arvioimiseen käytettäviä menetelmiä, kuten hydrostaattinen punnitus, ihopoimujen paksuuden mittaaminen, biosähköinen impedanssi -analyysi, BOD POD -laite, NIR, ultraäänimittaus sekä DEXA, tietokonetomografia ja magneettikuvaus. (McArdle ym. 2010, 728, 738 – 756.)

Hydrostaattinen punnitus perustuu Archimeden lakiin, jonka mukaan tiheys on massa jaettuna tilavuudella. Tutkimukset tukevat hydrostaattisen punnituksen validiteettia kehon rasvaosuuden arvioimisessa. Kehon tiheys lasketaan painon syrjäyttämän vesimäärän avulla ja tämän jälkeen voidaan käyttää erilaisia kaavoja kehon rasvaprosentin arvioimiseksi. Yleinen kaava on esimerkiksi Sirin kaava (kehon rasvaprosentti =  $(495 \div \text{kehontiheys}) - 450$ ). Lisäksi on olemassa kaavoja, joiden avulla voidaan laskea rasvamassan ja rasvattoman massan osuudet. BOD POD perustuu myös tilavuuden mittaamiseen, mutta siinä käytetään ilmakammiota. Kehon tilavuus määritetään mittaamalla tyhjän kammion tilavuus ja kammion tilavuus, kun sen sisässä on ihminen ja vertaamalla näitä keskenään. Ihopoimumittaus on yleisesti käytetty menetelmä, sillä se on helppo ja halpa suorittaa. Sen avulla saadaan tietoa kehon rasvamäärästä ja sen jakautumisesta. Bioimpedanssi -mittaus perustuu sähkön johtavuuteen kehossa. Lihasten sähkönjohtavuus on parempi kuin rasvakudoksen, joten tämän perusteella menetelmä erottelee toisistaan rasvakudoksen ja rasvattoman kudoksen. Ultraäänimittaus antaa tietoa eri kudosten paksuudesta, kuten lihasten poikkipinta-alasta. Se ei kuitenkaan sovellu laajoihin mittauksiin. Ultraäänimittauksessa sähköistä energiaa muunnetaan koettimen läpi korkeafrekvenssisiksi ääniaalloiksi, jotka läpäisevät ihon pinnan ja kulkeutuvat sen alla oleviin kudoksiin. Ääniaallot läpäisevät rasvakudoksen ja kulkeutuvat lihastasolle. Sitten ne heijastuvat rasva-lihasrajapinnasta (sen jälkeen kun ne ovat heijastuneet luupinnasta) ja tuottavat kaiun, joka palaa koettimessa olevaan vastaanottiin. Mallista riippuen, joko ääniaallon kulkemisnopeuden tai kuvan avulla pystytään määrittämään kudosten paksuutta. (McArdle ym. 2010, 738 – 751.) Ultraäänin avulla siis pystytään mittaamaan rasvan sekä lihaksen ja ihon rajapinnan välistä paksuutta (Duz ym. 2009).

Edelliset menetelmät jakavat kehon korkeintaan kahteen osaan, rasvattomaan ja rasvakudokseen. Tietokonetomografia, magneettikuvaus ja DEXA antavat tarkempaa tietoa. Esimer-

kiksi DEXA jakaa kehon kolmeen osaan, rasvakudokseen, lihaskudokseen ja luihin. DEXA -mittauksessa kaksi eritaajuista matalaenergistä röntgensädettä läpäisee kehon. Eri kudoksissa röntgensäteiden kulkeutuminen on erilaista ja näin ne pystytään erottelemaan toisistaan. DEXA -laite soveltuu erittäin hyvin myös luuntiheyden mittaamiseen. Sen etuja ovat muun muassa pieni säteilyannos, mittauksen helppous (niin mittaajalle kuin mitattavalle) sekä mittauksen nopeus. Tietokonetomografia, magneettikuvaus ja DEXA -mittaus ovat melko tarkkoja, mutta niiden huonona puolena on se, että ne kaikki ovat kalliita. (McArdle ym. 2010, 751 – 756.)

## 3 HARJOITTELUN VAIKUTUS KEHONKOOSTUMUKSEEN

### 3.1 Voimaharjoittelun vaikutukset kehonkoostumukseen

Yleisesti voimaharjoittelua tehdään voiman sekä lihasmassan kasvattamiseksi, sillä kun lihaksen poikkipinta-ala kasvaa, myös sen tuottama voima kasvaa (McArdle ym. 2010, 496, 498). Voitaisiin siis yleisesti olettaa, että voimaharjoittelun myötä lihasmassan osuuden pitäisi kasvaa ja näin ollen kehonkoostumuksessa tapahtuisi muutoksia myös niin, että rasvattoman kudoksen osuus kasvaisi. Voimaharjoittelun tuottamiin vasteisiin (lihasten kasvu ym.) vaikuttavat kuitenkin monet tekijät kuten harjoittelutapa, intensiteetti, ravitsemustila, sukupuoli sekä harjoitustausta (McArdle ym. 2010, 500, 519, 526). Tutkimukset eroavat koeasetelmiltaan muun muassa koehenkilöiden iän, sukupuolen ja harjoittelutaustan osalta, mutta myös harjoitteluun liittyvien tekijöiden, kuten harjoitusjakson pituuden ja voimaharjoittelun suoritustavan osalta.

Prabhakaran ym. (1999) tutkivat 14 viikkoa kestävästä voimaharjoittelun vaikutuksista kehonkoostumukseen keski-ikäisillä, ennen liikuntaa harrastamattomilla naisilla. Heidän tutkimuksessaan voimaharjoittelu oli intensiivistä (85 % arvioidusta yhden toiston maksimisesta), progressiivista ja se keskittyi päälihasryhmiin (jalat, kädet, rintakehä ja ala-selkä). Voimaharjoittelua, joka suoritettiin osaksi laitteilla ja osaksi vapailla painoilla, oli kolme kertaa viikossa 40 - 45 minuuttia kerrallaan. Kehonkoostumusta arvioitiin ihopoimiumittauksen sekä painon ja pituuden avulla. Voimaharjoittelun seurauksena naisten kehonpaino ei merkittävästi muuttunut, mutta kehon rasvaprosentti laski. Myös voima kasvoi merkittävästi. Näin ollen voitaisiin päätellä, että lihaskudos kasvoi jonkin verran, sillä paino ei muuttunut vaikka rasvaprosentti laski.

Ferreira ym. (2009) huomasivat, että merkittäviä positiivisia muutoksia kehonkoostumukseen saadaan myös lyhyemmän ajan kestäväällä ja kevyemmällä voimaharjoittelulla. He tutkivat myös keski-ikäisiä, ennen liikuntaa harrastamattomia naisia. Kehonkoostumuksen mittaamiseen käytettiin DEXA -laitetta. Tutkimuksessa naisten kehonkoostumuksessa tapahtui 10 viikon harjoittelun seurauksena positiivisia muutoksia. Rasvaton massa (lihasmassa) kasvoi ja rasvakudoksen osuus väheni, joten näin ollen myös rasvaprosentti pieneni. Muutoksia tapahtui niin koko kehon arvoissa, kuin myös erillisissä kehon osissa. Tutkimuksen aikana koehenkilöiden kehonpaino ei muuttunut.

Toisin kuin Prabhakaran ym. (1999) ja Ferreira ym. (2009), Kemmler ym. (2004) eivät havainneet muutoksia kehonkoostumuksessa yhteensä 29 viikon voimaharjoittelujakson seurauksena. He tutkivat myös, onko sillä vaikutusta, tekeekö vain yhden sarjan vai useampia sarjoja. Koehenkilöinä heillä oli hieman iäkkäämpiä, aiemmin harjoitelleita naishenkilöitä, jotka toimivat kukin itsensä kontrollina, eli kaikki suorittivat sekä yhden sarjan että useampia sarjoja sisältävän harjoitusjakson. Kehonkoostumus arvioitiin käyttäen bioimpedanssi-analyysia. Merkittäviä muutoksia kehonkoostumuksessa ei tapahtunut yksilötasolla eikä ryhmien välillä. He arvioivat, että aiemmin paljon harjoitelleilla henkilöillä huomattavia kehonkoostumuksen muutoksia ei tapahdu suhteellisen lyhyen ajanjakson aikana, mikä takia tutkimuksessa ei havaittu muutoksia.

Wootenin ym. (2011) saamat tulokset tukevat Kemmlerin ym. (2004) saamia tuloksia. He tutkivat myös iäkkäämpiä naishenkilöitä (60–70 vuotta), mutta toisin kuin Kemmlerin ym. (2004) tutkimuksessa, heidän koehenkilönsä eivät olleet aiemmin harrastaneet urheilua ja lisäksi he olivat ylipainoisia. Wooten ym. (2011) eivät havainneet mitään muutoksia painossa eivätkä rasvaprosentissa harjoittelujakson jälkeen koe- tai kontrolliryhmässä. Kuitenkin koeryhmän voima kasvoi huomattavasti. Näin ollen lihasmassan määrä olisi saattanut hieman nousta, koska voima kasvoi. Heidän mukaansa tuloksiin saattaa vaikuttaa se, että ihopoimiumittaus ei ole kovin tarkka kehonkoostumuksen mittaamenetelmä, joten siitä johtuen ei välttämättä saatu kehonkoostumusmuutoksia näkyviin. Myöskään Guadalupe-Grau ym. (2009) eivät huomanneet voimaharjoittelun vaikuttavan merkitsevästi rasvakudoksen määrään. Kuitenkin heidän tuloksensa tukevat Prabhakaranin ym. (1999) sekä Ferrerian ym. (2009) saamia tuloksia siinä suhteessa, että hekin totesivat, että rasvaton kehonmassa kasvoi sekä naisilla että miehillä voimaharjoittelun seurauksena. He tekivät lisäksi havainnon, että kasvu tapahtui pääasiassa alaraajoissa.

Shaw ym. (2009) tutkivat kehonkoostumusmuutoksia nuorilla, aiemmin vähän liikkuneilla miehillä 16 viikon voimaharjoittelujakson jälkeen. He halusivat erityisesti selvittää miten voimaharjoittelu vaikuttaa koko kehon lihavuuteen, keskivartalolihavuuteen ja vatsanalueen lihavuuteen. 25 miestä jaettiin koe- ja kontrolliryhmään. Koeryhmä teki voimaharjoituksen kolmesti viikossa. Harjoitus sisälsi kahdeksan harjoitetta jotka suoritettiin kolmessa sarjassa; yksi sarja sisälsi 15 toistoa 60 %:lla maksimista. Pituuden ja painon avulla määriteltiin BMI ja 7-pisteen ihopoimiumittausta sekä vyötärö-lantio-suhdetta käytettiin arvioimaan kehonkoostumusta ja rasvakudoksen jakautumista. Voimaharjoittelun seurauksena

kokonaislihavuus laski, mutta sillä ei ollut vaikutusta keskivartalon ja vatsanalueen lihavuuteen. Rasvakudos oli siis vähentynyt eri alueilta eri verran. Voimaharjoittelun seurauksena voima ja BMI kasvoivat (Shaw ym. 2009). Tämä viittaa siihen että lihaskudoksen osuus oli kasvanut samalla kun rasvakudoksen osuus oli suhteellisesti vähentynyt.

Hun ym. (2008) sekä Ghahramanloon ym. (2009) saamat tulokset tukevat myös havaintoa, että voimaharjoittelun myötä kehon lihasmassan osuus kasvaa merkittävästi. Hun ym. (2008) tutkimuksessa koehenkilöinä oli 20–45 -vuotiaita tavallisia, fyysisesti inaktiivisia miehiä. Harjoittelujakso kesti 20 viikkoa ja koostui sekä vapailta painoilla että eri laitteilla suoritetuista voimaharjoitteista. He yhdistivät raskaan voimaharjoittelun räjähtävän voiman harjoitteluun. Kehonkoostumus mitattiin bioimpedanssi-analyysin avulla. Voimaharjoittelun seurauksena myös rasvakudoksen osuus laski. Yllättävää oli, että rasvakudoksen osuuden havaittiin laskeneen myös kontrolliryhmässä, joka ei suorittanut voimaharjoittelua, tai muutakaan harjoittelua 20 viikon aikana. Tätä he yrittivät selittää sillä, että normaalistikin rasvaprosentin on havaittu vaihtelevan vuodenajasta riippuen, ollen matalampi kesällä kuin talvella. Tosin näin ollen myös harjoitteluryhmän rasvakudoksen lasku olisi osittain saattanut johtua tästä vuodenaajan vaikutuksesta.

Suurin osa tutkimuksista tukee havaintoa, että voimaharjoittelulla saadaan muutoksia aikaan kehonkoostumuksessa niin miehillä kuin naisilla. Erityisesti lihasmassan havaittiin kasvavan monissa tutkimuksissa, mutta myös ristiriitaisia tuloksia on saatu. Rasvakudokseen voimaharjoittelulla ei tutkimustulosten perusteella pystytä vaikuttamaan niin tehokkaasti kuin lihaskudokseen, sillä monissa tutkimuksissa rasvakudoksen osuudessa ei havaittu muutosta tai muutokset olivat pieniä. Havaintojen tarkkuuteen vaikuttaa se, millä menetelmällä tutkimuksessa on arvioitu kehonkoostumusta. Monia eri tapoja on käytetty ja yleisesti ne antavat samansuuntaisia tuloksia, kuitenkin tulosten tarkkuudessa saattaa olla vaihtelua.

### **3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset kehonkoostumukseen**

Kestävyysharjoittelua voi tehdä monella eri tavalla, esimerkiksi pyöräillen, kävellen, juosten ja uiden. Koska tapoja on monta, niin oletettavasti myös vasteita on erilaisia. Eri kestä-

vyösharjoittelun tavat vaikuttavat eri tavoilla kehoon. On kuitenkin todettu, että yleisesti kestävyösharjoittelulla on positiivisia vaikutuksia kehonkoostumukseen, muun muassa rasvakudoksen osuuteen ja sen on havaittu olevan esimerkiksi laihduttajille hyvä keino painon laskun aikaansaamiseksi. Kestävyösharjoittelun vaikutuksesta kehonkoostumukseen on kuitenkin havaittu eroja muun muassa sukupuolten välillä, vaikkakin tulokset ovat samansuuntaisia sukupuolesta riippumatta. (McArdle ym. 2010, 763 - 776.) Tehdyissä tutkimuksissa on vaihtelua koehenkilöiden ja harjoittelutavan sekä harjoittelun keston ja intensiteetin suhteen.

Donnelly ym. (2003) havaitsivat, että kohtuullisen kuormittavalla, pitkäaikaisella kestävyösharjoittelulla (yhteensä 16 kk) saadaan huomattavia muutoksia aikaan kehonkoostumuksessa sekä ylipainoisilla miehillä että naisilla ilman, että henkilöt noudattivat erityistä ruokavaliota. Eroja miesten ja naisten välillä kuitenkin oli, sillä miesten kehonpaino laski, kun taas naisilla kehonpaino pysyi melko muuttumattomana. Muutokset kohdistuivat niin miehillä kuin naisilla rasvakudokseen, joka kummallakin väheni, kun taas rasvattoman massan (lihassmassan) määrässä tapahtui pientä kasvua, joka ei kuitenkaan ollut merkitsevää. Viskeraalinen, eli sisäelinten ympärillä oleva rasvakudos väheni merkitsevästi niin miehillä kuin naisillakin harjoittelun seurauksena. Kehonkoostumusta määritettiin hydrostaattisella punnituksella ja viskeraalisen rasvakudoksen määrä määritettiin tietokonetomografian avulla.

Miehet ja naiset eroavat myös rasvakudoksen sijoittumisen suhteen; naisilla rasvakudos keskittyy enemmän lantion ja alaraajojen seudulle, kun taas miehille on yleistä, että rasvakudosta on enemmän juuri keskivartalon alueella. Keskivartalon alueen rasvakudoksesta pääsee helpommin eroon. (McArdle ym. 2010, 821.) Tämä saattaa ainakin osittain selittää miesten ja naisten välistä eroa kehonkoostumusmuutosten osalta harjoittelun vaikutuksesta.

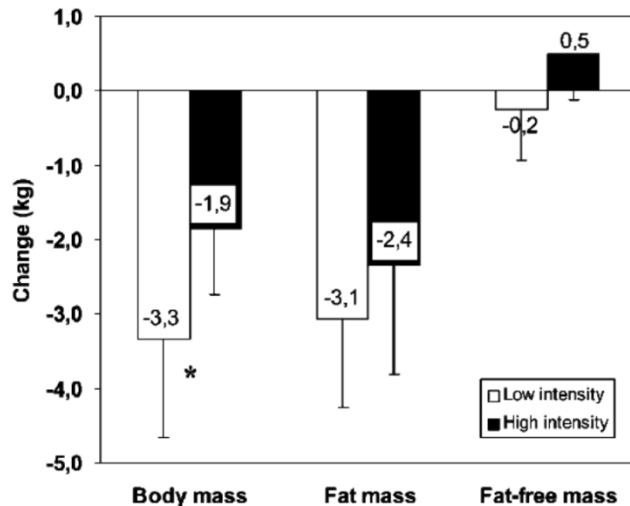
Eliakim ym. (2000) huomasivat, että myös lyhyemmällä ajanjaksolla voidaan saada muutoksia aikaiseksi kehonkoostumuksessa ainakin nuorilla miehillä. He tutkivat viiden viikon aikaisen kestävyösharjoittelun vaikutuksia kehonkoostumukseen nuorilla normaalipainoisilla miehillä. Harjoittelu koostui juoksusta, aerobisesta tanssista, kilpa-urheilulajeista (kuten koripallo) ja satunnaisesta painojen nostosta. Harjoittelun intensiteetti vaihteli harjoittelujakson aikana. Rasvakudoksen paksuutta mitattiin reidestä ja vatsan alueelta magneettikuvauksella ja lisäksi tehtiin ihopoimiumittauksia. Harjoittelujakson jälkeen koehenkilöiden

kehonpainossa ei ollut tapahtunut muutosta, mutta sitä vastoin merkitseviä muutoksia rasvakudoksen määrässä havaittiin. Rasvakudoksen väheneminen näytti kuitenkin olevan jokseenkin alueellista, joten Eliakim ym. (2000) päättelivät, että joko rasvakudoksen väheneminen todella tapahtui alueellisesti tai sitten ihopoimiumittauksen tarkkuus ei välttämättä riittänyt havaitsemaan lyhyen ajanjakson aikana tapahtuvia muutoksia, jotka saattavat olla melko pieniä.

Aerobisen tanssin positiiviset vaikutuksen kehonkoostumukseen havaitsivat myös Kostić ym. (2006). Toisin kuin Eliakim ym. (2000) jotka tutkivat miehiä, Kostić ym. (2006) tutkivat nuoria naisia ja lisäksi heillä oli myös pidempi harjoitusjakso. Heidän saamansa tulokset olivat melko yhteneviä Eliakimin ym. (2000) saamien tulosten kanssa, sillä naisten kehonpaino ei myöskään muuttunut merkittävästi harjoittelujakson jälkeen, mutta ihopoimujen paksuudessa havaittiin merkittävää pienentymistä. He tekivät päätelmän, että rasvattoman kudoksen osuus olisi hieman kasvanut, koska kehonpaino ei muuttunut, mutta rasvakudoksen osuus oli vähentynyt. Tätä ei kuitenkaan voida varmaksi sanoa, sillä rasvattoman kudoksen määrää ei mitattu tutkimuksessa millään tavalla.

Eri tutkimuksissa on saatu aikaan kehonkoostumusmuutoksia niin miehillä kuin naisilla erilaisilla harjoitusohjelmilla, joissa niin intensiteetti kuin kestokin vaihtelevat sekä yhden harjoituksen että koko harjoitusjakson aikana. Erityisesti harjoittelun intensiteetin on havaittu vaikuttavan kehonkoostumusmuutoksiin. On havaittu, että pienemmällä intensiteetillä (45 % maksimihapenkulutuksesta ( $VO_{2\max}$ )) tehty harjoittelu saa aikaan suuremman painon pudotuksen, mutta suuremmalla intensiteetillä (72 %  $VO_{2\max}$ ) pystytään säilyttämään rasvattoman massan osuus muuttumattomana. Kummallakin intensiteetillä rasvakudoksen osuuden on havaittu vähenevän merkitsevästi ja merkittäviä eroja matalammalla ja korkeammalla intensiteetillä tehneiden henkilöiden välillä ei ole havaittu (kuvio 1). (Mougios ym. 2006.) Slentz ym. (2004) tutkivat intensiteetin lisäksi myös harjoittelun määrän vaikutusta kehonkoostumusmuutosten määrään. He havaitsivat, että suurella intensiteetillä runsaasti tehtävä harjoittelu vaikuttaa kehonkoostumusmuutoksiin eniten vähentäen kehonpainoa ja rasvakudosta. Matalammalla intensiteetillä tehdyssä harjoittelussa erot paljon harjoitelleiden ja vähemmän harjoitelleiden välillä eivät olleet merkitseviä.





**KUVIO 1.** Intensiteetin vaikutus kehonkoostumusmuutoksiin (Mougios ym. 2006).

Saremi ym. (2010) havaitsivat huomattavia myönteisiä vaikutuksia 12 viikon aerobisesta harjoittelusta ylipainoisille ja lihaville keski-ikäisille miehille kehonkoostumuksessa. Harjoittelujakson jälkeen miesten rasvaprosentti oli merkittävästi pienentynyt. Lisäksi merkitseviä muutoksia huomattiin BMI:ssä ja vyötärön ympärysmittassa, jotka niin ikään olivat pienentyneet. Saremi ym. (2010) toteavat, että tulosten perusteella kestävyysharjoittelu (ilman kalorista vähennystä/rajoitusta) vähentää merkittävästi vatsanalueen lihavuutta.

Çakmakçi ja Gezer (2011) havaitsivat myös aerobisen harjoittelun positiiviset vaikutukset kehonkoostumukseen keski-ikäisillä naisilla (keski-ikä 35 vuotta). Naiset osallistuivat ohjattuun step-aerobic-harjoitteluun kolmesti viikossa kahdeksan viikon ajan. Harjoittelun teho oli 60–70 % maksimisykkeestä. Naisille tehtiin mittaukset ennen harjoittelujaksoa ja sen jälkeen. Harjoittelujakson jälkeen naisten paino, BMI sekä rasvaprosentti laskivat merkittävästi ja vyötärö-lantio-suhde pieneni.

Tutkimuksia vertailtaessa on otettava huomioon, että tuloksiin vaikuttaa esimerkiksi se, millä menetelmällä kehonkoostumuksen mittaukset on tehty. Tämä sen takia, että kehonkoostumuksen mittaamiseen käytettyjen metodien tarkkuus voi vaihdella melko suuresti. Kuitenkin yleisesti tuloksista voidaan tehdä päätelmä, että kestävyysharjoittelu vaikuttaa enemmän rasvakudokseen, sitä vähentäen ja lihaskudoksessa havaittavat muutokset ovat pienempiä.

### 3.3 Yhdistetyn harjoittelun vaikutukset kehonkoostumukseen

Yhdistetyllä harjoittelulla tarkoitetaan yleensä fyysistä harjoittelua, joka sisältää sekä kestävyys- että voimaharjoittelua. Tutkimuksissa näiden kahden suhde ja määrä vaihtelevat, joissain on enemmän voimaharjoittelua, joissain taas kestävyysharjoittelua. Joissain tutkimuksissa harjoittelu tehdään kovemmalla intensiteetillä kuin toisissa. Näiden lisäksi myös muun muassa koehenkilöiden sukupuoli, ikä ja harjoitustausta vaihtelevat.

LeMura ym. (2000) tutkivat yhdistetyn harjoittelun vaikutuksia vähän liikkuviin, mutta terveisiin nuoriin naisiin ja vertasivat tuloksia pelkkään kestävyysharjoitteluun ja voimaharjoitteluun. Naiset jaettiin kolmeen ryhmään; aerobisen harjoittelun ryhmään, voimaharjoitteluryhmään ja yhdistetyn harjoittelun ryhmään. Kehonkoostumusmuutoksia seurattiin 16 viikon harjoittelun jälkeen ja kuuden viikon harjoittelemattoman jakson jälkeen. Kehonkoostumuksen määrittämiseen käytettiin vedenalaispunnitusta.

LeMuran ym. (2000) tutkimuksessa aerobisen harjoittelun ryhmässä kehon rasvaprosentti laski 13 % 16 viikon harjoittelun jälkeen, mutta muutokset katosivat kuuden viikon harjoittelemattoman jakson jälkeen. Voimaharjoitteluryhmässä ylä- ja alavartalon voima kasvoi merkittävästi (29 % ja 38 %), rasvaprosentti laski 11 % ja rasvattoman kudoksen osuus kasvoi 4 %. Kehonkoostumuksessa tapahtuneet muutokset eivät kuitenkaan olleet merkittäviä. Kuuden viikon harjoittelemattoman jakson jälkeen voimatasot olivat edelleen korkeammat kuin ennen harjoittelua, mutta kehonkoostumus palasi samaksi kuin ennen harjoittelua. Yhdistetyn harjoittelun ryhmässä saatiin samankaltaisia tuloksia kuin voimaharjoitteluryhmässä. Ylä- ja alavartalon voima kasvoi merkittävästi (19 % ja 25 %), rasvaprosentti laski 10 % ja rasvattoman kudoksen osuus kasvoi 3 %, mutta muutokset eivät olleet merkittäviä. Voimatasot olivat kuuden viikon harjoittelemattoman jakson jälkeen edelleen merkittävästi korkeammat kuin ennen harjoittelujaksoa, mutta kehonkoostumus palasi lähtötasoon. Voitaisiin siis päätellä, että harjoittelua tulisi tehdä säännöllisesti siitä saatavien vaikutusten ja hyötyjen ylläpitämiseksi.

Myös Seo ym. (2010) vertailivat yhdistettyä harjoittelua ja pelkkää aerobista harjoittelua. He saivat parempia tuloksia 12 viikon yhdistetyn harjoittelun seurauksena kuin pelkän aerobisen harjoittelun seurauksena naisille. Kehonkoostumusmuutosten arvioimiseen käytet-

tiin bioelektronista impedanssi-analyysiä. Harjoittelujakson jälkeen kummassakin ryhmässä kehon rasvaprosentti oli laskenut, mutta yhdistetyn harjoittelun ryhmässä enemmän. Myös paino oli laskenut kummassakin ryhmässä, mutta yhdistetyn harjoittelun ryhmässä vähemmän. Seo ym. (2010) arvioivat tämän johtuvan siitä, että yhdistetyn harjoittelun ryhmässä naiset olivat pystyneet säilyttämään lihasmassaa paremmin kuin pelkän aerobisen harjoittelun ryhmässä, tai jopa hieman lisäämään rasvattoman kudoksen osuutta.

Seo ym. (2010) ja LeMura ym. (2000) tutkivat liikuntaa harrastamattomia naisia, kun taas Fleck ym. (2006) tarkastelivat harjoittelun vaikutuksia sekä koko kehonkoostumukseen että paikallisiin muutoksiin kehonkoostumuksessa aiemmin säännöllisesti harjoitelleilla keski-ikäisillä naisilla. Harjoittelujakso kesti yhteensä 16 viikkoa, mutta se sisälsi kahden viikon perehdytysjakson, joten varsinaista harjoittelua oli 14 viikkoa. Harjoituksia oli kolmesti viikossa ja ne sisälsivät sekä voima- että kestävyysharjoittelua. Kehonkoostumusmittaukset tehtiin DEXA -laitteella. Harjoittelujakson jälkeen koko kehonpainossa ja kokonaisrasvamassassa ei havaittu suuria muutoksia. Sen sijaan kokonaisrasvaprosentti laski huomattavasti ja koko kehon rasvattoman kudoksen osuus kasvoi huomattavasti. Käsivarren, rintakehän ja koko ylävartalon rasvattoman massan osuus kasvoi huomattavasti harjoittelun jälkeen. Kuitenkaan huomattavia muutoksia rasvaprosentissa ja rasvakudoksen määrässä ei huomattu missään paikallisissa mittauksissa. Tulokset osoittavat, että harjoitteluohjelman seurauksena tapahtui pieniä, mutta merkitseviä muutoksia kokonaiskehon rasvassa, koko kehon rasvattoman kudoksen osuudessa ja paikallisesti rasvattoman kudoksen osuuksissa muualla paitsi jaloissa, joissa huomattiin vain pieniä mutta merkityksettömiä muutoksia. Kehon paino ei muuttunut merkitsevästi.

Fleckin ym. (2006) saamat tulokset osoittavat, että keski-ikäisillä naisilla käsivarsissa ja rintakehässä tapahtuu suurempia muutoksia kuin jaloissa yhdistetyn harjoittelun seurauksena. He eivät kuitenkaan merkittäviä muutoksia koko kehon rasvamassassa tai rasvaprosentissa ei saatu aikaan. Tulokset viittaavat siihen, että iän lisääntyessä naisten on vaikeampi vähentää koko kehon rasvakudosta yhdistetyn harjoittelun avulla. He toteavat kuitenkin, että vaikka merkitseviä muutoksia ei saatu kaikista muuttujista, tulokset ovat silti positiivisia voiman ja kunnan kasvattamisen suhteen, ja jalkojen lihasten hypertrofian saavuttamiseksi saatettaisiin tarvita pidempi harjoittelujakso kuin ylävartalon lihasten.

Ghahramanloo ym. (2009) tutkivat yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksia kehonkoostumukseen aiemmin liikuntaa harrastamattomilla nuorilla miehillä. Harjoittelujakso kesti kahdeksan viikkoa ja harjoituksia oli kolmesti viikossa. Kehonkoostumuksen arviointiin käytettiin kolmen pisteen ihopoimiumittausta. Tutkimuksessa havaittiin, että yhdistetyllä harjoittelulla saavutettiin sekä kestävyysharjoittelun että voimaharjoittelun hyödyt. Kehon kokonaisrasvamassa laski merkitsevästi yhdistetyn harjoittelun ryhmässä sekä pelkän kestävyysharjoittelun ryhmässä, mutta ei pelkän voimaharjoittelun ryhmässä. Sen sijaan rasvattoman massan osuus kasvoi merkitsevästi pelkän voimaharjoittelun ryhmässä ja yhdistetyn harjoittelun ryhmässä, mutta ei pelkän kestävyysharjoittelun ryhmässä.

Dantas ym. (2008) sen sijaan eivät havainneet merkitseviä muutoksia kehonkoostumuksessa 24 viikon yhdistetyn harjoittelun seurauksena keski-ikäisillä, aiemmin harjoittelemattomilla miehillä. Kehonkoostumusta arvioitiin DEXA -laitteella. Vaikka muutoksia kehonkoostumuksessa ei havaittu, silti miesten voiman havaittiin kasvaneen harjoittelun jälkeen. Tämä viittaisi ehkä siihen, että joitakin positiivisia vaikutuksia lihaksiin oli harjoittelun myötä saatu aikaiseksi, vaikkei niitä kehonkoostumusmittauksissa havaittukaan. Lisäksi yksilöiden geneettinen potentiaali muutoksille kehonkoostumuksessa voi vaikuttaa havaittaviin muutoksiin rasvaprosentissa ja lihasmassan määrässä, sillä joillakin parempia vasteita saadaan aikaan enemmän aerobista harjoittelua sisältävällä ohjelmalla, kun taas toisilla anaerobinen harjoittelu tuottaa suurempia muutoksia (Dantas ym. 2008).

Myös Sillanpää ym. (2009) tutkivat yhdistetyn harjoittelun vaikutuksia keski-ikäisten, terveiden miesten kehonkoostumukseen. Heidän tuloksensa taas ovat yhteneviä Ghahramanloon ym. (2006) saamien tulosten kanssa, sillä heidänkin mukaansa yhdistetty harjoittelu on tehokasta ja sillä saadaan aikaan positiivisia muutoksia miesten kehonkoostumuksessa. Kehonkoostumuksen arviointiin käytettiin DEXA -laitetta ja ihopoimiumittausta. Harjoittelujakson jälkeen selviä muutoksia huomattiin niin kehon rasvaprosentissa kuin vyötärön ympärysmittassa, jotka molemmat pienenevät harjoittelun seurauksena.

Näissä tutkimuksissa monet tekijät kuten harjoittelujakson kesto ja intensiteetti sekä koehenkilöiden sukupuoli ja ikä vaihtelivat. Sillanpää ym. (2009) toteavatkin, että olisi tarpeen tehdä vielä lisää tutkimuksia, joissa tutkittaisiin harjoittelun intensiteetin, keston, tyyppin ja frekvenssin vaikutuksia niin yksittäisessä harjoituksessa kuin pidemmän harjoittelujakson aikana. Heidän mukaansa myös ravintotekijöitä (ravinnon määrää ja koostumusta)

tulisi paremmin kontrolloida, erityisesti henkiöillä joilla on jokin metabolinen sairaus, kuten tyypin 2 diabetes. Kuitenkin yleisesti yhdistetyllä harjoittelulla on saatu aikaan positiivisia muutoksia kehonkoostumuksessa niin miehillä kuin naisillakin. Yhdistetyllä harjoittelulla on saatu hyödyt sekä voima- että kestävyys harjoittelusta. Kuitenkaan täydellistä konsensusta ei ole saavutettu koskien yhdistetyn harjoittelun vaikutuksia kehonkoostumukseen.

## 4 LUUNTIHEYTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 4.1 Harjoittelun vaikutus luuntiheyteen

Lapsuuden ja nuoruuden aikana luuntiheys kasvaa, kunnes saavutetaan luuston huippumassa. Luuston huippumassa ja myöhempi luukudoksen menetys ovat tärkeitä määrittäjiä osteoporoosille myöhemmin elämässä. Fyysisen aktiivisuuden on osoitettu olevan yksi tärkeimmistä vaikutteista luuntiheyteen, mutta edelleen on epävarmuutta siitä, minkälaiset urheilumuodot olisivat suositeltavimpia. (Morel ym. 2001.) Esimerkiksi kalsiumin ja D-vitamiinin tiedetään vaikuttavan positiivisesti luiden terveyteen ja luuntiheyteen, siksi erityisesti iäkkäämpien tulisi varmistaa riittävä kalsiumin saanti ruokavaliosta. Näin he voisivat paremmin ehkäistä ikääntymiseen liittyvää luumassan menetystä. (McArdle ym. 2010, 45, 56, 60.) Lisäksi pituudella on havaittu olevan jonkin verran vaikutusta luuntiheyden menetykseen iän myötä; pidemmällä ihmisillä luuntiheyden on havaittu laskevan nopeammin kuin lyhyemmällä (Huuskonen ym. 2001). Muita vaikuttavia tekijöitä luuntiheyteen ja sen vähenemiseen iän myötä ovat sukupuoli (nainen) ja eri hormonit kuten estrogeeni (McArdle ym. 2010, 61). Myös esimerkiksi seerumin osteokalsiini -pitoisuuden on havaittu olevan positiivisesti yhteydessä sekä luun massaan että tiheyteen (Guadalupe-Grau ym. 2009).

Morel ym. (2001) havaitsivat eroja DEXA -laitteella mitatuissa luuntiheyksissä miehillä, jotka olivat kaikki olleet fyysisesti aktiivisia nuoruudesta lähtien, mutta olivat harrastaneet eri lajeja. Luuntiheyttä mitattiin koko kehosta, sekä eri kehon alueilta (pää, jalat, kädet, selkäranka). Koko kehon luuntiheys oli suurempi lajeissa, joissa kehonpainoa joudutaan kannattelemaan kuin lajeissa joissa tätä ei tarvitse tehdä. Kaikkein suurimmat koko kehon luuntiheyden arvot saivat rugby ja jalkapallon sekä muiden joukkuelajien pelaajat, kehonrakentajat ja taistelulajien harrastajat. Alimmat arvot olivat uimareilla ja soutajilla.

Lisäksi Morel ym. (2001) havaitsivat eroja alueellisissa luuntiheyksissä eri lajien harrastajilla. Rugby pelaajilla ja taistelulajien harrastajilla oli muihin verrattuna huomattavasti suurempi luuntiheys käsissä, mutta myös kehonrakentajat, uimarit ja kiipeilijät saivat korkeita tuloksia käsien luuntiheydelle. Rugby ja taistelulajien harrastajilla sekä lisäksi kes-

tävyysjuoksun, jalkapallon ja muiden joukkuelajien harrastajilla havaittiin suurimmat luuntiheydet jaloissa. Alimmat arvot jalkojen luuntiheydelle saivat uimarit, soutajat sekä kehonrakentajat. Rugbyn pelaajilla havaittiin myös suurimmat arvot selkärangan luuntiheydessä. Uinti ja pyöräily yhdistettiin suurempaan pään luuntiheyteen, kun taas rugby, taistelulajit ja jalkapallo pienempään. Alueellisiin luuntiheyden vaihteluihin vaikuttaa eri lajeissa tulevat erilaiset, erisuuruiset ja erisuuntaiset kuormitukset iskukuormituksen, lihasrasituksen ja gravitaatiovoimien vaikutuksesta. Huomattavaa oli myös se, että iskukuormitus näyttäisi vaikuttavat enemmän jalkojen luuntiheyteen kuin lihasaktiivisuus yksinään. Lihaskuormitus itsessään ilman painon kannatteleminen ei näyttäisi aiheuttavan tarpeeksi suurta kuormitusta jalkojen luuntiheyden kasvattamiseksi. Yläraajoissa sen sijaan iskukuormitukset ovat usein vähemmän tärkeässä asemassa kuin lihassupistusten tuottama mekaaninen kuormitus. (Morel ym. 2001.)

Morelin ym. (2001) saamat tulokset korostavat painovoiman vaikutukselle luuntiheyden ja -massaan. Gravitaatiovoimat luovat passiivisen mekaanisen vaikutuksen, joka edistää luuntiheyden ja -massan syntymistä ja ylläpitoa. Uimarit, kuten myös astronautit, liikkuvat ympäristössä, jossa painovoiman vaikutus on vähäistä. Tämä saattaisi selittää sen, miksi vedessä harjoittelu aikaisin ja säännöllisesti pitkän ajan kuluessa saattaisi lakkauttaa urheilun osteogeenisen vaikutuksen. Paikallinen luuntiheyden vertailu viittaa siihen, että tietyn tyyppisen fyysisen aktiivisuuden luoma mekaaninen kuormitus tuottaisi mahdollisesti paikkaspesifisen vasteen luissa. Eri urheilulajeissa luustoon vaikuttavat suorituskuormat voivat vaihdella monella tavalla kuten intensiteetiltään ja voimien suunnalta luustoon nähden. (Morel ym. 2001.)

Guadalupe-Grau ym. (2009) havaitsivat, että suhteellisen lyhyellä harjoittelujaksolla saadaan positiivisia muutoksia aikaan luustossa fyysisesti aktiivisilla nuorilla naisilla ja miehillä. Vaikutukset olivat kuitenkin jokseenkin selvempiä ja suurempia miehillä kuin naisilla. Harjoittelu koostui sekä plyometrisestä hyppelyharjoittelusta että voimaharjoittelusta kuntosalilaitteilla. Harjoittelun jälkeen sekä miesten että naisten koko kehon luun mineraalipitoisuus oli lisääntynyt. Koko kehon luuntiheydessä huomattiin kasvua kuitenkin vain miehillä. Tarkastelussa olivat myös alueelliset vaihtelut. Lannerangan (L1 – L4) luun mineraalipitoisuus kasvoi kummassakin ryhmässä, mutta merkittävää kasvua ei havaittu luuntiheydessä. Lantion alueen mittauksissa ei huomattu merkittäviä muutoksia niin luun mineraalipitoisuuksissa kuin luuntiheydessäkään lukuun ottamatta reisiluun kaulan mineraalipi-

toisuutta, joka kasvoi harjoittelun vaikutuksesta sekä miehillä että naisilla. Kuiteinkin seerumin osteokalsiini -pitoisuuksissa havaittiin kasvua sekä miehillä että naisilla harjoittelun myötä, mikä viittaisi siihen, että harjoittelulla olisi ollut positiivisia vaikutuksia kummallekin ryhmälle.

län vaikutus luuntiheyden muuttumiseen harjoittelun myötä käy ilmi siitä, että toisin kuin Guadalupe-Grau ym. (2009), jotka tutkivat nuoria henkilöitä, Ferreira ym. (2009) eivät havainneet muutosta keski-ikäisten naisten luun mineraalitiheydessä 10 viikon voimaharjoittelun jälkeen. Kuitenkin sillä pystyttiin mahdollisesti ehkäisemään luuntiheyden menetystä, sillä muutosta ei tapahtunut suuntaan eikä toiseen, vaan arvot pysyivät samoina ennen ja jälkeen harjoittelun. Ferreira ym. (2009) toteavatkin, että tulos oli odotettavissa, sillä luukudos ei ole niin muokkautuvaa ja muutosten aikaan saaminen vaatisi ehkä pidemmän harjoittelujakson merkittävien muutosten aikaan saamiseksi keski-ikäisillä naisilla. Myös harjoittelun laadulla on mahdollisesti vaikutusta erilaisiin tuloksiin, sillä Ferreiran ym. (2009) tutkimuksessa harjoittelu koostui pelkästään voimaharjoittelusta, kun taas Guadalupe-Grau ym. (2009) yhdistivät siihen plyometrisen hyppelyharjoittelun, jossa tulee merkittävästi enemmän luustolle hyödyllisiä iskuja ja tärähdyksiä kuin pelkässä voimaharjoittelussa.

Huuskosen ym. (2001) saamat tulokset tukevat jokseenkin Ferreiran ym. (2009) saamia tuloksia. He tutkivat keski-ikässä aloitetun pitkäaikaisen liikunnan vaikutuksia luuntiheyteen miehillä (50 – 60 vuotta). Miehet harrastivat matala- tai kohtuukuormitteista aerobista liikuntaa neljän vuoden tutkimusjakson aikana; aluksi kolmesti viikossa 30 – 45 minuuttia reipasta kävelyä ja myöhemmin viidesti viikossa tunnin ajan. Intensiteetti vaihteli välillä 40 – 60 % maksimihapenotosta ( $VO_{2max}$ ). Luuntiheyttä mitattiin DEXA -laitteen avulla proksimaalisesta reisiluusta (kokonaisarvo, reisiluun kaula, suuri sarvennoinen) sekä lannerangasta (L2 – L4). Pitkäaikaisellakaan keski-ikässä aloitetulla liikunnalla ei havaittu olevan huomattavaa vaikutusta luuntiheyksiin mitatuilla alueilla. Aerobisella fyysisellä aktiivisuudella ei siis pystytty ehkäisemään kokonaan ikään liittyvää luuntiheyden menetystä.

Vertailtaessa eri tutkimuksista saatuja tuloksia, tulisikin ottaa huomioon tutkimuksissa olleiden koehenkilöiden ikä. Vanhemmilla koehenkilöillä pienemmän luuntiheyden arvot saattavat johtua ikään liittyvästä luuston menetyksestä, kun taas nuoremmilla tätä ei vielä tapahdu. Lisäksi, jos koehenkilöt ovat erittäin nuoria, he eivät vielä edes ole välttämättä saavuttaneet huippuluuntiheyttä ja -massaa. 30 vuotta on ideaalinen ikä verrata luuntihey-



den mittauksia, koska silloin huippuluunmassa on jo saavutettu, mutta luun menetys ei ole vielä merkittävää. (Morel ym. 2001.)

Platen ym. (2001) vertailivat eri mieshuippu-urheilijoiden luuntiheyksiä keskenään sekä tavallisiin ihmisiin verrattuna. Miesten ikä oli 18–30 vuotta. Luuntiheyttä mitattiin DEXA-laitteella eri kohdista kehoa. Useimmissa kohdissa judon ja painin, nk. raskaiden lajien, harrastajille saatiin korkeimmat luuntiheyden arvot. Heidän jälkeensä suurimmat arvot olivat joukkuelajien (käsipallo, jalkapallo, koripallo ja lentopallo) harrastajilla sekä urheilua opiskelevilla miehillä. Matalimmat arvot saivat pyöräilijät sekä tavalliset, harjoittelemattomat miehet. Lannerangassa huomattavimmat erot luuntiheydessä olivat raskaiden lajien, joukkuelajien ja urheiluopiskelijoiden sekä juoksijoiden, triathlonistien, pyöräilijöiden ja harjoittelemattomien välillä. Ensiksi mainituilla havaittiin selkeästi korkeammat arvot. Lisäksi raskaiden lajien urheilijoilla oli myös urheiluopiskelijoihin verrattuna huomattavasti korkeammat arvot. Reisiluun alueella luuntiheyden vaihtelut olivat asteittaisempia. Tälläkin alueella raskaiden lajien harrastajilla, joukkuelajien urheilijoilla sekä urheiluopiskelijoilla havaittiin korkeimmat arvot. Heidän jälkeensä tulivat juoksijat ja triathlonistit ja pienimmät arvot saivat pyöräilijät ja urheilua harrastamattomat miehet. Verrattuna vain urheilua harrastamattomiin, suurimmat ja merkittävimmät erot minkä tahansa alueen luuntiheydessä olivat heidän ja raskaiden lajien urheilijoilla, joukkuelajien urheilijoilla sekä urheiluopiskelijoilla. Sen sijaan juoksijoilla ja triathlonisteilla ei havaittu merkittäviä prosentuaalisia eroja lannerangan, suuren sarvennoisen tai sen ympäristön luuntiheydessä, mutta eroja havaittiin kuitenkin reisiluunpäässä. Pyöräilijöillä ei havaittu merkittäviä prosentuaalisia eroja minkään alueen luuntiheydessä verrattaessa harjoittelemattomiin.

Platenin ym (2001) mukaan lihasmassa on suurin positiivinen luun mineraalipitoisuutta ennakoiva tekijä nuorilla, terveillä miehillä. Sen positiiviset vaikutukset eivät selity pelkästään painovaikutuksesta, vaan stimuloivista voimista joita lihakset luuhun aiheuttavat koska ne ovat läheisesti kytkeytyneet niihin. Nämä havainnot painottavat eri urheilulajien spesifistä vaikutusta luuntiheyteen ja paljastavat, että suuret osteogeeniset vaikutukset eivät välttämättä ole ensisijaisesti seurausta harjoittelumäärästä, vaan ennemminkin harjoittelun laadusta. He lisäävät, että luuntiheyden arvot riippuvat selvästi siitä, millaisesta urheilusta on kyse sekä siitä, mitä alueita mitataan.

Se, kuinka suuri kuormitus luuhun kohdistuu, määräytyy pääosin mekaanisista voimista. Dynaamiset voimat riippuvat kehonmassasta ja kiihtyvyydestä. Esimerkiksi judossa ja pai-

nissa liikkeet ovat rinnastettavissa korkeaan maksimaaliseen voimaan ja tehoon. Lihasktiivisuuteen liittyvien voimien lisäksi suuri kiihtyvyys ja tästä johtuva suuri voima sekä lukuisat kuormituksen tyypit esiintyvät kaaduttaessa. Lisäksi spesifinen voimaharjoittelu suurilla painoilla on tyypillinen ja tavallinen harjoittelumetodi näissä lajeissa. Siksi suuria muutoksia luuntiheydessä voidaan odottaa painissa ja judossa. Palloilulajeissa liikkeet aiheuttavat mekaanisia voimia koko kehoon. Lajikohtaiset liikkeet ovat epäsyklisiä ja moniulotteisia. Esimerkiksi hyppyissä, lyhyissä spurteissa ja pysähdyksissä kesto on lyhyt, mutta vaatii suurta kiihtyvyyttä ja sen takia rasittaa luustoa. Keskipitkien ja pitkien matkojen juoksussa koko kehon dynaamista kuormitusta esiintyy; yläruumiin toimiessa stabiilisti ja alaraajojen tehdessä suurimman työn. Pyöräilyssä dynaaminen kuormitus kuormittaa vain osaa kehosta, pääosin alaraajoja, kun taas yläruumis pysyy paikallaan ja rasittuu vain staattisesti. (Platen ym. 2001.)

Suuren frekvenssin ja pituuden vaatimukset yhdessä epäfysiologisten liikkeiden kanssa näyttäisi olevan paras stimulus luunmuodostukselle. Osteogeeniset vaikutukset eivät ole niinkään lajikohtaisia vaan kuorma- ja kehonosaspesifisiä. Kuormituksen suuruus on tärkein vaikuttaja luunmuodostuksessa miehillä. Tämän vuoksi paljon, mutta matalalla intensiteetillä tehdyt harjoitukset eivät vaikuta lainkaan, tai vaikuttavat vain pienesti osteogeenisen vaikutuksen muodostumiseen. Vastaavasti vaihteleva harjoittelu lyhyillä, mutta suurilla voimilla saa aikaan suurimman mahdollisen positiivisen stimuloivan vaikutuksen luunmuodostuksessa. (Platen ym. 2001.)

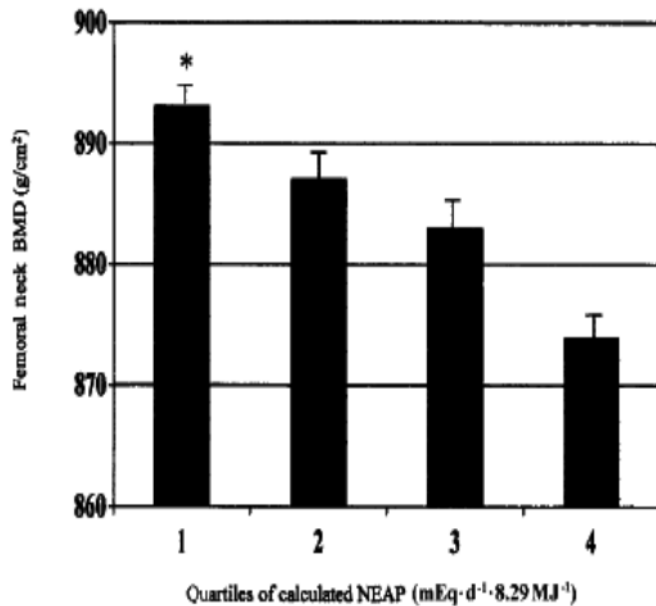
## 4.2 Luuntiheys ja pH

On havaittu, että länsimainen ruokavalio saattaa olla riskitekijä osteoporoosissa. Runsaan viljatuotteiden (erityisesti vehnän) ja proteiinin nauttimisesta seuraava suurempi happojen tuotto lisää kalsiumin eritystä ja luiden resorptiota (hajoamista). Hedelmien ja vihannesten nauttiminen saattaisi tasapainottaa tätä liiallista happamuutta tuottamalla emäksisiä kaliumin suoloja. Laskentakaavoja, jotka perustuvat avain ravintoaineiden saantiin ruokavaliosta, voidaan käyttää endogeenisen kokonaishappojentuoton (NEAP = net endogenous acid production = elimistön sisäinen happojen nettotuotanto) arvioimiseen ja tutkimaan ravinnon aiheuttaman happamuuden ja luiden terveyden yhteyttä. (Macdonald ym. 2005.)

Ruokailutottumuksilla, jotka aiheuttavat lievän metabolisen asidoosin eli kehon happamoitumisen, saattaa olla negatiivinen vaikutus luuntiheyteen (Welch ym. 2007).

New ym. (2000) raportoivat, että ravintoaineiden, joita on runsaasti hedelmissä ja vihanneksissa, nauttiminen on positiivisesti yhteydessä luuston terveyteen. Tutkimuksessa oli mukana 45–55-vuotiaita naisia, joiden luuntiheys mitattiin DEXA -laitteella lannerangasta ja reisiluunkaulasta, sekä lisäksi tietokonetomografialla perifeerisistä osista. Ruoankäyttökysely tehtiin ruoka-aineiden nauttimisen arvioimiseksi ja lisäksi kyseltiin muita elämäntyyliin liittyviä asioita. Magnesiumin, kaliumin ja alkoholin huomattiin olevan yhteydessä korkeampaan luumassaan. Reisiluunkaulan luuntiheys oli korkeampi naisilla, jotka olivat syöneet suuria määriä hedelmiä lapsuudessaan kuin naisilla, jotka olivat syöneet niitä vain kohtalaisesti tai vähän. Tulokset tukevat positiivista yhteyttä hedelmien ja vihannesten nauttimisen ja luiden terveyden välillä.

New ym. (2004) pyrkivät tutkimuksessaan todentamaan, onko matalampi ravintohappamuus (vähemmän proteiinia, mutta paljon kaliumia, eli matala NEAP arvo) yhteydessä suurempaan aksiaaliseen (pituusakselin) perifeeriseen luunmassaan ja vähäisempään luunvaihtuvuuteen. Tutkittavina oli 45–54-vuotiaita naisia. He täyttivät ruokailutottumuskyselyn, jonka perusteella laskettiin ravinnonkäyttö. Matalammat NEAP-arvot korreloivat korkeampien selkärangan ja lantion luuntiheyksien sekä käsivarren suuremman luunmassan kanssa (kuvio 2). Kun NEAP kasvoi, havaittiin merkittävä lasku lantion ja käsivarren luunmassassa. Myös selkärangan luunmassan ja NEAP -arvojen välillä havaittiin samansuuntainen yhteys. Erot pysyivät merkittävinä senkin jälkeen, kun ne suhteutettiin ikään, painoon, pituuteen ja kuukautisstatukseen. Suositeltavaa olisi siis suhteessa vähentää proteiinien saantia ja lisätä kaliumin saantia.



KUVIO 2. NEAP -arvojen ja luuntiheyden välinen yhteys (New ym. 2004).

Macdonald ym. (2005) tutkivat myös ravinnosta saatavan kaliumin ja proteiinin suhdetta, NEAP:ta ja potentiaalista munuaisten happokuormaa (potential renal acid load = PRAL) sekä luunterveyden markkereita. Keski-ikäisiltä naisilta mitattiin luuntiheyttä lannerangasta ja reisiluunkaulasta sekä virtsasta luun resorptioon markkereita. Ruoansaintia arvioitiin ruoankäyttökyselyllä. Premenopausaalisessa ryhmässä havaittiin 8 %:n ero eniten ja vähiten kaliumia saaneiden naisten välillä. Ruokavaliosta saatava kalium, joka on NEAP:n sekä hedelmien ja vihannesten nauttimisen määrän mittari, saattaa aiheuttaa kohtuullisen vaikutuksen luuston terveyden markkereihin, jotka elämän edetessä pienentävät osteoporoosin riskiä.

Welchin ym. (2007) tulokset tukevat havaintoa, että happamampi ympäristö on haitallinen luuntiheydelle. He tutkivat ruokaan liittyvän happo-emäskuorman, PRAL:in ja ultraäänellä mitatun kantaluun luuntiheyden yhteyttä. Tutkimushenkilöinä oli sekä keski-ikäisiä ja sitä vanhempia miehiä ja naisia. He huomasivat, että enemmän happoja tuottava ruokavalio (korkea PRAL arvo) oli selvästi yhteydessä matalampiin tuloksiin luuntiheyden mittauksissa naisilla, mutta ei niin merkittävästi miehillä. Ne joilla PRAL -arvot olivat korkeimpia, nauttivat enemmän lihaa, kalaa, kananmunia sekä muroja ja viljatuotteita ja vähemmän hedelmiä ja kasviksia sekä teetä ja kahvia.

Tucker ym. (2001) havaitsivat, että magnesiumin, kaliumin, hedelmien ja vihannesten nauttiminen olivat merkitsevästi yhteydessä korkeampaan luuntiheyteen miehillä, sekä vähäisempään luun menetyksen määrään neljän vuoden aikana. Sen sijaan toisin kuin oli arvioitu, korkeampi enemmän kuin matalampi proteiinin saanti oli yhteydessä vähäisempään luun menetykseen. Tulokset tukevat emästä tuottavien ravintoaineiden ja ruokien merkitystä luuston säilyttämisessä. Näyttäisi kuitenkin siltä, että proteiinien osuuden vaikutus ei olekaan niin yksiselitteinen. Proteiinien ja muiden happoja tuottavien ravintoaineiden vaikutus riippuu luultavasti muiden saatavilla olevien ravintoaineiden läsnäolosta sekaruokavaliossa. Näyttäisi siis siltä, että tasapainoinen ruokavalio, joka sisältää runsaasti hedelmiä ja vihanneksia ja riittävästi proteiinia on tärkeä luun tiheyden kannalta. (Tucker ym. 2001.)

## 5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kehonkoostumuksen muutoksia happamuutta tai emäksisyyttä tuottavan ruokavalion ja 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena miehillä ja naisilla. Lisäksi haluttiin selvittää harjoittelun vaikutuksia luuntiheyteen miehillä ja naisilla sekä tarkastella, vaikuttaako elimistön pH luuntiheyteen.

**Tutkimusongelma 1:** Miten yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa miesten ja naisten kehonkoostumukseen?

**Hypoteesi 1:** Rasvattoman kudoksen (lihaskudoksen) osuus kasvaa sekä miehillä että naisilla yhdistetyn harjoittelun seurauksena, mutta miehillä suhteessa enemmän.

**Hypoteesi 2:** Rasvakudoksen osuus vähenee sekä miehillä että naisilla yhdistetyn harjoittelun seurauksena.

**Perustelu.** Esimerkiksi Ghahramanloon ym. (2009) mukaan yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla miehet saavat parempia tuloksia aikaan kuin pelkästään tekemällä toista näistä. Voimaharjoittelu saa aikaan suuremman lihaskudoksen kasvun ja kestävyysharjoittelu vastaavasti rasvakudoksen laskun, yhdistetyllä harjoittelulla saavutetaan hyödyt kummastakin harjoittelusta. (Ghahramanloo ym. 2009.) Naisilla yhdistetyn harjoittelun vaikutuksia ei ole tutkittu niin paljon kuin miehillä ja tulokset ovat jokseenkin ristiriitaisia. Esimerkiksi Seo ym. (2010) toteavat, että yhdistetty harjoittelu tuottaa parempia tuloksia kuin pelkkä kestävyysharjoittelu. Fleck ym. (2006) saivat naisille samansuuntaisia tuloksia kuin Ghahramanloo ym. (2009) miehille yhdistetyn harjoittelun seurauksena, mutta tulokset eivät olleet merkitseviä. Kuitenkin esimerkiksi Dantas ym. (2008) toteavat, että yhdistetyllä harjoittelulla ei saatu kovin suuria muutoksia aikaan naisten kehonkoostumuksessa.

**Tutkimusongelma 2:** Miten yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa luuntiheyteen miehillä ja naisilla?

**Hypoteesi 3:** Luuntiheys kasvaa hieman yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta.

**Perustelu.** Guadalupe-Graun ym. (2009) mukaan urheilulajien, kuten voimistelun, jalkapallon ja käsipallon, joissa tulee suuria reaktiivoimia maata vasten, on todettu olevan po-

tentiaalisia vahvistamaan luita. Näille lajeille ominaisia liikkeitä ovat esimerkiksi hyppy, potkut, juoksu, nopeat suunnan vaihdokset, nopeat lähdöt ja pysähdykset, heittäminen ja pudotus laskut. Myös Morel ym. (2001) huomasivat hyödylliset vaikutukset luustoon säännöllisellä harjoittelulla lajeissa, kuten koripallo, jalkapallo, voimistelu ja jääkiekko. Lajeissa, joissa kehonpainoa ei tarvitse kannatella tai iskuja luustoon ei tule, hyödyt jäävät vähäisemmiksi, kuten esimerkiksi uinnissa ja soudussa. (Morel ym. 2001.)

Voimaharjoittelulla on huomattu myös olevan positiivisia vaikutuksia luuntiheyteen niin nuorilla kuin aikuisilla, mutta hyödyt rajoittuvat niihin luihin, jotka ovat yhteydessä harjoitettaviin lihaksiin (Guadalupe-Grau ym. 2009). Guadalupe-Grau ym. (2009) toteavat, että nuorilla naisilla voimaharjoittelu tulisi tehdä suurella intensiteetillä, jotta saataisiin positiivisia vaikutuksia luustoon. Kun kyseessä on kuitenkin normaalin kuukautiskierron omaavat naiset, molemmat sukupuolet hyötyvät tasapuolisesti urheiluun osallistumisesta (Guadalupe-Grau ym. 2009). Ravinnon tulee kuitenkin olla riittävää ja proteiineja tulee saada tarpeeksi, sillä fyysisen harjoittelun myötä proteiinien tarve lisääntyy (McArdle ym. 2010, 83).

**Tutkimusongelma 3:** Miten yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa luuntiheyteen miehillä ja naisilla kahdella eri ruokavaliolla?

**Hypoteesi 4:** Luuntiheys kasvaa yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta enemmän emäksisyyttä (korkeampi pH) tuottavan ruokavalion aikana.

**Perustelu.** Tutkimukseen liittyy myös ruokavalion vaikutusten tutkiminen niin, että osa koehenkilöistä noudattaa tutkimuksen ajan ruokavaliota, jonka tulisi tuottaa suurempi happokuorma ja näin kasvattaa elimistön happamuutta (laskea pH:ta) ja osa taas ruokavaliota, jonka tulisi tuottaa pienempi happokuorma eli kasvattaa elimistön emäksisyyttä (nostaa pH:ta). Matalamman happokuorman ja happokuormaa alentavien ruokien ja ravintoaineiden, kuten hedelmien ja kasvien runsaan käytön, on todettu vaikuttavan positiivisesti myös luustoon (New ym 2000, New ym. 2004). Welch ym. (2007) havaitsivat, että suuremman happokuorman tuottavalla ruokavaliolla saattaa olla enemmän haitallisia vaikutuksia luustoon naisilla kuin miehillä.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli yhteensä 49 miestä ja naista, jotka olivat kuntoliikunnan harrastajia ja iältään 18–40-vuotiaita. Koehenkilöiden tiedot tutkimuksen alussa on esitetty taulukossa 1.

**TAULUKKO 1.** Koehenkilöiden ikä, pituus (cm), paino (kg) ja BMI ennen harjoittelujaksoa. Taulukossa esitetyt arvot ovat keskiarvoja  $\pm$  keskihajontoja.

	Miesten hapan-ryhmä n=13	Miesten emäs-ryhmä n=11	Naisten hapan-ryhmä n=12	Naisten emäs-ryhmä n=13
Ikä (v)	30 $\pm$ 6	30 $\pm$ 8	31 $\pm$ 6	33 $\pm$ 7
Pituus (cm)	176 $\pm$ 6	179 $\pm$ 7	166 $\pm$ 6	167 $\pm$ 7
Paino (kg)	78,6 $\pm$ 9,9	85,8 $\pm$ 9,6	65,3 $\pm$ 10,9	64,2 $\pm$ 7,5
BMI	25,2 $\pm$ 2,4	26,8 $\pm$ 3,4	23,6 $\pm$ 3,4	23,0 $\pm$ 3,5

Ennen tutkimuksen alkamista koehenkilöt saivat tietoa tutkimuksen kulusta ja siihen osallistumisesta ja heille tehtiin terveyden ja fyysisen aktiivisuuden kysely (muunneltu PAR-Q). Lisäksi ennen tutkimuksen alkua koehenkilöiltä mitattiin lepo EKG 12-elektrodin kytkennällä. Kaikkia tässä tutkimuksessa käytettyjä metodeja on aiemminkin käytetty liikuntabiologian laitoksen tutkimuksissa. Tutkimukseen saatiin Jyväskylän yliopiston Eettisen toimikunnan hyväksymä lausunto.

### 6.2 Koeasetelma

Koeasetelma on esitetty taulukossa 2. Ennen tutkimuksen alkua koehenkilöt täyttivät kyselyt koskien ruokavaliota, harjoittelutaustaa ja terveyttä. Lisäksi heille tehtiin EKG-mittaus ennen tutkimuksen alkua. Ennen varsinaisen 12 viikon harjoittelujakson alkua oli yhden viikon mittainen totutteluviikko, joka aikana tehtiin yksi yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoitus. Lisäksi koehenkilöille tehtiin antropometriset mittaukset sekä kehonkoostumuksen



mittaukset DEXA -laitteella, ultraäänellä ja bioimpedanssianalyysillä. Heille pidettiin myös ravintoluento koskien tulevia ruokavalioita. Koehenkilöt jaettiin hapan- ja emäsryhmiin tutkimusjakson ajaksi. Hapan-ryhmä noudatti ruokavaliota, joka sisälsi hyvin rajoitetun määrän kasviksia ja hedelmiä. Emäs-ryhmän ruokavalio sen sijaan sisälsi erittäin runsaasti kasviksia ja hedelmiä. Ennen ja jälkeen tutkimusjaksoa koehenkilöt suorittivat isometrisen maksimivoimatestin jalkaprässissä ja istuen tehdyssä pystypunnerruksessa, sekä yhden toiston maksimitestin dynaamisessa jalkaprässissä. Näiden perusteella pyrittiin ohjaamaan voimaharjoittelua. Lisäksi koehenkilöille tehtiin maksimaalinen hapenottokyvyn testi polkupyöräergometrillä. Testitulosten perusteella (maksimaalinen hapenottokyky, veren maksimaalinen laktaattipitoisuus, maksimaalinen pyöräilyteho) määritettiin aerobinen ja anaerobinen kynnys. Näitä hyödynnettiin harjoittelussa tehoalueiden määrittämiseen. Koehenkilöiltä otettiin lisäksi lepo-verinäytteet ennen ja jälkeen tutkimusjaksoa pH:n ja muiden tutkittavien muuttujien määrittämistä varten. Koehenkilöt pitivät ruokapäiväkirjaa yhteensä 3 x 3 päivää. Ruokapäiväkirjan täyttöajankohdat olivat ennen tutkimusjaksoa, jakson puolivälissä ja tutkimusjakson lopulla. Lisäksi koehenkilöt keräsivät virtsaa ennen ja jälkeen tutkimusjaksoa (12 h paaston ajalta). Kerätystä virtsasta määritettiin pH.

Mittausten välillä koehenkilöt suorittivat kahdesti viikossa 12 viikon ajan yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua. Harjoitusohjelma vaihtui 2 – 4 viikon välein ja sekä voima- että kestävyysharjoittelussa intensiteetti ja kesto kasvoivat progressiivisesti. Kaikki koehenkilöt suorittivat harjoittelun niin, että ensin he tekivät kestävyysharjoittelun kuntopyörällä ja sen jälkeen voimaharjoittelun.

TAULUKKO 2. Koeasetelma.

		12 VIIKON HARJOITTELUJAKSO			
Ennen mittauksia	Alkumittaukset	Viikot 1 – 4	Viikot 6 – 8	Viikot 9 – 12	Loppumittaukset
kyselyt + EKG	DEXA, ultra, Inbody + lepo veri- ja virtsamittaukset Ruokapäiväkirja kolmen päivän ajalta + kestävyys- ja voimatestit	ohjaava ruokapäiväkirjan täyttö + HARJOITTELU	3 päivän ruokapäiväkirjan täyttö + HARJOITTELU	HARJOITTELU	DEXA, ultra, Inbody + lepo veri- ja virtsamittaukset Ruokapäiväkirja kolmen päivän ajalta + kestävyys- ja voimatestit

### 6.2.1 Ravinto

Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen ravintoryhmään: hapan ja emäs. Miesten ja naisten määrä kummassakin ryhmässä oli suunnilleen sama. Emäs-ryhmässä oli 24 henkilöä (13 naista ja 11 miestä) ja hapan-ryhmässä 25 henkilöä (12 naista ja 13 miestä). Emäs-ryhmä noudatti kasvispainotteista ruokavaliota koko tutkimusjakson ajan. Ruokavalio koostui lähes täysin ruoka-aineista, joiden oli arvioitu PRAL -menetelmän avulla lisäävän elimistön emästen tuottoa. Hapan-ryhmä noudatti melko normaalia ruokavaliota, jossa oli enemmän proteiinia. Hapan-ryhmällä päivittäinen kasvisten saanti oli kuitenkin rajoitettua, eikä se saanut ylittää 120 grammaa. Kasvispainotteisella ruokavaliolla pyrittiin lisäämään elimistön emäksisyyttä, kun taas enemmän proteiineja sisältävä ruokavalion arvioitiin tuottavan enemmän happoja ver rattuna kasvispainotteiseen ruokavalioon.

Ennen tutkimuksen aloittamista koehenkilöille pidettiin ravintoluento, annettiin ohjeita terveellisestä ja ravitsemussuosituksen mukaisesta ruokavaliosta ja sen koostamisesta sekä annettiin kirjalliset ohjeet noudatettavista ruokavaliosta ja lisäksi kerättiin kolmen päivän ajalta ruokapäiväkirjat. Tämän kolmen päivän aikana heitä pyydettiin noudattamaan normaalia ruokavaliotaan. Ruokapäiväkirjat analysoitiin ja niiden perusteella koehenkilöille annettiin henkilökohtaista palautetta ravitsemussuosituksen mukaan. Ruokapäiväkirjaa pidettiin myös tutkimuksen aikana kolmen vuorokauden ajan kolmessa aikapisteessä; alussa, puolivälissä ja lopussa. Alun ruokapäiväkirja jakso sijoittui viikoille 1 – 4 riippuen koehenkilöstä. Näitä ruokapäiväkirjoja ei analysoitu ravintolaskelmaohjelmalla, sillä niiden

avulla haluttiin tarkistaa, että ruokavalioita oli alettu noudattaa oikein. Lisäohjeistusta annettiin tarpeen mukaan, jotta ruokavalio vastaisi paremmin tavoiteltua tutkimusruokavalioita. Toinen ruokapäiväkirja jakso sijoittui viikoille 6 – 8. Ruokapäiväkirjajakso alkoi välittömästi välimittausten verikokeen ja virtsanäytteen jälkeen. Viimeinen ruokapäiväkirja täytettiin tutkimusjakson lopussa, 12 harjoitusviikon jälkeen suoritetun mittausjakson kolmena ensimmäisenä päivänä. Edeltävänä yönä ennen ruokapäiväkirjan täytön aloittamista ja seuraavana yönä täytön jälkeen koehenkilöt keräsivät paastovirtsanäytteet (12 h). Ruokapäiväkirjoihin merkittiin kaikki kolmen päivän aikana syödyt ja juodut ruoat ja juomat mahdollisimman tarkasti. Kaksi tutkimusjakson jälkimmäistä ruokapäiväkirjaa analysoitiin NutriFlow -ravintolaskelmaohjelmalla. (Flow-Team Oy, Oulu, Finland, 2012). Ruokapäiväkirjoista analysoitiin kokonaisenergian, proteiinien, hiilihydraattien, rasvan sekä eri hivenaineiden saantia (esim. kalium ja kalsium). Saatuja arvoja käytettiin PRAL -arvon laskemiseen seuraavasti:

$$\text{PRAL (mEq/d)} = \text{fosfori (mg/d)} \times 0,0366 + \text{proteiini (g/d)} \times 0,4888 - \text{kalium (mg/d)} \times 0,0205 + \text{kalsium (mg/d)} \times 0,0125 + \text{magnesium (mg/d)} \times 0,0263. \text{ (Alexy ym. 2007.)}$$

Koehenkilöitä pyydettiin koko tutkimusjakson ajan arvioimaan viikoittain, miten hyvin kunkin viikon aikana toteutunut ruokavalio vastasi suosituksia. Arviointi tehtiin merkittävällä kyselylomakkeeseen parhaiten toteutunutta ruokavaliota vastaava vaihtoehto (toivotun tutkimusruokavalion mukainen, melko hyvin ruokavaliota noudattava, ei tutkimuksen kannalta toivotunlainen ruokavalio).

Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään energiantarpeen ja nälän mukaan, mutta kuitenkin säännöllisesti 2–4 tunnin välein. Suositeltavampaa oli syödä pienempiä annoksia useasti (4–6 kertaa) päivässä kuin isompia harvemmin. Molemmat koehenkilöryhmät saivat esimerkkilistan ruokavalion aikana nautittavista aterioista, joista he saivat valita haluamansa. Aterioita sai muokata kummallekin ruokavaliolle asetettujen raamien puitteissa. Myös suositelluista ruoka-aineista annettiin lista, ja molempiin ruokavalioihin kuului myös ruoka-aineita, joita tuli välttää kokonaan. Vettä, maitoa, kahvia ja teetä sai juoda tarpeen mukaan (paitsi ei kahvia tai teetä 12 h ennen verikoetta). Monivitamiini- ja kivennäisainevalmisteiden käyttö oli sallittua tutkimuksen aikana. Harjoitusten jälkeen oli suosituksena nauttia proteiinipitoinen ateria tunnin sisällä harjoituksen päättymisestä.

Hapan-ryhmän ruokavalio pyrittiin pitämään ravitsemussuosituksen mukaisena, mutta kasvien, hedelmien ja marjojen päivittäinen saanti oli rajoitettu 100–120 grammaan päiväs-

sä. Emäs-ryhmän ruokavalio koostui suureksi osaksi kasviksista, hedelmistä ja marjoista. Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään niitä päivän aikana vähintään 1000 g, mutta tavoitetaanti oli 1500 g päivässä. Jokaisella pääateriaalla tuli syödä salaattia tai vihanneksia jossain muodossa (esim. tuoreena, keitettynä, soseena, keittona). Välipaloiksi suositeltiin hedelmiä ja niitä kehoitettiin syömään useita vuorokauden aikana. Leivän päällä neuvottiin käyttämään salaattia ja muita vihanneksia. Lihan saanti oli ruokavaliojakson aikana rajoitettua. Vuorokausiannoksen yläraja määritettiin siten, että koehenkilön paino kerrottiin kahdella ja lukema muutettiin grammoiksi (esim. paino  $65 \text{ kg} \cdot 2 = 130$  à lihaa enintään 130 g päivässä).

Emäs-ryhmää neuvottiin käyttämään salaatin kanssa öljypohjaista salaatinkastiketta, ja avokadoa kehoitettiin suosimaan riittävän rasvan ja erityisesti hyvien ja välttämättömien rasvahappojen saannin turvaamiseksi. Leivän päällä pyydettiin käyttämään margariinia, jossa oli rasvaa vähintään 60 %. Maitoa ja jogurtia kehoitettiin käyttämään useampi annos päivässä riittävän kalsiumin saannin turvaamiseksi. Ne olivat myös hyviä proteiininlähteitä kasvisjakson aikana. Työpaikka- ja opiskelijaruokaloissa tuli suosia kasvisvaihtoehtoja (paitsi silloin, kun ne sisälsivät runsaasti juustoa). Suositeltava leipä oli ruisleipä ja vaaleita, etenkin vehnäpohjaisia leipiä ja leivonnaisia tuli välttää. Puuron, murojen ja myslien määrä tuli pitää kohtuullisena eikä niitä tullut nauttia useita kertoja päivässä. Koehenkilöitä pyydettiin huomioimaan, että hedelmiä ja kasviksia joutui syömään määrällisesti enemmän kuin esimerkiksi lihaa tai leipää, joten oli suositeltavaa pitää aina jotain välipalaa mukana.

## 6.2.2 Harjoittelu

Harjoittelujakso kesti 12 viikkoa. Harjoituksia oli kahdesti viikossa, jolloin harjoituskertoja kertyi yhteensä 24. Jokainen harjoituskerta sisälsi kestävyys- ja voimaharjoituksen (K+V). Harjoitus alkoi aina kestävyysosion ja jatkui voimaosion. Harjoitusosien välissä oli 10 minuutin tauko, minkä aikana koehenkilö nautti 0,5 l vettä ja 10 g glukoosipastilleja (Oriola Oy). Yhden harjoituksen kokonaiskesto vaihteli 90:stä 120 minuuttiin. Harjoitusten välipäivinä koehenkilöt saivat harrastaa kevyttä virkistysliikuntaa oman mielenkiintonsa mukaan.

Harjoittelu ohjelmoitiin nousujohteiseksi. Koko 12 viikon harjoittelujakso oli jaettu viiteen 1–4 viikon jaksoon, joiden aikana harjoitusohjelma vaihtui. Taulukossa 3 on esitetty oh-

jelmoinnin yleisrakenne. Ennen varsinaista harjoittelujaksoa oli ns. perehdyttämisyksikkö, jolloin opeteltiin eri harjoitteiden tekeminen ja suoritettiin alkutestit.

Kaikki harjoitukset tehtiin sykeohjatusti eri intensiteeteillä aiemmin maksimaalisessa hapenottokyvyn testin perusteella määritettyjen kynnyssykkeiden mukaisesti. Sykettä mitattiin sykemittarilla (Polar 610i tai tutkittavan henkilökohtainen) ja lukema kirjattiin ylös harjoitustehon vaihtuessa tai 10 minuutin välein. Voimaharjoitusten kuormat perustuivat aiemmin perehdytysjaksolla määritettyihin ykköstoistomaksimeihin. Myös harjoituksen voimaosiossa käytetyt kuormat ja suoritettavat toistot kirjattiin ylös jokaisesta sarjasta. Kaikki harjoitukset olivat ohjattuja ja kontrolloituja.

**TAULUKKO 3.** Harjoittelun sisältö.

kestävyysharjoittelu			voimaharjoittelu		
viikot	kesto (min)	intensiteetti	kesto (min)	harjoitteet (lkm)	intensiteetti (%max)
1	30	PK	50	7 (lihaskest.)	40 – 60
2 – 4	30	PK	50	7 (lihaskest.)	40 – 60
5 – 8	45	PK	60	7 (hypertrof.)	70 – 85
9 – 10	45 – 50	PK/VK/MK	70	7 (hypertrof./maksimivoim.)	75 – 90
11 – 12	50	PK/VK/MK	50	6 (maksimivoima)	90 – 95

### 6.3 Aineiston keräys ja analysointi

**Antropometria ja kehonkoostumus.** Tässä tutkimuksessa mitattiin koehenkilöiden antropometriaa pituuden, painon sekä rasvaprosentin osalta. Kaikki antropometriset mittaukset suoritettiin samalla mittaukserällä. Kehonkoostumusta arvioitiin DEXA -laitteella (GE Lunar Prodigy Advance), ultraäänimittauksella (SSD-2000) sekä InBody -laitteella (Inbody 720). DEXA -laitteella mitattiin myös luun mineraalitiheyden muuttujia (luun kokonaismassa ja BMD = bone mineral density = luun mineraalitiheys).

Antropometriset mittaukset suoritettiin aina aamulla kello 07.00 ja 10.30 välillä noin 12 tunnin paaston jälkeen. Mittaukset tehtiin ennen harjoittelujakson alkamista ja 12 viikon

harjoittelun jälkeen. Koehenkilöiltä mitattiin paino ja pituus (kummatkin ilman kenkiä). Mittaukset tehtiin samana päivänä kuin DEXA ja ultraäänimittaukset.

Ennen DEXA -mittausta koehenkilöiltä kysyttiin poissulkevat kysymykset. Poissulkukriteereitä olivat raskaus, säännöllinen säteilyhoito tai lähiaikoina tehty tai suunnitteilla on runsaasti muita röntgentutkimuksia (erityisesti jos kyseessä TT-tutkimuksia tai läpivalaisututkimuksia). Tässä tutkimuksessa käytettiin koko kehon koostumuksen kuvausta DEXA -laitteella, josta tutkittavalle aiheutuu 0,001 mSv:n annos (laitevalmistajan ilmoitus). Kun tässä tutkimuksessa saatua säteilyannosta verrataan suomalaisen keskimääräiseen vuotuiseseen säteilyannokseen, annos vastaa suomalaisen keskimäärin 2,4 tunnin aikana saamaa säteilyannosta/mittauskerta. Koko tutkimus sisältää 2 mittausta, joten koko tutkimuksen säteilyannos vastaa suomalaisen keskimäärin 4,8 tunnin aikana saamaa säteilyannosta.

Ennen DEXA -mittauksen aloittamista varmistettiin, ettei koehenkilöllä ole metalliesineitä kehossaan mittauksen aikana. Mittaus suoritettiin alusvaatteisillaan koehenkilön maassa selällään DEXA -laitteen alustalla, jolloin mittaava DEXA -laitteen osa kulkee henkilön yläpuolella koskettamatta häntä. Mittaus kesti noin 15 minuuttia, jonka jälkeen mitattiin myös lepoverenpaine automaattisella verenpainemittarilla (Omron). DEXA -mittauksesta saatua painoa käytettiin painoindeksin (BMI) laskemiseen. Bioimpedanssi analyysi suoritettiin vain palautetarkoituksessa ja tuloksia ei käytetty tutkimuksessa. Ultraääni mittausta varten koehenkilöille tatuoitiin pistemerkit mittauskohtiin. Mittauskohteina olivat alaraajoissa rectus femoris - ja vastus lateralis -lihasten paksuudet. Ultraäänimittaus tehtiin aina kolmesti samasta kohdasta ja näistä laskettiin keskiarvo.

Koehenkilöt saivat antropometrisistä mittauksista palautteen kirjallisesti ja suullisesti. Kehonkoostumusta koskien he saivat palautetta heti mittauksen jälkeen InBodysta ja myöhemmin DEXAsta sekä ultraäänestä. DEXA tulokset analysoi ammattitaitoinen lääkäri.

**Veri- ja virtsa-analyysit.** Virtsan ja veren pH:n määritykset suoritettiin liikuntabiologian laitoksen laboratoriossa. Veren pH määritettiin lepotilanteessa ennen submaksimaalista kestävyystestiä sormenpääverinäytteestä. Näyte otettiin Li-heparinisoituihin kapillaareihin (200µl) ja analysoitiin heti näytteenoton jälkeen verikaasuanalyysaattorilla (Nova Biomedical STAT Profile pHOX Plus L, Nova Biomedical, MA, USA). Veren pH:n määrittäminen perustui ioniselektiivisen elektrodin periaatteeseen ja analyysaattorin (GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory, Lexington, MA, USA) valmistajan pH:lle määrittämä korre-

laatiokerroin on 0,998, keskihajonta ajon sisällä (within-run) 0,005 (variaatiokerroin CV 3,0 %) ja keski-hajonta päivästä toiseen (day-to-day) 0,013 (CV 5,0 %).

Virtsanäytteitä (12 tunnin vuorokausivirtsan) kerättiin ennen ensimmäisiä paastoverinäytteitä sekä kuuden ja kahdentoista viikon kohdalla. Koehenkilöt suorittivat virtsan keräyksen kotonaan ja toimittivat näytteet liikuntabiologian laitoksen laboratoriolle analysointia varten. Tätä varten he saivat erillisen ohjeistuksen. Virtsanäytteistä analysoitiin volyyymi ja pH kastamalla pH-liuska näytteeseen (Combur<sup>7</sup> Test urinalysis test strips, Cobas, Roche, Germany).

## 6.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS -tilasto-ohjelmaa (PASW Statistics for Windows 18.0.1) avuksi käyttäen. Tulosten analysoinnissa käytettiin toistomittausten varianssianalyysiä LSD -parivertailulla. LSD on moni vertailtu testi, jossa useita ryhmiä verrataan keskenään.

Aluksi tehtiin GLM, joka on ANOVAn eli varianssianalyysin muoto, jossa tulostettiin muun muassa analyyseissä käytetyt keskiarvot ja keskivirheet, sekä testattiin onko muuttujien välillä kokonaisuudessaan vaikutusta tutkittavaan asiaan. Tämän jälkeen katsottiin faktoroiden luokissa keskiarvojen vertailu. Lisäksi tehtiin parittaisia t-testejä, joissa katsottiin aikapisteiden, eli riippuvien testien (esim. pre-post) eroja. Analyysit vaihtelevat hieman sen mukaan mitä tietoa muuttujasta on mitattu, ja ovatko oletukset täyttyneet.

Näiden lisäksi pH ja luuntiheys muuttujien välillä tehtiin korrelaatioanalyysejä, joilla haluttiin selvittää korrelaatioita, eli riippuvuuksia valikoitujen muuttujien välillä. Käytössä oli Pearsonin korrelaatiokerroin..

Merkitsevyystasoksi valittiin  $p \leq 0.05$ .

## 7 TULOKSET

### 7.1 Ravinto

Miesten ruokapäiväkirjoista lasketut keskiarvot  $\pm$  keskihajonnat on esitetty taulukossa 4. Arvot on esitettyinä absoluuttisina määrinä (kcal, g) ja suhteutettuna koehenkilöiden massaan (kcal/kg, g/kg). Täyttöajat 1=ennen harjoittelujaksoa, 2=harjoittelujakson puolivälissä, 3=harjoittelujakson lopussa.

**TAULUKKO 4.** Miesten ruokapäiväkirjoista lasketut energian- ja ravintoainensaannit. Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta. Tilastollisesti merkitsevä ero hapan- ja emäsryhmän välillä samassa ruokapäiväkirjan täyttöpisteessä, \*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

Mies	HAPAN 1	HAPAN 2	HAPAN 3	EMÄS 1	EMÄS 2	EMÄS 3
Energia (kcal)	2223 $\pm$ 603	2207 $\pm$ 647	2184 $\pm$ 686	2724 $\pm$ 840	1930 $\pm$ 571	1930 $\pm$ 520
(kcal/kg)	28,8 $\pm$ 8,0	29,8 $\pm$ 8,5	27,8 $\pm$ 8,4	32,1 $\pm$ 11,0	23,1 $\pm$ 8,7	24,6 $\pm$ 7,4
Hiilihydraatti (g)	227 $\pm$ 67	237 $\pm$ 72	246 $\pm$ 80	286 $\pm$ 107	190 $\pm$ 80	208 $\pm$ 124
(g/kg)	2,9 $\pm$ 0,9	3,2 $\pm$ 0,9	3,1 $\pm$ 0,9	3,4 $\pm$ 1,5	2,2 $\pm$ 1,0	2,5 $\pm$ 1,7
Proteiini (g)	102 $\pm$ 35	107 $\pm$ 35	110 $\pm$ 30	131 $\pm$ 62	82 $\pm$ 25	91 $\pm$ 15
(g/kg)	1,3 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,7	1,0 $\pm$ 0,3*	1,1 $\pm$ 0,2
Rasva (g)	92 $\pm$ 31	87 $\pm$ 33	73 $\pm$ 30	104 $\pm$ 32	66 $\pm$ 21	60 $\pm$ 20
(g/kg)	1,2 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4	0,8 $\pm$ 0,3*	0,8 $\pm$ 0,3
Kasvikset ja hedelmät (g)	287 $\pm$ 243	247 $\pm$ 250	226 $\pm$ 96	280 $\pm$ 144	898 $\pm$ 302***	803 $\pm$ 380**
(g/kg)	3,9 $\pm$ 3,4	3,5 $\pm$ 3,4	2,8 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 1,8	10,6 $\pm$ 4,1***	10,5 $\pm$ 5,1*



--	--	--	--	--	--	--

Naisten ruokapäiväkirjoista lasketut keskiarvot  $\pm$  keskihajonnat on esitetty taulukossa 5. Arvot on esitettyinä absoluuttisina määrinä (kcal, g) ja suhteutettuna koehenkilöiden massaan (kcal/kg, g/kg). Täyttöajat 1=ennen harjoittelujaksoa, 2=harjoittelujakson puolivälissä, 3=harjoittelujakson lopussa.

**TAULUKKO 5.** Naisten ruokapäiväkirjoista lasketut energian- ja ravintoaineidensaannit. Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta. Tilastollisesti merkitsevä ero hapan- ja emäs-ryhmän välillä samassa ruokapäiväkirjan täyttöpisteessä, \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

Nainen	HAPAN	HAPAN	HAPAN	EMÄS	EMÄS	EMÄS
	1	2	3	1	2	3
Energia (kcal)	1905 $\pm$ 297	1959 $\pm$ 610	1870 $\pm$ 342	2007 $\pm$ 378	1880 $\pm$ 365	1856 $\pm$ 500
(kcal/kg)	30,0 $\pm$ 5,9	31,9 $\pm$ 12,3	27,6 $\pm$ 5,8	32,1 $\pm$ 6,7	29,4 $\pm$ 7,1	29,6 $\pm$ 10,1
Hiilihydraatti (g)	233 $\pm$ 44	233 $\pm$ 79	215 $\pm$ 48	223 $\pm$ 56	230 $\pm$ 41	238 $\pm$ 67
(g/kg)	3,6 $\pm$ 0,7	3,8 $\pm$ 1,6	3,2 $\pm$ 0,8	3,6 $\pm$ 0,9	3,6 $\pm$ 0,8	3,8 $\pm$ 1,3
Proteiini (g)	74 $\pm$ 12	84 $\pm$ 25	78 $\pm$ 16	83 $\pm$ 27	70 $\pm$ 11	69 $\pm$ 11
(g/kg)	1,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,5	1,1 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,5	1,1 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,3
Rasva (g)	68 $\pm$ 20	72 $\pm$ 28	70 $\pm$ 23	80 $\pm$ 19	71 $\pm$ 26	66 $\pm$ 46
(g/kg)	1,1 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,5	1,0 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,4	1,0 $\pm$ 0,8
Kasvikset ja hedelmät (g)	249 $\pm$ 75	209 $\pm$ 159	264 $\pm$ 273	396 $\pm$ 203*	927 $\pm$ 307***	1066 $\pm$ 634***
(g/kg)	4,1 $\pm$ 1,4	3,1 $\pm$ 2,5	4,2 $\pm$ 4,4	6,5 $\pm$ 3,6*	14,6 $\pm$ 5,3***	18,0 $\pm$ 10,8***

## 7.2 Pituus ja paino

Taulukossa 6 on esitetty miesten ja naisten emäs- ja hapan-ryhmien pituudet ja painot sekä näiden avulla laskettu BMI ennen ja jälkeen tutkimusjaksoa. Sekä miesten että naisten emäs-ryhmillä keskipaino laski hieman (pre vs. post) ja vastaavasti hapan-ryhmillä keskipaino kasvoi hieman. Millään ryhmällä muutos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

**TAULUKKO 6.** Koehenkilöiden pituus, paino ja BMI alussa ja lopussa. Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

	N	paino (kg) pre	paino (kg) post	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) pre	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) post	pituus (m)
<b>Naiset hapan</b>	12	67,0 $\pm$ 11,1	67,9 $\pm$ 11,5	23,6 $\pm$ 3,4	23,8 $\pm$ 3,4	1,66 $\pm$ 0,06
<b>Naiset emäs</b>	13	64,3 $\pm$ 7,8	63,8 $\pm$ 7,9	23,0 $\pm$ 3,5	22,0 $\pm$ 4,8	1,67 $\pm$ 0,07
<b>Miehet hapan</b>	13/12	79,2 $\pm$ 10,2	79,6 $\pm$ 9,8	25,2 $\pm$ 2,4	25,5 $\pm$ 2,0	1,76 $\pm$ 0,06
<b>Miehet emäs</b>	11/9	85,5 $\pm$ 9,8	83,7 $\pm$ 9,5	26,8 $\pm$ 3,4	26,6 $\pm$ 2,9	1,79 $\pm$ 0,07

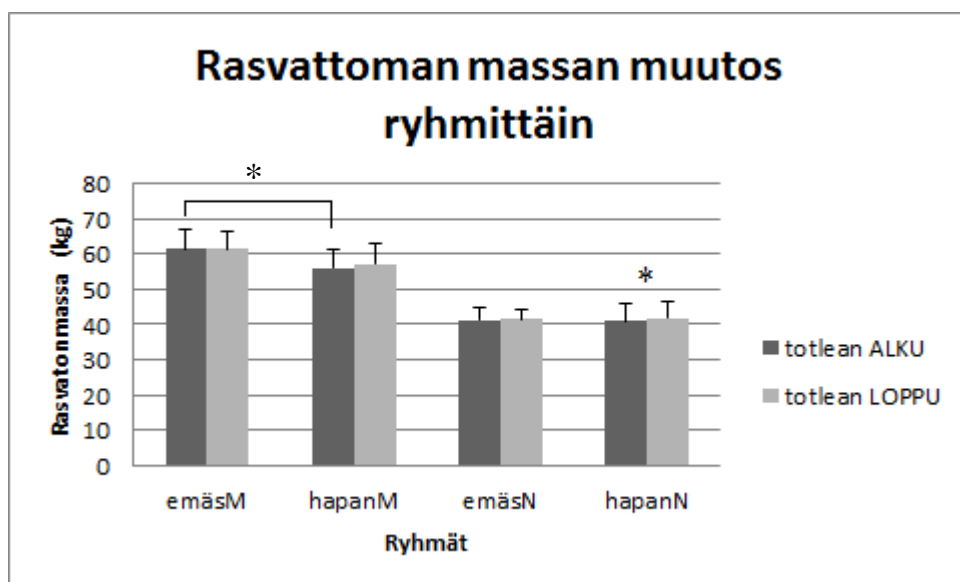
## 7.3 Kehonkoostumus

**Rasvaprosentti.** Vertailtaessa eri ryhmiä keskenään, ei havaittu mitään merkitsevyyksiä tuloksissa. Vertailu tapahtui miesten eri ryhmien (emäs, hapan) välillä alku- ja loppumittauksissa ja naisten eri ryhmien välillä alku- ja loppumittauksissa. Sukupuolten välistä vertailua ei tehty. Kun vertailtiin eri ryhmien sisällä alku- ja loppumittausten tuloksia, ainoa lähes merkitsevä tulos ( $p=0,054$ ) oli miesten emäs-ryhmällä, jonka rasvaprosentti laski 7,7 % (pre 23,9 $\pm$ 7,4 %, post 22,0 $\pm$ 7,9 %). Muiden ryhmien tulokset eivät olleet merkitseviä. Kun yhdistettiin sukupuolen mukaan emäs- ja hapan-ryhmät (suurempi n/sukupuoli) ja vertailtiin alku- ja loppumittausten tuloksia, miesten rasvaprosentin lasku (6,6 %) oli merkitsevä ( $p = 0,043$ , pre 24,7 $\pm$ 6,9 %, post 23,1 $\pm$ 6,7 %), naisilla ryhmien yhdistäminen ei vaikuttanut tulosten merkitsevyyteen.

**Kokonaisrasvamassa.** Vertailtaessa miesten emäs- ja hapan-ryhmiä keskenään, ei alku- eikä lopputilanteessa havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä. Sama tilanne oli naisten ryhmien kohdalla. Vertailtaessa ryhmien sisäisiä muutoksia alku- ja loppumittausten välil-

lä, ainoastaan miesten emäs-ryhmällä saatiin jälleen lähes merkitsevä tulos ( $p=0,057$ ). Emäs-ryhmän miesten rasvamassa laski 9,3 % (pre  $20,9 \pm 8,2$  kg, post  $18,9 \pm 8,5$  kg). Muissa ryhmissä ei tapahtunut edes lähes merkitseviä muutoksia alku- ja loppumittausten välillä. Emäs- ja hapan-ryhmien yhdistämisen jälkeen (sukupuolen mukaan), miesten rasvamassan lasku (6,1 %) oli merkitsevä ( $p = 0,038$ , pre  $20,3 \pm 7,6$  kg, post  $19,1 \pm 7,3$  kg), naisilla ryhmien yhdistäminen ei vaikuttanut tulosten merkitsevyyteen.

**Rasvaton kokonaismassa.** Vertailtaessa miesten hapan- ja emäs-ryhmiä keskenään alku- ja loppumittauksissa, ryhmien tulokset poikkesivat merkitsevästi alkutilanteessa ( $p = 0,016$ ) ja lähes merkitsevästi myös lopputilanteessa ( $p = 0,069$ ) niin, että emäs-ryhmällä oli suuremmat arvot. Naisten kohdalla ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja alku- tai loppumittauksissa. Ryhmien sisäisessä vertailussa ainoa täysin merkitsevä muutos (pre vs. post) tapahtui naisten hapan-ryhmällä ( $p=0,037$ , pre  $40,9 \pm 4,8$  kg, post  $41,7 \pm 4,9$  kg), rasvaton massa kasvoi 1,8 %. Lähes merkitsevän arvon sai myös miesten hapan-ryhmä (pre vs. post) ( $p=0,063$ ), jonka rasvattoman massan kasvu oli 2 %. Emäs-ryhmissä ei miehillä eikä naisilla tapahtunut merkitseviä muutoksia (pre vs. post). Kaikkien ryhmien muutokset on esitetty kuviossa 3. Kun emäs- ja hapan-ryhmät yhdistettiin sukupuolen mukaan, naisten tulokset erosivat merkitsevästi ( $p = 0,033$ , pre vs. post) ja naisten rasvaton massa kasvoi 1,1 % (pre  $41,1 \pm 4,0$  kg, post  $41,6 \pm 3,7$  kg). Miehillä ryhmien yhdistäminen ei vaikuttanut tulosten merkitsevyyteen.



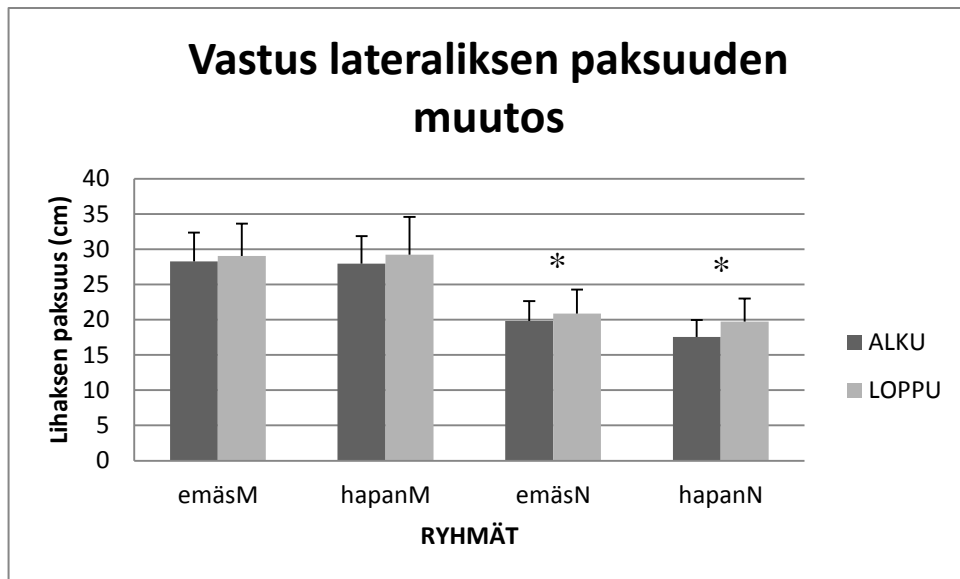
**KUVIO 3.** Ryhmien rasvattoman massan (totlean) muutokset miehillä ja naisilla. \*=  $p \leq 0,05$ . Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

**Rasvattoman kudoksen kokonaisprosentti.** Kehon rasvattoman kudoksen kokonaisprosenttiosuudessa ei havaittu merkitseviä muutoksia niin miesten tai naisten ryhmien välillä alku- tai lopputilanteessa eikä myöskään eri ryhmien tuloksissa (pre vs. post). Myöskään emäs- ja hapan-ryhmien yhdistäminen sukupuolen mukaan ei tuottanut merkitsevyyksiä miesten tai naisten ryhmään. Kehonkoostumusmuuttujat on esitetty taulukossa 7.

**TAULUKKO 7.** Kehonkoostumusarvot (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta). Jos arvon vieressä \*  $p \leq 0.05$ , niin muutos pre-post tilastollisesti merkitsevää. Jos arvon vieressä †  $p \leq 0.05$ , niin ryhmien (hapan vs. emäs) välillä tilastollisesti merkitsevää ero.

	Naiset hapan		Naiset emäs		Miehet hapan		Miehet emäs	
	ALKU N= 12	LOPPU N= 12	ALKU N= 13	LOPPU N= 13	ALKU N= 13	LOPPU N= 12	ALKU N= 11	LOPPU N= 9
<b>kokonaisras- va%</b>	33,2 $\pm 9,4$	33,8 $\pm 9,0$	31,1 $\pm 7,0$	30,4 $\pm 6,6$	25,3 $\pm 6,9^\dagger$	23,8 $\pm 5,9$	23,9 $\pm 7,4$	22,0 $\pm 7,9$
<b>Rasvamassa (kg)</b>	23,4 $\pm 9,5$	23,6 $\pm 9,2$	20,6 $\pm 6,9$	19,8 $\pm 7,0$	19,9 $\pm 7,5$	19,2 $\pm 6,8$	20,9 $\pm 8,2$	18,9 $\pm 8,5$
<b>Rasvatonmassa (kg)</b>	40,9 $\pm 4,8$	41,7 $\pm 4,9^*$	41,2 $\pm 3,4$	41,5 $\pm 2,6$	56,1 $\pm 4,9$	57,2 $\pm 5,8$	61,5 $\pm 5,6$	61,3 $\pm 5,2$
<b>Rasvatonmassa %</b>	61,0 $\pm 10,6$	62,3 $\pm 8,8$	64,7 $\pm 6,7$	65,7 $\pm 6,5$	72,9 $\pm 7,4$	72,2 $\pm 5,8$	72,4 $\pm 7,2$	73,8 $\pm 7,6$
<b>Uä: rectus fe- moris (cm)</b>	6,57 $\pm 1,05$	6,89 $\pm 1,96$	6,26 $\pm 1,22$	6,41 $\pm 1,34$	8,58 $\pm 1,41$	8,61 $\pm 1,39$	9,66 $\pm 2,17$	9,51 $\pm 2,24$
<b>Uä: vastus late- ralis (cm)</b>	17,56 $\pm 2,41$	19,73 $\pm 3,26^*$	19,83 $\pm 2,81$	20,88 $\pm 3,41^*$	27,97 $\pm 3,90$	29,24 $\pm 5,35$	28,76 $\pm 4,10$	29,03 $\pm 4,58$

**Lihaspaksuus.** Ultraäänellä mitatuissa rectus femoriksen paksuuksissa lihaspaksuuksissa ei havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä. Sen sijaan vastus lateraliksen paksuus kasvoi merkitsevästi sekä naisten hapan- (kasvu 12,4 %,  $p=0,003$ ), että naisten emäs-ryhmässä (5,3 %,  $p=0,012$ ). Lisäksi miesten hapan-ryhmällä muutos oli lähes merkitsevää (4,5 %,  $p=0,059$ ). Lihaspaksuuden arvot alussa ja lopussa on esitetty taulukossa 7 ja vastus lateraliksen paksuuden muutokset ryhmittäin lisäksi kuviossa 4.



**KUVIO 4.** Vastus lateralis -lihaksen paksuuden muutos ryhmittäin. \* =  $p \leq 0.05$ . Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

## 7.4 Luuntiheysmuuttujat ja pH

**Luun mineraalitiheys (bone mineral density=BMD).** Missään ryhmässä ei havaittu merkitseviä muutoksia BMD -arvoissa (taulukko 8). Alkumittauksissa miesten ryhmien BMD -arvot erosivat merkitsevästi ( $p = 0,014$ ) ja sama tilanne oli myös loppumittauksissa ( $p=0,002$ ). Naisten ryhmien välillä BMD -arvoissa ei ollut merkitsevää eroa alku- eikä loppumittauksissa.

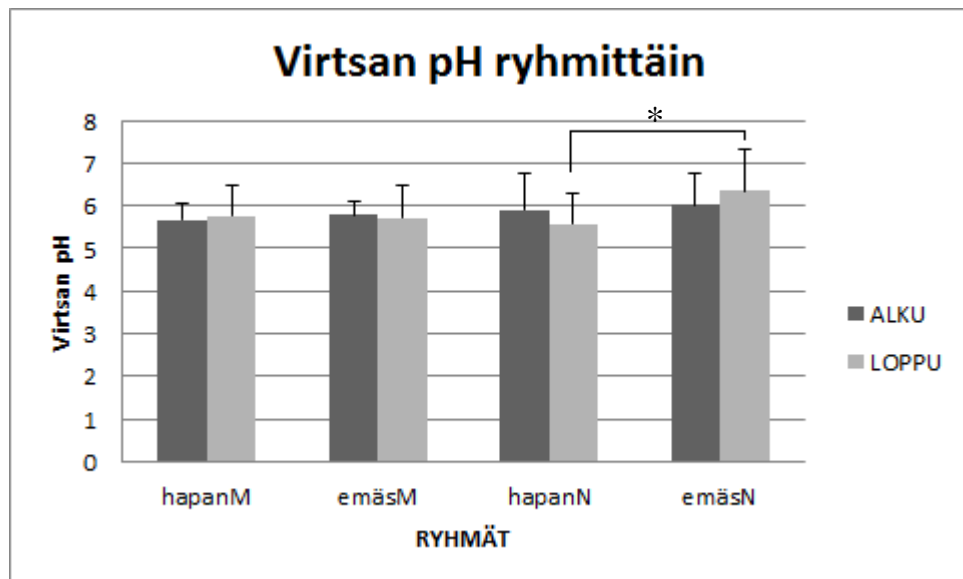
**Luunkokonaismassa (total bone mass).** Missään ryhmässä (emäs, hapan, miehet, naiset) ei havaittu merkitseviä muutoksia luunkokonaismassassa harjoittelun ja ruokavalion seurauksena.

**Virtsan lepo-pH.** Miesten hapan- ja emäs-ryhmän välisessä vertailussa ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa alku- tai lopputilanteessa. Naisten emäs- ja hapan-ryhmän ero alkutilanteessa ei ollut merkitsevä, mutta ryhmät erosivat merkitsevästi lopputilanteessa ( $p = 0,020$ ) niin, että hapan -ryhmän virtsan lepo-pH oli alhaisempi kuin emäs -ryhmän. Virtsan lepo-pH:n muutokset on esitetty taulukossa 8 ja kuviossa 5.

**Veren lepo-pH.** Veren lepo-pH -arvoissa (taulukko 8) ei havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä verrattaessa alku- ja lopputuloksia ja muutoksia.

**TAULUKKO 8.** Luuntiheysmuuttujat sekä virtsan ja veren lepo-pH (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta).†\*  $p \leq 0.05$  -ero ryhmien (hapan vs. emäs) välillä.

	Naiset hapan		Naiset emäs		Miehet hapan		Miehet emäs	
	ALKU	LOPPU	ALKU	LOPPU	ALKU	LOPPU	ALKU	LOPPU
<b>BMD</b> ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	1,229 $\pm$ 0,0950	1,223 $\pm$ 0,090	1,198 $\pm$ 0,061	1,199 $\pm$ 0,061	1,270 $\pm$ 0,0654†	1,248 $\pm$ 0,0 633†	1,356 $\pm$ 0,0555	1,354 $\pm$ 0,0567
<b>Kokonais</b> <b>luunmassa</b> (g)	2687,21 $\pm$ 520,28	2654,64 $\pm$ 515,95	2513,34 $\pm$ 256,50	2497,90 $\pm$ 251,10	3150,20 $\pm$ 382,83	3131,73 $\pm$ 353,55	3444,47 $\pm$ 283,20	3434,80 $\pm$ 253,85
<b>Veren pH</b>	7,423 $\pm$ 0,028	7,424 $\pm$ 0,026	7,422 $\pm$ 0,025	7,429 $\pm$ 0,025	7,412 $\pm$ 0,014	7,413 $\pm$ 0,017	7,417 $\pm$ 0,010	4,423 $\pm$ 0,017
<b>Virtsan pH</b>	5,896 $\pm$ 0,869	5,563 $\pm$ 0,716†	6,019 $\pm$ 0,753	6,346 $\pm$ 0,976	5,659 $\pm$ 0,407	5,750 $\pm$ 0,716	5,781 $\pm$ 0,312	5,719 $\pm$ 0,761

**KUVIO 5.** Virtsan lepo-pH:n muutokset ryhmittäin. Arvot on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta (\* $p \leq 0.05$ ).

**Korrelaatiot.** Lepo-pH -arvojen ja luuntiheysmuuttujien välisissä korrelaatioanalyysissä ei havaittu merkitseviä tuloksia virtsan pH-muutoksen ja luuntiheyksien välillä. Joitain merkitseviä tuloksia analyysistä kuitenkin löytyi. Miesten hapan-ryhmällä oli merkitsevä negatiivinen korrelaatio loppumittauksen (loppu) BMD:n ja alkumittauksen (alku) virtsan pH:n välillä ( $r = -.76$ ;  $p = 0.007$ ). Hapan-ryhmän naisilla oli sekä alun BMD:n ja virtsan pH:n sekä lopun BMD:n ja virtsan pH:n välillä merkitsevät negatiiviset korrelaatiot ( $r = -.67$ ;  $p = 0.025$  ja  $r = -.64$ ;  $p = 0.033$ ). Emäs-ryhmässä miehillä havaittiin merkitsevä negatiivinen korrelaatio alun BMD:n ja alun pH:n ( $r = -.82$ ;  $p = 0.002$ ) sekä lähes merkitsevä negatiivi-

nen korrelaatio lopun BMD:n ja alun virtsan pH:n ( $r = -.70$ ;  $p = 0.056$ ). Naisilla tässä ryhmässä merkitseviä negatiivisia korrelaatioita oli alun BMD:n ja alun virtsan pH:n ( $r = -.70$ ;  $p = 0.008$ ), lopun BMD:n ja alun virtsan pH:n ( $r = -.60$ ;  $p = 0.040$ ) välillä ja lisäksi positiivinen korrelaatio lopun BMD:n ja alun veren pH:n välillä ( $r = .61$ ;  $p = 0.034$ ).

## 8 POHDINTA

**Päätulokset.** Tutkimuksen päätuloksena oli, että happamuutta tai emäksisyyttä tuottavalla ruokavaliolla ja 12 viikon yhdistetyllä harjoittelulla saatiin jonkin verran muutoksia aikaan kehonkoostumuksessa ja virtsan lepo-pH:ssa. Naisten emäs-ryhmän virtsan lepo-pH oli merkitsevästi korkeampi kuin naisten hapan-ryhmän virtsan lepo-pH harjoittelujakson jälkeen. Vaikuttavana tekijänä tähän oli emäs -ryhmän huomattavasti suurempi kasvisten ja hedelmien määrä ruokavaliossa. Kehonkoostumuksessa muutokset kohdistuivat miehillä enemmän rasvakudokseen, kun taas naisilla muutoksia tapahtui enemmän rasvattomassa kudoksessa. Luuntiheyden ja ryhmien sisäisiin pH-muutoksiin harjoittelulla ja ruokavaliolla ei ollut merkitsevää vaikutusta. Elimistön luuntiheyden ja pH:n muutosten välillä ei havaittu merkitsevää korrelaatiota. Merkitsevistä yksittäisistä korrelaatioista suurin osa oli negatiivisia, mikä viittaisi siihen, että korkea luuntiheys ja matala pH olisivat yhteydessä.

**Ravinto.** Miesten eikä naisten eri ruokavalioryhmien välillä energiansaanneissa ei havaittu eroa missään vaiheessa tutkimusjaksoa. Myöskään hiilihydraattien saannissa ei ollut merkitseviä eroja. Sen sijaan proteiinin saannissa miesten emäs- ja hapan-ryhmän välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero. Miesten emäs-ryhmällä proteiinin saanti oli merkitsevästi alhaisempaa kuin hapan-ryhmällä harjoittelujakson puolivälissä ( $1,0 \pm 0,3$  g/kg vs.  $1,4 \pm 0,5$  g/kg). Lisäksi emäs-ryhmän proteiinin saanti oli huomattavasti alhaisempaa koko tutkimusjakson ajan verrattaessa ryhmän lähtötilanteeseen ja hapan-ryhmän proteiinin saantiin. Kuitenkin proteiinin saanti vaikutti olevan myös emäs-ryhmällä riittävää harjoittelujakson aikana (puolivälissä:  $1,0 \pm 0,3$  (g/kg) ja lopussa:  $1,1 \pm 0,2$  (g/kg)). Naisten ryhmien välillä proteiinin saanneissa ei ollut merkitseviä eroja tutkimusjakson aikana.

Rasvan saannissa miesten ryhmien välillä havaittiin samankaltaisia eroja kuin proteiinin saanneissa. Emäs-ryhmän rasvan saanti (g/kg) oli merkitsevästi alhaisempaa kuin hapan-ryhmällä harjoittelujakson puolivälissä ( $0,8 \pm 0,3$  vs.  $1,2 \pm 0,4$ ). Rasvan saanti emäs-ryhmällä oli myös harjoittelujakson lopussa alhaisempaa kuin hapan-ryhmällä, mutta ero ei ollut merkitsevä. Naisten ryhmien välillä rasvan saannissa ei ollut merkitseviä eroja. Sen sijaan kasvisten ja hedelmien saannissa oli sekä miesten että naisten ryhmien välillä merkitseviä eroja. Kummankin sukupuolen emäs-ryhmillä kasvisten ja hedelmien saanti (miehet:  $898 \pm 302$  g (keskellä) ja  $803 \pm 380$  g (lopussa), naiset:  $927 \pm 307$  g ja  $1066 \pm 634$  g) oli merkit-



sevästi suurempaa harjoittelujakson aikana verrattuna hapan-ryhmien hedelmien ja kasvis-  
 ten saantiin (miehet:  $247 \pm 250$  ja  $226 \pm 96$  g, naiset:  $209 \pm 159$  g ja  $264 \pm 273$  g). Lisäksi nais-  
 ten emäs-ryhmän kasvis- ja hedelmien saanti oli merkitsevästi suurempaa jo lähtötilan-  
 teessa verrattuna hapan-ryhmään ( $396 \pm 203$  g vs.  $249 \pm 75$  g). Sekä miesten, että naisten  
 emäs-ryhmän kasvis- ja hedelmien saanti kasvoi odotetusti harjoittelujakson aikana verrattuna ryhmi-  
 en lähtötilanteeseen. Hapan-ryhmien kasvis- ja hedelmien saannissa ei tapahtunut muu-  
 toksia harjoittelujakson aikana verrattuna ryhmien lähtötilanteisiin. Näin ollen sekä naisten  
 että miesten hapan-ryhmien hedelmien ja kasvis- ja hedelmien saanti ylitti tutkimusjaksolla suositel-  
 lun enimmäismäärän ( $120$  g/päivä). Tällä on saattanut olla merkitystä pH-arvojen muutok-  
 siin, eikä niin suuria muutoksia ehkä saatu aikaan kuin olisi ollut mahdollista jos ruokava-  
 liota olisi noudatettu tarkemmin. Hapan-ryhmien keskimääräinen kasvis- ja hedelmien  
 saanti oli noin  $200$  g ja emäs-ryhmien noin  $900$  g tutkimusjakson aikana. Tämänkaltainen  
 ero kasvis- ja hedelmien saannissa ei näyttäisi olevan riittävä aiheuttamaan eroja happo-  
 emästasapainossa (paitsi naisilla) silloin, kun proteiinin saanti pysyy samana. Ei myöskään  
 voida varmasti tietää kuinka tarkasti koehenkilöt noudattivat ruokavaliota tutkimusjakson  
 aikana ruokapäiväkirja seuranta jaksojen välillä. Aiemmissa tutkimuksissa on kuitenkin  
 saatu merkitseviä eroja ja muutoksia aikaan elimistön happo-emästasapainossa happamuut-  
 ta lisäävällä ja emäksisyyttä lisäävällä ruokavaliolla. Remer ja Manz (1995) havaitsivat, et-  
 tä ruokavaliota matala PRAL -arvo on yhteydessä korkeampaan virtsan pH:hon. Lisäksi  
 Remer ja Manz (1994) havaitsivat, että vähän proteiinia ja paljon kasviksia sekä hedelmiä  
 sisältävällä ruokavaliolla saadaan virtsan pH laskemaan merkitsevästi. Kasvis- ja hedel-  
 mien määrä oli heidän tutkimuksessaan suurempi kuin tässä tutkimuksessa ( $1610$  g vs. n.  
 $900$  g).

**DEXA -tulokset.** DEXAa voidaan pitää varsin luotettavana mittauslaitteena kehonkoostu-  
 muksen ja luuntiheyden mittaamiseen, minkä vuoksi saatuja tuloksia voidaan näin ollen pi-  
 tää luotettavina. Merkitseviä muutoksia kehonkoostumuksessa saatiin rasvaprosentissa ja  
 rasvan kokonaismäärässä miehillä, kokonaisrasvattoman massan määrässä naisten hapan-  
 ryhmässä sekä lähes merkitsevä tulos miesten hapan-ryhmässä. Vaikuttaa siis siltä, että  
 miehillä kehonkoostumusmuutoksia on ehkä helpompi saada aikaan kuin naisilla. Tähän  
 saattaa vaikuttaa harjoittelujakson pituus, joka oli melko lyhyt ( $12$  viikkoa), sillä esimer-  
 kiksi Fleck ym. (2006) havaitsivat, että lihasmassan kasvattamiseen varsinkin alaraajoissa  
 saatettaisiin tarvita jopa pidempi ajanjakso kuin  $16$  viikkoa.

***Muutokset rasvakudoksessa.*** Rasvaprosentissa ja rasvamassan määrässä ainoat lähes merkitsevät muutokset (lasku kummassakin) tapahtuivat miesten emäs-ryhmässä. Tulos on jokseenkin toisen hypoteesin vastainen, koska oletuksena oli, että rasvakudoksen osuus vähenisi kummallakin sukupuolella. Naisilla ei kuitenkaan tapahtunut edes lähes merkitseviä muutoksia. Tämä saattaa johtua esimerkiksi siitä, että naisilla rasvakudos on keskittynyt enemmän alavartaloon (lantion seudulle) ja siitä on vaikeampi päästä eroon kuin keskivartalossa sijaitsevasta rasvasta (McArdle ym. 2010, 821).

***Rasvattoman massan tulokset.*** Miesten emäs- ja hapan-ryhmien välillä havaittiin merkitsevä ero jo lähtötilanteessa rasvattoman massan suhteen hapan-ryhmällä olleen merkittävästi vähemmän rasvatonta kudosta. Ero ryhmien välillä oli myös merkitsevä harjoitusjakson lopussa. Ero ja muutos olivat kuitenkin samankaltaisia sekä alussa että lopussa. Merkittävää rasvattoman massan kasvua tapahtui vain hapan-ryhmillä niin miehillä kuin naisilla (naisten ryhmällä muutos oli merkitsevä, miesten ryhmällä lähes merkitsevä). Tässä suhteessa tulos on jokseenkin ensimmäisen hypoteesin mukainen, sillä kasvua tapahtui sekä miehillä että naisilla. Ensimmäisen hypoteesin toinen osa kuitenkin oli, että kasvu olisi suurempaa miehillä kuin naisilla, joten tässä suhteessa tulos on hypoteesin vastainen. Kummankaan sukupuolen emäs-ryhmällä ei havaittu rasvattoman kudoksen määrän merkittävää kasvua. Tämä saattaisi viitata siihen, että proteiinin saanti emäs-ryhmällä olisi ollut riittämätöntä merkittävän lihaskasvun aikaansaamisen kannalta, sillä on todettu, että voimaharjoittelun aikana proteiinien tarve kasvaa; normaalisti aikuisille suositeltu määrä on 0,8 – 0,9 g/kg päivässä ja kovan harjoittelun yhteydessä proteiinin saannin tarve kasvaa, ollen 1,2 – 1,8 g/kg (McArdle ym. 2010, 33, 40). Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että hapan-ryhmällä proteiinin saanti riitti rasvattomankudoksen kasvattamiseen. Kuitenkaan merkitseviä eroja naisten ryhmien proteiinin saanneissa ei havaittu, joten proteiinin saanti ei ehkä ollut kovin rajoittava tekijä. Lisäksi emä -ryhmissä proteiinin saanti kuitenkin vaikutti olevan siinä suhteessa riittävää, että rasvattoman kudoksen määrässä ei myöskään tapahtunut merkittävää laskua, sillä sekä miesten että naisten emäs-ryhmissä rasvattoman massan määrä pysyi suunnilleen samana ennen ja jälkeen harjoittelun. Energian ja ravintoaineiden saantitaulukoista kuitenkin nähdään, että proteiinin saannin sijaan rajoittava tekijä saattoi olla kokonaisenergiansaanti, joka esimerkiksi miesten emäs-ryhmällä jäi tutkimusjakson keskellä ja lopussa alle 2000 kcal. Keskimääräinen kokonaisenergiatarve naisille on noin 2000 kcal/päivä ja miehille noin 3000 kcal/päivä (McArdle ym. 2010, 83).

**Ultraääni.** Ultraäänimittauksissa rectus femoriksen paksuudessa ei havaittu missään ryhmässä merkitseviä tuloksia, mutta vastus lateraliksen paksuus kasvoi merkitsevästi tai lähes merkitsevästi kaikissa muissa paitsi miesten emäs-ryhmässä. Miesten emäs-ryhmällä proteiinin saanti ei ehkä ollut riittävää, mistä johtuen merkitseviä muutoksia (kasvua) lihaspaksuudessa ei tapahtunut. Energian ja ravintoaineiden saannin taulukosta huomataan, että proteiinin saanti oli miesten emäs-ryhmällä hieman alhaisempaa kuin miesten hapanryhmällä, mutta tässäkin kokonaisenergian saannilla saattaa olla suurempi vaikutus. Miellenkiintoista on se, että kummassakin naisten ryhmässä vastus lateraliksen kasvu oli tilastollisesti merkitsevää. Olisi voinut ehkä olettaa, että merkittävää kasvua tapahtuisi lähinnä miesten ryhmässä. Tähän saattoi vaikuttaa se, että vaikka miehellä lihaskasvua tapahtuu yleensä helpommin korkeamman testosteronin tason vuoksi, oli miesten lihassassa jo lähtötilanteessa suurempi, joten harjoittelun intensiteetti ei ehkä riittänyt miehillä saamaan aikaan merkittävää lihaskasvua. Naisille harjoittelun intensiteetti ilmeisesti oli riittävän suuri, jotta lihaskasvua tapahtui.

**Luun mineraalitiheyden muuttujat.** Luun mineraalitiheyden muuttujissa (BMD ja luun kokonaisuudessa) ei havaittu merkitseviä muutoksia missään ryhmässä ja tämä tulos oli kolmannen hypoteesin vastainen. BMD -arvoissa oli kuitenkin ryhmien välisiä merkitseviä eroja, sillä miesten emäs- ja hapan-ryhmä erosivat merkitsevästi sekä alku- että lopputilanteessa hapanryhmällä ollen merkitsevästi alhaisemmat BMD -arvot kuin emäsryhmällä. Tämä on saattanut jossain määrin vaikuttaa tuloksiin ja saattaa selittää havaitut negatiiviset korrelaatiot yksittäisten luun mineraalitiheyden arvojen ja pH-arvojen välillä. Tästä huolimatta merkittäviä kasvuja tai laskuja luuntiheyden arvoissa ei tapahtunut, mikä viittaa ehkä siihen, että harjoittelun tuottama iskukuormitus ei ollut riittävää, jotta vaikutuksia luiden massaan tai tiheyteen olisi saatu aikaiseksi näin lyhyellä 12 viikon aikajaksolla. Kestävysharjoittelu tehtiin pyöräillen, jolloin luihin kohdistuva iskukuormitus jää varsin vähäiseksi. Lihaskuntoharjoittelussa oli joitakin liikkeitä, joissa iskukuormitusta saatiin kohtalaisesti aikaiseksi (esimerkiksi jalkaprässi), mutta ilmeisesti tämä ei ollut riittävä stimulus. Esimerkiksi Stengel ym. (2009) havaitsivat tutkimuksessaan, että nopeammin suoritettu (teho) voimaharjoittelu on tehokkaampaa luuntiheyden säilyttämiseen (vanhemmilla henkilöillä) kuin hitaasti suoritettu voimaharjoittelu. Myös Maddalozzo ja Snow (2000) toteavat, että varsinkin iäkkäämmille ihmisille harjoittelun intensiteetillä on suuri vaikutus, jos halutaan saada muutoksia aikaan luuntiheydessä. Vainionpään ym. (2005) mukaan myös nuoremmilla henkilöillä harjoittelun intensiteetti on suuressa osassa. Heidän tutkimuksessaan

harjoitusohjelma sisälsi paljon luita kuormittavia liikkeitä, kuten hyppyjä, askellusta ja juoksua ja suuremmalla intensiteetillä tehty harjoittelu oli yhteydessä positiivisiin BMD muutoksiin.

**Lepo-pH- arvot.** Lepo-pH -arvoissa, niin veri kuin virtsa, ei myöskään tapahtunut merkitseviä muutoksia millään ryhmällä verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Sen sijaan naisten emäs-ryhmällä virtsan pH oli merkitsevästi korkeampi loppumittauksissa verrattuna hapanryhmään. Näin ollen hapan-ryhmän virtsa oli happamampaa kuin emäs-ryhmän. Tämä viittaa siihen, että kasvispainotteisella ruokavaliolla saatiin muutosta aikaan elimistön happo-emästasapainossa. Tämä tukee aikaisempia kasvispainotteisella ruokavaliolla saatuja tuloksia. Esimerkiksi Welch ym. (2008) havaitsivat tutkimuksessaan, että matalamman PRAL -arvon ruokavalio, joka sisälsi paljon kasviksia ja hedelmiä ja vähemmän lihaa oli yhteydessä emäksisempään virtsan pH:hon. Naisten emäs-ryhmän virtsan pH oli kasvanut, eli virtsa oli emäksisempää lopussa kuin alussa, vaikka ero ei ollut merkitsevä. Veren pH:n muuttumattomuus ei sinänsä ollut yllätys, sillä elimistö säätelee veren pH:ta erittäin tarkasti ja pyrkii pitämään sen normaaliarvojen rajoissa (pH noin 7,4) kaikissa tilanteissa (McArdle ym. 2010, 300).

**Korrelaatiot.** Yksittäisiä merkitseviä korrelaatioita tarkasteltaessa negatiivisia korrelaatioita oli joka ryhmässä vaihtelevasti alun tai lopun BMD -arvon ja alun tai lopun virtsan pH -arvon välillä. Ainut positiivinen korrelaatio oli naisten emäs-ryhmällä lopun BMD:n ja alun veren pH:n välillä. Koska suurin osa korrelaatioista oli negatiivisia, viittaisi tämä siihen, että korkeampi BMD olisi yhteydessä matalampaan pH:hon. Tämä on ristiriidassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa (esimerkiksi New ym. 2004 ja Welch ym. 2007). Näistä yksittäisten arvojen korrelaatioista on vaikea tehdä luotettavia johtopäätöksiä, sillä missään ryhmässä ei pH-muuttujissa tai BMD -arvoissa havaittu mitään merkitseviä muutoksia.

**Johtopäätökset.** Tämän tutkimuksen perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset.

1. 12 viikon yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla saadaan aikaan muutoksia kehonkoostumuksessa ja nämä muutokset ovat osittain riippuvaisia sukupuolesta. Miehillä muutoksia tapahtuu enemmän rasvakudoksessa ja naisilla rasvattomassa kudoksessa.
2. 12 viikon yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla ei ole merkitsevää vaikutusta luun mineraalitiheyteen.
3. Kasvis- ja hedelmäpainotteinen ja normaalin proteiinimäärän sisältämä ruokavalio yhdistetyn 12 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun yhteydessä ei muuta veren pH:ta. Naisilla virtsan pH oli emäksisempi emäs-ryhmässä kuin hapan-ryhmässä harjoittelujakson jälkeen, jolla voi olla positiivisia vaikutuksia elimistössä pitemmällä ajanjaksolla.
4. Luun mineraalitiheyden ja pH-muutosten välillä ei näyttäisi olevan merkittävää riippuvuutta 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta.

## LÄHTEET

- Alexy, U., Kersting, M. & Remer, T. 2007. Potential renal acid load in the diet of children and adolescents: impact of food groups, age and time trends. *Public Health Nutrition*, 11 (3), 300–306.
- Dantas E.H.M., Viana M.V., Cader S.A., Filho J.F. & Perez J.A. 2008. Effects of a programme for years enderers physical force on the muscle and body composition of adults. *Sport Sciences for Health*. 4: 15–19.
- Donnelly J.E., Hill J.O., Jacobsen J.D., Potteiger J., Sullivan D.K., Johnson S.L., Heelan K., Hise M., Fennesey P.V., Sonko B., Sharp T., Jakicic J.M., Blair S.N., Tran Z.V., Mayo M., Gibson C. & Washburn R.A. 2003. Effects of a 16-Month Randomized Controlled Exercise Trial on Body Weight and Composition in Young, Overweight Men and Women. The Midwest Exercise Trial. *Archives of International Medicine*. 163: 1343–1350.
- Duz S., Kocak M. & Korkusuz F. 2009. Evaluation of body composition using three different methods compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Sport Science*. 9: 181–190.
- Eliakim A., Makowski G.S., Brasel J.A. & Cooper D. M. 2000. Adiposity, Lipid Levels, and Brief Endurance Training in Nonobese Adolescent Males. *International Journal of Sports Medicine*. 21: 332–337.
- Enoka R.M. 2000. Neuromechanics of human movement. 3. painos. *Human Kinetics*.
- Ferreira F.C., de Medeiros A.I., Nicioli C., Nunes J.E.D., Shiguemoto G.E., Prestes J., Verzola R.M.M., Baldissera V. & de Andrade Perez S.E. 2009. Circuit resistance training in sedentary women: body composition and serum cytokine levels. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 35: 163–171.
- Fleck S.J., Mattie C. & Martensen H.C. III. 2006. Effect of resistance and aerobic training on regional body composition in previously recreationally trained middle-aged women. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 31: 261–270.
- Ghahramanloo E., Midgley A.W. & Bentley D.J. 2009. The Effect of Concurrent Training on Blood Lipid Profile and Anthropometrical Characteristics of Previously Untrained Men. *Journal of Physical Activity and Health*. 6: 760–766.

- Guadalupe-Grau A., Perez-Gomez J., Olmedillas H., Chavarren J., Dorado C., Santana A., Serrano-Sanchez J.A. & Calbet J.A. 2009. Strength training combined with plyometric jumps in adults: Sex differences in fat-bone axis adaptations. *Journal of Applied Physiology*. 106: 1100–1111.
- Hu M., Finni T., Sedliak M., Zhou W., Alen M. & Cheng S. 2008. Seasonal Variation of Red Blood Cell Variables in Physically Inactive Men: Effects of Strength Training. *International Journal of Sports Medicine*. 29: 564–568.
- Huuskonen J., Väisänen S.B., Kröger H., Jurvelin J.S., Alhava E. & Rauramaa R. 2001. Regular physical exercise and bone mineral density: A four year controlled randomized trial in middle aged men. The DNSCO study. *Osteoporosis international*. 12(5): 349–355.
- Kemmler W.K., Lauber D., Engelke K. & Weineck J. 2004. Effects of single- vs. multiple-sets resistance training on maximum strength and body composition in trained postmenopausal women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18(4): 689–694.
- Kostić R., Đurašković R., Miletić D. & Mikalački M. 2006. Changes in the cardiovascular fitness and body composition of women under the influence of the aerobic dance. *FACTA UNIVERSITATIS; Series: Physical Education and Sport*. 4(1): 59–71.
- LeMura L.M., von Duvillard S.P., Andreacci J., Klebez J.M., Chelland S.A. & Russo J. 2000. Lipid and lipoprotein profiles, cardiovascular fitness, body composition, and diet during and after resistance, aerobic, and combination training in young women. *European Journal of Applied Physiology*. 82(5 – 6): 451–458.
- Macdonald H.M., New S.A., Fraser W.D., Campbell M.K. & Reid D.M. 2005. Low dietary potassium intakes and high dietary estimates of net endogenous acid production are associated with low bone mineral density in premenopausal women and increased markers of bone resorption in postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81: 923–33.
- Maddalozzo G.F. & Snow C.M. 2000. High Intensity Resistance Training: Effects on Bone in Older Men and Women. *Calcified Tissue International*. 66: 399–404.
- McArdle W.D., Katch F.I. & Katch V.L. 2010. Exercise physiology. Nutrition, energy and human performance. 7.painos. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- Morel J., Combe B., Francisco J. & Bernard J. 2001. Bone mineral density of 704 amateur sportsmen involved in different physical activities. *Osteoporosis international*. 12(2): 152–157.

- Mougios V., Kazaki M., Christoulas K., Ziogas G. & Petridou A. 2006. Does the Intensity of an Exercise Programme Modulate Body Composition Changes? *International Journal of Sports Medicine*. 27: 178–181.
- New S.A., Robins S.P., Campbell M.K., Martin J.C., Garton M.J., Bolton-Smith C., Grubb D.A., Lee S.J. & Reid D.M. 2000. Dietary influences on bone mass and bone metabolism: further evidence of a positive link between fruit and vegetable consumption and bone health? *American Journal of Clinical Nutrition*. 71: 142–51.
- New S.A., MacDonald H.M., Campbell M.K., Martin J.C., Garton M.J., Robins S.P. & Reid D.M. 2004. Lower estimates of net endogenous noncarbonic acid production are positively associated with indexes of bone health in premenopausal and perimenopausal women 1–4. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79: 131–8.
- Platen P., Chae E-H., Antz R., Lehmann R., Kühlmorgen J. & Allolio B. 2001. Bone Mineral Density in Top Level Male Athletes of Different Sports. *European Journal of Sport Science*. 1(5): 1–15.
- Prabhakaran B., Dowling E.A., Branch J.D., Swain D.P. & Leutholtz B.C. 1999. Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. *British Journal of Sports Medicine*. 33: 190–195.
- Remer T. & Manz F. 1994. Estimation of the renal net acid excretion by adults consuming diets containing variable amounts of protein. *American Journal of Clinical Nutrition*. 59: 1356–1361.
- Remer T. & Manz F. 1995. Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. *Journal of the American Dietetic Association*. 95: 791–797.
- Saremi A., Asghari M. & Ghorbani A. 2010. Effects of aerobic training in serum omentin-1 and cardiometabolic risk factors in overweight and obese men. *Journal of sports sciences*. 28(9): 993–998.
- Seo D-II., Jun T-W., Park K-S., Chang H., So W-Y. & Song W. 2010. 12 weeks of combined exercise is better than aerobic for increasing growth hormone in middle-aged women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 20: 21–26.
- Shaw B.S., Shaw I. & Brown G.A. 2009. Effect of resistance training on total, central and abdominal adiposity. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 31(2): 97–108.



- Sillanpää E., Häkkinen A., Punnonen K., Häkkinen K. & Laaksonen D.E. 2009. Effects of strength and endurance training on metabolic risk factors in healthy 40–65-year-old men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 19: 885–895.
- Slentz C.A., Duscha B.D., Johnson J.L., Ketchum K., Aiken L.B., Samsa G.P., Houmard J.A., Bales C.W. & Kraus W.E. 2004. Effects of the Amount of Exercise on Body Weight, Body Composition, and Measures of Central Obesity. *Archives of International Medicine*. 164: 31–39.
- Stengel S.V., Kemmler W., Pintag R., Beeskow C., Weineck J., Lauber D., Kalender W.A. & Engelke K. 2005. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*. 99: 181–188.
- Tucker K.L., Hannan M.T. & Kiel D.P. 2001. The acid-base hypothesis: diet and bone in the Framingham Osteoporosis Study. *European Journal of Nutrition*. 40(5): 231–237.
- Vainionpää A., Korpela R., Vihriälä E., Rinta-Paavola A., Leppäluoto J. & Jämsä T. 2006. Intensity of exercise is associated with bone density change in premenopausal women. *Osteoporos International*. 17: 455–463.
- Welch A.A., Bingham S.A., Reeve J. & and Khaw K. 2007. More acidic dietary acid-base load is associated with reduced calcaneal broadband ultrasound attenuation in women but not in men: results from the EPIC-Norfolk cohort study<sup>1–3</sup>. *American Journal of Clinical Nutrition*. 85: 1134–41.
- Welch A.A., Mulling A., Bingham S.A. & Kwan K. 2008. Urine pH is an indicator of dietary acid–base load, fruit and vegetables and meat intakes: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Norfolk population study. *British Journal of Nutrition*. 99: 1335–1343.
- Wooten J.S., Phillips M.D., Mitchell J.B., Patrizi R., Pleasant R.N., Hein R.M., Menzies R.D. & Barbee J.J. 2011. Resistance Exercise and Lipoproteins in Postmenopausal Women. *International Journal of Sports Medicine*. 32: 7–13.

