

**MAGNEETTIKUVAUS, ULTRAÄÄNI JA IHOPOIMUMITTA-  
US IHONALAISEN RASVAKUDOKSEN MITTAREINA**

**Liisa Kiviluoto**

Kandidaatin tutkielma

Kevät 2007

VTE.A006

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Heikki Kyröläinen

## TIIVISTELMÄ

Kehon koostumuksen mittaamenetelmät jaetaan kenttä- ja laboratoriomenetelmiin. Laboratoriomenetelmiä ovat vedenalaispunnitus, kaksiennergisen röntgensäteen absorptiometria (DXA), magneettikuvaus ja ultraääni, ja kenttämenetelmiä ovat esimerkiksi ihopoimumittaus, biosähköinen impedanssi, antropometria ja infrapunasäde. Laboratoriomenetelmät ovat yleensä tarkempia, kalliimpia ja vaativat erikoisolosuhteet toisin kuin kenttämenetelmät. Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla magneettikuvaa, ultraääntä ja ihopoimumittausta ihonalaisen rasvakerroksen mittarina ulomman reisilihaksen kohdalta (m. vastus lateralis) 19-35-vuotiailla kuntosaliharjoittelemattomilla miehillä.

Koehenkilöiltä mitattiin paino ja pituus, josta laskettiin painoindeksi. Heidän rasvaprosentti laskettiin neljän ihopoimun mittausta käyttäen. Magneettikuvalla ja ultraäänellä määritettiin ihonalaisen rasvakerroksen paksuus oikean jalan ulomman reisilihaksen yhdestä kohdasta. Samasta kohtaa mitattiin ihopoimu pihtimittauksella, jonka suoritti sama mittaushenkilö.

Tutkimus osoitti magneettikuvalla sekä ultraäänellä mitattujen ihonalaisten rasvakerrosten ja ihopoimun korreloivan keskenään tilastollisesti erittäin merkittävästi (MRI ja UÄ  $P < 0.001$ ,  $r = 0.886$ ; MRI ja ihopoimu  $P < 0.001$ ,  $r = 0.916$ ; UÄ ja ihopoimu  $P < 0.001$ ,  $r = 0.887$ ). Tutkimuksessa havaittiin myös painoindeksin ja neljästä ihopoimusta lasketun rasvaprosentin korreloivan tilastollisesti merkittävästi keskenään ( $P < 0.001$ ,  $r = 0.594$ ). Tutkimus osoitti ihopoimumittauksen olevan hyvä kenttämittaus vaihtoehto magneettikuvalle ja ultraäänelle. Ultraäänimittaus osoittautui hyväksi vaihtoehdoksi magneettikuvaukselle arvioitaessa ihonalaisen rasvakerroksen paksuutta ulomman reisilihaksen kohdalta. Painoindeksi osoittautui käytettäväksi kehon koostumuksen arviointimenetelmäksi. Haluttaessa tarkempaa tietoa kehonkoostumukselta, rasvaprosentti antaa yksityiskohtaisempaa tietoa lihaksien ja rasvan osuuksien jakautumisesta kehossa.

Avainsanat: kehon koostumus, ultraääni, magneettikuvaus, ihopoimumittaus

## SISÄLTÖ:

### TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	4
2 KEHON KOOSTUMUKSEN ARVIOINTI LABORATORIOMENTELMILLÄ....	5
2.1 Kaksienergisien röntgensäteiden absorptiometria (DXA).....	5
2.2 Vedenalaispunnitus.....	5
2.3 Magneettikuvaus.....	6
2.4 Ultraääni.....	7
3 KEHONKOOSTUMUKSEN ARVIOINTI KENTTÄMENETELMILLÄ.....	8
3.1 Antropometria.....	9
3.2 Ihopoimiumittaus.....	9
3.3 Biosähköinen impedanssi.....	10
3.4 Infrapunasäde.....	12
4 MENETELMIEN TOISTETTAVUUS JA VALIDITEETTI.....	13
4.1 Kaksienergisien röntgensäteiden absorptiometria (DXA).....	13
4.2 Vedenalaispunnitus.....	13
4.3 Magneettikuvaus.....	14
4.4 Ultraääni.....	14
4.5 Ihopoimiumittaus.....	15
4.6 Biosähköinen impedanssi ja infrapunasäde.....	15
4.7 Antropometria.....	16
5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT.....	18
6 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	19
6.1 Koehenkilöt.....	19
6.2 Mittausmenetelmät.....	19
6.3 Tilastollinen analyysi.....	21

7 TULOKSET.....22

8 POHDINTA.....25

LÄHTEET

# 1 JOHDANTO

Keho sisältää rasvaa, proteiineja, vettä, varastoituneita hiilihydraatteja ja tämän lisäksi luuston ja muun elimistön kivennäisaineita. Kehon koostumusta ei voida suoraan mitata eläviltä ihmisiltä ja eläimiltä ja tämän vuoksi on kehitetty erilaisia kehon koostumuksen arviointimenetelmiä. Mitattaessa kehon koostumusta valitaan yksi tai useampi kehon ominaisuus, jota tarkistellaan esimerkkinä tilavuus tai ihonalaisen rasvakerroksen paksuus. Valituista ominaisuuksista voidaan laskea kehon koostumus matemaattisesti. (Fogelholm 2004, 47.)

Kehonkoostumusta arvioitaessa tärkeimpiä arviointikohteita on kehon rasvaprosentti. Rasvaprosenttisuositukset on tehty erikseen sekä miehille että naisille. Välttämätön rasva muodostuu rasvasta, joka on sijoittunut sydämeen, keuhkoihin, maksaan, pernaan, munuaisiin, suoliin, lihaksiin, keskushermoston ja luuytimen rasvakudoksiin. Tätä rasvaa ihminen tarvitsee normaaleihin fysiologisiin toimintoihin. Miehille välttämättömän rasvan osuus on noin 3% ja naisille noin 12%. (McArdle ym. 2006, 783.)

Kehonkoostumuksen arviointimenetelmissä käytetään laboratoriomenetelmiä, esimerkiksi vedenalaispunnitus, kaksiennergisen röntgensäteiden absorptiometriä (DXA), magneettikuvaus ja ultraääni, ja kenttämenetelmiä, esimerkiksi ihopoimiumittaus, biosähköinen impedanssi ja infrapunasäde. Laboratoriomenetelmissä yhden tai useamman mitatun ominaisuuden ja kehon eri osuuksien yhteyttä selittävät ihmiskehon fysikaalis-kemiallisiin ominaisuuksiin perustuvat yhtälöt. Laboratoriomenetelmien heikkoutena on niiden kalleus. Kenttämenetelmät perustuvat ennusteyhtälöihin, joiden avulla mitatut ominaisuudet muutetaan kehon koostumukseksi. Ennusteyhtälöt ovat muodostettu mitaamalla suuri määrä populaatiota jollakin laboratoriomenetelmällä, joka on yleisimmin vedenalaispunnitus, ja tutkittavalla kenttämenetelmällä. (Fogelholm 2004, 47-48.)

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla ultraääntä, magneettikuvaa ja reisipoimua ihonalaisen rasvakudoksen arvioijana ulomman reisilihaksen kohdalta (m. vastus lateralis). Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin painoindeksin ja rasvaprosentin yhteyttä.

## 2 KEHONKOOSTUMUKSEN ARVIOINTI LABORATORIO-MENETELMILLÄ

### 2.1 Kaksienergisen röntgensäteen absorptiometria (DXA)

Kaksienergisen röntgensäteen absorptiolla (DXA) voidaan arvioida alueellista luun mineraalipitoisuutta, luun mineraalitiheyttä ja pehmeän kudoksen koostumusta koko kehosta. DXAn idea on kaksienergisisessä röntgensäteessä. DXA mittauksessa kaksi erillään olevaa matalaenergistä röntgensädettä lävistävät luu- ja pehmeäkudoksen alueet noin 30 cm syvyydeltä. Mittauksessa koehenkilö makaa rentona selällään, kun laite kuvaa koko kehon noin 12 minuutin aikana. (McArdle 2006, 805; Willmore & Costill 2002, 453-454.)

DXA perustuu absorptioon eksponentiaaliseen heikentymiseen kehon kudoksissa. Heikentyminen ( $I/I_0$ ) on riippuvainen heikentymiskertoimesta ( $\mu$ ) ja kudoksen alueellisesta tiheydestä ( $M$ , g/cm<sup>2</sup>):

$$I/I_0 = (\exp(-\mu \times M))$$

Pisteistä (pixel), DXA määrittää luun alueellisen tiheyden ( $M_{\text{luu}}$ ) ja pehmeäkudoksen massan ( $M_{\text{pehmeäkudos}}$ ) käyttämällä kahta eri energiaa. Luun mineraalitiheys saadaan keskiarvoistamalla  $M_{\text{luu}}$  kaikista pisteistä ja luun mineraalipitoisuus saadaan kertomalla luun mineraalitiheys tutkittavan alueen alalla. Pisteistä, jossa ei ole luuta, DXA mittaa suoraan rasvan ja tukikudoksen prosentuaalisen määrän ( $M_{\text{luu}}=0$ ). (Genton ym. 2002.)

### 2.2 Vedenalaispunnitus

Vedenalaispunnitus on yleisimmin käytetty kehon tiheysmittari. Menetelmä perustuu Arkhimedeen lakiin. Arkhimedeen lain mukaan nesteeseen upotettu esine kevenee yhtä paljon kuin sen syrjäyttämän nestemäärän paino. Noste, joka aiheutuu syrjäytyneestä nestemäärästä, keventää nesteeseen upotetun esineen. Tilavuuden saamiseksi henkilö tulee punnita sekä maalla että vedessä ja lisäksi huomioidaan nosteeseen vaikuttavia muita tekijöitä, kuten veden tiheys keuhkoissa ja suolistossa punnitushetkellä oleva il-

määrä ja punnittavan henkilön eri kudosten tiheydet. Kehon suhteellinen koostumus saadaan henkilön keskimääräisen tiheyden avulla, mikä lasketaan massan ja tilavuuden perusteella. Kehon tiheyttä voidaan määrittää myös sovelluksella vedenalaispunnituksesta, joka perustuu ilman syrjäytymiseen. Mittauksessa huomioidaan keuhkojen jännösilmatilavuus. (Fogelholm 2004, 48.)

Kehon rasvan suhteellista osuutta kehon tiheydestä määriteltäessä käytetään useimmiten Sirin kaavaa:

$$\text{rasvaprosentti} = (495 \div D_{\text{keho}}) - 450$$

Kaava olettaa kaksikomponentista mallia kehonkoostumuksesta; tiheydet rasvakudokselle  $0.90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  ja rasvattomalle kudokselle  $1,10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  lämpötilan ollessa 37 astetta. Rasvattoman kudoksen ja rasvakudoksen tiheyksien oletetaan olevan vakio yksilöillä (Mc Ardle ym. 2006, 790). Rasvattoman massan tiheyteen vaikuttavat ikä, sukupuoli ja rotu. Laskukaavoja on kehitetty myös eri roduille esim. tummaihoisille Schutten kaava. (Willmore & Costill 2002, 451-452, Nindl ym. 1998.)

### 2.3 Magneettikuvaus

Magneettikuvauksessa (MRI) vahva magneettikenttä kiihdyttää kehon veden ja lipidi-molekyylien vety-ytimiä. Menetelmässä mitataan vety-ytimien magneettikentässä hiukkasten lähettämää radiotaajuista signaalia. Ydin heijastaa havaittavan signaalin joka voidaan tietokoneohjelman avulla havaita visuaalisesti erilaisena eri kehon kudoksissa. Signaalin taajuus on verrannollinen vaikuttavan magneettikentän voimakkuuteen. Magneettikuvauksessa ei siis käytetä ionisoivaa säteilyä, kuten tietokonetomografiassa. (McArdle ym. 2006, 802; Fuller ym. 1994.)

MRI voi määrittää koko ja ihonalaisen rasvakudoksen määrän ja näin arvioida yksilöllistä kehon lihavuutta. Kun magneettikuvaus yhdistetään massa-analyysiin, voidaan seurata muutoksia lihaskoossa ja rasvakudoksen määrässä voimaharjoittelun seurauksena, muutoksia lihasvolyymissä harjoittelun ja harjoittelemattomuuden seurauksena ja eri kasvun ja ikääntymisen vaiheissa. Magneettikuvan avulla pystytään määrittämään rasvakudoksen, lihaksen ja luun poikkipinta-ala (Nigg & Herzog 1994, 355). Magneettiku-

vausta käytetään hyväksi diagnooseissa melkein jokaisella lääketieteen saralla. (McArdle ym. 2006, 802-805.)

## 2.4 Ultraääni

Ultraääni (UÄ) on atomien mekaanista aaltoliikettä, jonka taajuusalue on yli ihmisen kuuloalueen. Ultraääni tarvitsee väliaineen edetäkseen ja se etenee hyvin nesteissä ja monissa kiinteissä aineissa. Metodissa elektroninen energia muuttuu korkea frekvenssiksi ääniaalloiksi, joka menee ihon pinnan läpi sen alapuolisiin kudoksiin. Ääniaallot läpäisevät rasvakudoksen ja tunkeutuvat aina lihaskerroksiin asti. Tämän jälkeen rasvalihaspintojen heijastus muodostaa kaiun takaisin anturiin. Se pystyy erottamaan selkeästi eri kudokset toisistaan. Menetelmää voidaan käyttää lihaksen ja rasvakudoksen poikkipinta-alojen määrittämiseen. (McArdle ym. 2006, 799-800, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ultra%C3%A4%C3%A4ni>.)

UÄ on helppo, ei sisällä ionisoivaa säteilyä, menetelmä lihaksen kuvaamiseen ja sitä on käytetty 1980-luvun alusta lähtien hermolihas sairauksien havaitsemiseen (Pillen ym. 2006). Menetelmää voidaan käyttää rasvakerroksen ja lihaksen paksuuden ja ravitsemuksellisen tilan seuranta tutkimuksissa painoa pudotettaessa tai painon muutoksen seurannassa. Menetelmä soveltuu hyvin käytettynä myös lihavilla ihmisillä. Heijastuneista ääniaalloista saaduista kuvista voidaan suoraan arvioida ala, läpimitta ja tilavuus. (McArdle ym. 2006, 799-800.)

Ultraäänellä on merkittävä rooli kliinisessä tutkimuksessa arvioitaessa kudosten kasvua ja kehitystä. Tämän kaltaisia tutkimuksia ovat sikiön kehittymisen, sydämen ja muiden elinten toiminnan ja rakenteen selvittämisessä. (McArdle ym. 2006, 800.)



## 3 KEHON KOOSTUMUKSEN ARVIOINTI KENTTÄMENE- TELMILLÄ

### 3.1 Antropometria

Lihakset, rasva ja luusto ovat kehon peruskomponentit. Mitattaessa kehonkoostumusta pyritään arvioimaan näiden massaa ja suhteellista osuutta. Kehon koko määritellään yleensä lyhyt tai pitkä, isoksi tai pieneksi, raskaaksi tai kevyeksi (Willmore & Costill 2002, 449). Kehonkoostumukseen vaikuttaa merkittävästi sukupuoli, joten naisten ja miesten testitulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Lasten ja nuorten tulokset eivät ole vertailukelpoisia aikuisten tuloksien kanssa. (Fogelholm 2004, 47-48.)

Kehon painoindeksiä käytetään yleisesti arvioimaan, onko henkilöllä liikaa tai liian vähän painoa. Painoindeksissä paino kilogrammoina jaetaan pituuden neliöllä metreinä. Alipainon rajana pidetään pienempää painoindeksiä kuin 18.5 ja normaalipainon painoindeksialue on 18.5-24.9 (Taulukko 1). Painoindeksi ei erottele rasvan ja lihaksen määrää. (Fogelholm 2004, 46.)

TAULUKKO 1. Painoindeksin viitealueet (Fogelholm 2004, 45).

BMI	Selite
< 18,5	Paino ihannetta pienempi. Sairastuvuusriski suurentunut.
18,5 - 24,9	Normaalipaino. Laihduttamiseen ei mitään terveydellistä syytä
25,0- 29,9	Lievä lihavuus. Sairastumisriski on hieman suurentunut.
30,0 -34,9	Merkittävä lihavuus. Sairastuvuusriski selvästi suurentunut myös kuolleisuus riski
35,0-39,9	Vaikea lihavuus . Riskit edellistä suuremmat
≥40	Sairaalloinen lihavuus. Laihtuminen erittäin hyödyllinen terveydelle

Kehon koostumusta arvioitaessa on tärkeää mihin rasva on sijoittunut. Vatsan seudun sisäosiin sisäelinten ympärille kertyvää rasvaa pidetään huonompana, kuin muualle ke-

hoon sijoittunutta rasvaa. Sisäelinten ympärille kertynyt ylimääräinen rasva on terveysriski. Vyötärön ympärysmittaus mitataan alimman kylkiluun ja suoliluun puolesta välistä. Normaaliarvoina pidetään naisille alle 80cm ja miehille alle 90cm. Viitearvoja korkeammat tulokset viittaavat terveysriskiin. Antropometrisissa mittauksissa käytetään ympärysmittauskohtina lantion ja vatsan ympärysmittojen lisäksi mm. hauislihasta, käsivartta, säärtä ja reittä. Ympärysmittoja käytetään yleensä ihopoimuumittausten kanssa, joiden avulla voidaan arvioida kehon tiheyttä ja rasvaprosenttia. (McArdle 2006, 796; Fogelholm 2004, 46-47.)

Vyötärö-lantio suhdetta on käytetty omenalihavuuden ja päärynälihavuuden arvioinnissa. Vyötärö-lantio suhde lasketaan vyötärön ympärysmittaus jaettuna lantion ympärysmittaus. Normaaliarvoina naisille pidetään alle 0,8 ja miehille alle 0,9. Vyötärön ympärysmittaus pidetään tehokkaampana menetelmänä ylimääräisen rasvan arvioinnissa kuin vyötärö-lantio suhdetta. (Fogelholm 2004, 46-47.)

### 3.2 Ihopoimuumittaus

Ihopoimumenetelmässä ihonalaisen rasvakerroksen paksuuden oletetaan olevan suorassa suhteessa kehon kokonaisrasvapitoisuuteen. Menetelmät eroavat toisistaan ihopoimujen paikan ja lukumäärän perusteella esim. 2,3,4 ja 7 pisteen ihopoimuumittaus (Taulukko 2). Elberg ym. (2004) mittasivat 11-13-vuotiailta lapsilta ihopoimun ojentajasta ja laskivat rasvaprosentin Dezenbergin kaavalla. Mittauspaikkoja ovat lavanalus, hauis, ojentaja, suoliluunkärki, suoliluunharju, vatsa, etureisi, pohje, rinta ja kainalo (Australian Sport Commission 2000, 76). Jokaisessa tekniikassa mitataan ihopoimujen paksuudet ja lasketaan niiden summa. Mittaus tapahtuu mittaus pihdeillä, joita on erilaisia, esim. Harpendenin ja Langen mittari (McArdle ym. 2006, 794).

Neljän ihopoimun menetelmässä mitataan hauis, ojentaja, lapaluu ja suoliluu. Mittauksessa ihopoimu otetaan peukalon ja etusormen väliin jonka jälkeen mittauspihti asetetaan poimun puoleen väliin. Tämän jälkeen odotetaan kaksi sekuntia ja luetaan ihopoimun paksuus mittarista. Rasvaprosentti saa joko sijoittamalla summa menetelmäkaavaan tai katsomalla valmiista taulukosta. Kaikki poimut mitataan aluksi yhden ker-

ran, jonka jälkeen mittaukset toistetaan vielä kaksi kertaa. Tulos on kolmen mittauslukeman keskiarvo. (Fogelholm ym. 2004, 48.)

Ihopoimujen paksuus ja ympäröivät mitat voidaan mitata molemmilta puolelta, eikä ole olemassa sopimusta kummalta puolelta ihopoimut tulee mitata. Yleensä Euroopassa ja lapsilla mitataan ihopoimut vasemmalta puolelta ja urheilulääketieteessä sekä Pohjois-Amerikassa mitataan ihopoimujen paksuus yleensä oikealta puolelta. (Moreno ym. 2002.)

TAULUKKO 2. Ihopoimujen mittauspaikkoja.

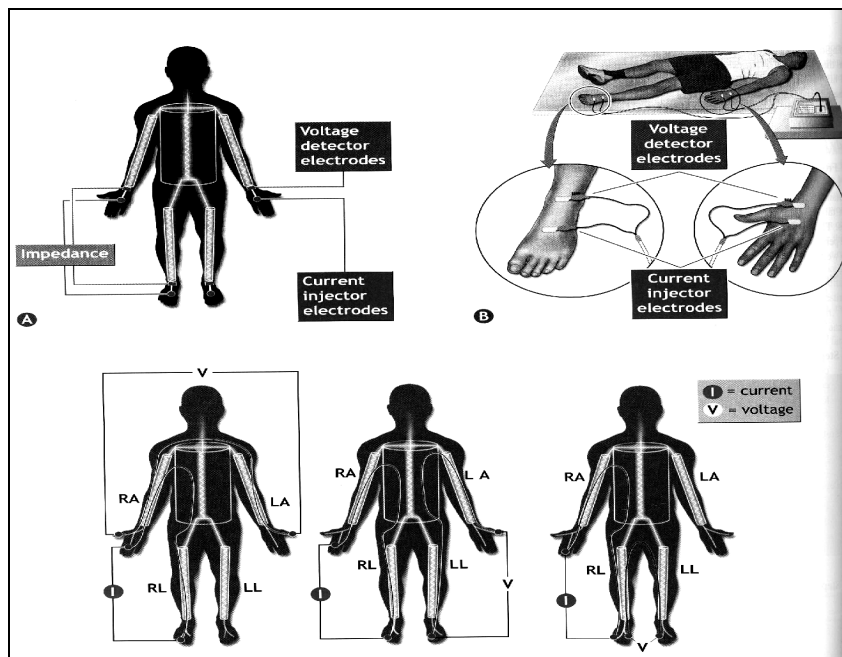
poimujen määrä	mittauspaikat
2	ojentaja, pohje
3	rinta, vatsa, reisi
3	rinta, ojentaja, lavanalus
3	ojentaja, suoliluunharju, reisi
3	ojentaja, suoliluunharju, vatsa
4	hauis, ojentaja, lavanalus, suoliluunharju
7	rinta, kainalo, ojentaja, lavanalus, vatsa, suoliluunharju, reisi

### 3.3 Biosähköinen impedanssi

Menetelmä mittaa kehon kykyä johtaa sähköä. Kehon läpi johdetaan vähäinen sähkövirta ja mitataan kehon biosähköisen vastuksen suuruus. Mittauksessa käytetään usein yksifrekvenssistä sähkövirtaa (800mA, 50kHz), joka kulkee enimmäkseen solunulkoisessa nesteessä. Yksifrekvenssinen sähkövirta kulkee kahden elektronin välillä. Sähkövirran kohtaama vastus on sitä suurempi ja johtavuus heikompi, mitä vähemmän elimistössä on nestettä ja elektrolyyttejä. Kehon vesipitoisuus johtaa sähkövirtausta. Kun sähkövirta menee nesteen läpi, vastaanottava laite pystyy havaitsemaan veden impedanssin. Impedanssi sähkövirran virtaukselle voidaan laskea Ohmin lain mukaan ( $R = V/I$ , missä  $R$ = resistanssi,  $V$ = tilavuus,  $I$ = virtaus). Nämä suhteet pystyvät määrittämään veden tila-

vuuden kehossa ja tästä arvioimaan kehon rasvaprosentin ja rasvattoman massan. Li-haskudoksessa on paljon nestettä ja elektrolyyttejä, joten vastus on pieni. Rasvakudoksessa ja luukudoksessa on vähän nestettä ja elektrolyyttejä, joten vastus on suuri. (McArdle ym. 2006, 797; Fogelholm ym. 2004, 50.)

Bioimpedanssimenetelmiä on erilaisia (Kuva 1). Kuvassa A on neljän pintaelektroodin menetelmä, jossa mitataan koko kehon impedanssi. Elektrodit ovat sijoitettu molempiin käsiin ja jalkoihin. Kuvassa B on perinteinen kädestä jalkaan koko kehon impedanssi-menetelmä. Kuvassa kohta C esittää segmentaalista mittaamista, missä arvioidaan virtaus ja vastus oikealle käsivarrelle, vartalolle ja oikealle jalalle. Mittaamisessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota elektrodien asettamiseen ja kehon asentoon sekä elimistön nestetilään, natriumkonsentraatioon, ihon lämpötilaan ja edeltäneeseen fyysiseen aktiivisuuteen. Mittaus tulee tehdä mieluiten aamulla 8-12 tunnin yöunien jälkeen ja edellisestä ruokailusta tulee olla vähintään neljä tuntia. Virtsarakko tulee tyhjentää ennen mittauksia ja ennen mittauksia ei saisi harrastaa 24 tuntiin rasittavaa, hikoilua aiheuttavaa liikuntaa. Alkoholia ei tulisi nauttia 48 tuntia ennen mittauksia. Ennen mittauksia tulee välttää virtsaneritystä lisäävää lääkitystä ja kahvin juontia. (McArdle ym. 2006, s. 797-799)



KUVA 1. A. Neljän pintaelektroodin tekniikka, B. Standardi koko kehon impedanssi menetelmä. C. Segmentaalinen mittaaminen (McArdle ym. 2006, 798).

### 3.4 Infrapunasäde

Alunperin NIR kehitettiin maatalouden käyttöön arvioitaessa viljan ja siemenien rakennetta. Ruuan pääainesosat, hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat, pystyttiin arvioimaan käyttämällä hajanaista heijastuvaa spektrometriä. Spektrometri erittelee jokaisessa ainesosassa kaksi signaalia eri aallonpituuksilla, toinen signaali huippu ja toinen pienimmällä absorptiolla. Lyhentämällä aallonpituutta, jota käytettiin maataloudessa, voitiin mitata ihmisen kudoksien koostumusta. (Wagner & Heyward 1999.)

Infrapunasäteellä (near-infrared interantance NIR) tapahtuva kehon koostumuksen arviointi perustuu valon absorptioon ja heijastumiseen. Mittaus tapahtuu anturilla tai valolla, mikä lähettää matalaenergistä infrapunavaloa, joka kohdistuu dominoivan käden hauislihaksen etupuolelle. Laite käyttää ennusteyhtälöä, jossa on mitatun ominaisuuden lisäksi tiedot henkilön iästä, sukupuolesta, pituudesta, massasta ja fyysisestä aktiivisuudesta. Menetelmä antaa tulokseksi rasvaprosentin ja rasvattoman kehon painon. Menetelmä on turvallinen, nopea ja helppokäyttöinen. (McArdle ym. 2006, 799.)

## **4. MENETELMIEN TOISTETTAVUUS JA VALIDITEETTI**

### **4.1 Kaksienergisen röntgensäteen absorptiometria (DXA)**

DXA mittaus on osoittanut merkittävää samankaltaisuutta muiden itsenäisten luun mineraalimittausten kanssa. On löydetty myös merkittävä suhde DXA -määritelmällä arvioitussa kokokehon rasvassa ja tiheysmittarilla saadussa kehon rasvassa. Uusimmat tutkimukset ovat vertailleet DXA:a muihin metodeihin arvioitaessa kehon rasvaa prepuberteettisillä lapsilla, nuorilla ja vanhoilla miehillä ja naisilla sekä voimaharjoittelun seurauksena tapahtuvista muutoksista. Vertaillessa DXA:a tiheysmittaukseen ero rasvaprosentissa on vähemmän kuin 2 %. Tähän mennessä tutkimukset arvioivat DXA:n olevan tarkka ja luotettava menetelmä arvioitaessa kehon koostumusta. (McArdle ym. 2006, 805; Willmore & Costill 2002, 454.)

DXA:n mittausvirhe on noin 1 % (Wagner & Heyward 1999). DXA -mittausta verrattaessa vedenalaispunnitukseen sen etuna on sen sisältämä monipuolisuus mitata myös luun tiheyttä ja mineraalipitoisuutta rasvan massan ja rasvattoman massan lisäksi.

### **4.2 Vedenalaispunnitus**

Vedenalaispunnitus on yksi luotettavimmista kehon koostumuksen arviointimenetelmistä ja sitä on pidetty pitkään ns. kultaisena standardina. Uusien mittausten validiteettia arvioitaessa, niitä verrataan usein vedenalaispunnitukseen. Laskettaessa kehon tilavuutta vedenalaispunnituksen ja veteen sijoittamisen mittauserot ovat noin 0.7 % (Wagner & Heyward 1999). Vedenalaispunnituksen suurimpana heikkoutena on siitä saadusta tiheydestä arvioitava rasvaprosentti kaavan avulla (McArdle ym. 2006, 799).

Demura ym. (2006) tutkivat jäännösilmatilavuuden ja vitaalikapasiteetin mittausvirhettä maalla ja vedessä. He vertasivat niiden avulla laskettua rasvaprosenttia vedenalaispunnituksen avulla saatuun rasvaprosenttiin. Heidän tutkimuksensa mukaan maalla ja vedessä

mitatut jäännösilmatilavuudet korreloivat korkeasti keskenään. Jäännösilmatilavuuden mittausrvirheeksi saatiin 4-6 %.

### 4.3 Magneettikuvaus

Magneettikuvan avulla määritetyn rasvaprosentin ja prosentuaalisen rasvakudoksen on havaittu korreloivan korkeasti tiheysmittareilla tehtyihin tuloksiin (McArdle ym. 2006, 804). Magneettikuvauksen on havaittu antavan merkittävää tietoa kehonkoostumuksesta. Voimaharjoitteluseurantatutkimuksissa on havaittu merkittävä suhde ( $r = 0.72- 0.92$ ) DXA:n ja MRI:n kehon koostumus tutkimusmenetelmillä (De Lorenzo ym. 2000).

Fox ym. (2000) vertailivat erilaisia menetelmiä vatsanseudun rasvan seuranta-arvioinnissa. He vertasivat mm. magneettikuvaa, ihopoimiumittausta, vedenalaispunnitusta, ympärysmittoja ja painoindeksiä. He havaitsivat tutkimuksessaan magneettikuvan olevan arvokas menetelmä tutkittaessa rasvan varastoitumista lapsilla.

### 4.4 Ultraääni

Ultraääni on havaittu olevan hyvin luotettava menetelmä toistettavissa tutkimuksissa arvioitaessa ihonalaisen rasvakerroksen paksuutta sekä makuu- että seisomisasennossa samana päivänä sekä eri päivinä. Sitä on hyvä käyttää lihavilla henkilöillä jotka saavat suuresti vaihtelevia tuloksia ihopoimiumittauksissa. (McArdle ym. 2006, 800.)

Stolk ym. (2001) tutkivat ultraäänen toistettavuutta ja validiteettia mitattaessa vatsan sisäistä rasvaa. He vertasivat ultraäänimenetelmää tietokonetomografiaan ja magneettikuvaan. Heidän tutkimuksensa mukaan ultraäänen on tarkka ja toistettava menetelmä vatsan sisäistä rasvaa arvioitaessa ja menetelmää voidaan käyttää arvioitaessa vatsan seudun lihavuutta. Mittauksessa oli pientä systemaattista eroa kahden mittajaan välillä. Bellisari ym. (1993) vertasivat tutkimuksessaan ultraäänimittauksen todellisuutta ihonalaisen rasvakerroksen arvioitsijana ja vertasivat menetelmää ihopoimiumittaukseen.

Heidän tutkimuksena mukaan ultraäänimenetelmän todenmukaisuus oli viidessä kudesta mittauksesta 91-98 %.

## 4.5 Ihopoimumittaus

Ihopoimumittauksella määritetyn ihonalaisen rasvakerroksen on havaittu olevan hyvässä suhteessa koko kehon rasvan määrään. Ihonalaisen rasvakerroksen osuus vaihtelee 20-70% koko kehon rasvamäärästä johtuen biologisista tekijöistä kuten iästä, sukupuolesta, lihavuudesta ja rodusta. Tummaihoisilla on arvioitu olevan suurempi koko kehon rasvapitoisuus kuin vaaleaihoisilla. Ihopoimumittaus saattaa liioitella sekä erittäin matalia että suuria rasvapitoisuuksia niiden todellisista arvoista. Ihopoimumittauksissa käytetty kaava vaikuttaa saatuun tulokseen. Suurimmat arviointivirheet saadaan arviointi kaavoista. Tämän vuoksi arviointi kaavaa valittaessa tulee huomioida henkilön sukupuoli, rotu ja ikä. Ihopoimumittauksen tekninen mittausvirhe on noin 3.3-5%. Jotta luotettavaan mittaustulokseen päästää, ihopoimumittajan tulee olla kokenut ja eri mittajien tuloksia ei voi vertailla keskenään. Myöskään naisten ja miesten tulokset eivät ole vertailukelpoisia toistensa kanssa. (McArdle ym. 2006, 795-796; Fogeholm 2004, 50; Wagner & Heyward 1999; Australian Sport Commission 2000, 84.)

Ihopoimumittauksen heikkouksia on sen epätarkkuus ja epätasällisyys. Fox ym. (2000) havaitsivat eri menetelmien seurannassa ihopoimumittauksessa olevan heikkouksia seurantatutkimuksessa. Menetelmä ei pystynyt erottamaan rasvan määrässä tapahtunutta muutosta neljän ihopoimun menetelmällä. Rodriguez ym. (2005) vertailivat tutkimuksessaan yleisimmin käytettyjen ihopoimumittausten ennusteyhtälöitä rasvaprosentin arvioimisessa 13-17-vuotiailla kasvuikäisillä. Tutkimus osoitti ihopoimujen kaavojen olevan heikkoja ennustamaan kasvuikäisten lihavuutta.

## 4.6 Biosähköinen impedanssi ja infrapunasäde

Bioimpedanssimittaus (BIA) on turvallinen ja suhteellisen helppokäyttöinen ja käyttökelpoinen arvioitaessa koko kehon vesimäärää. Menetelmä vaatii mittauksille kokeneen



mittaajan ja standardoidut olosuhteet. Bioimpedanssin luotettavuuteen vaikuttavat kehon rasvapitoisuus ja rotuominaisuudet, mitkä pitää huomioida arviointikaavoissa. BIA:n suurin heikkous on sen puute havaita pieniä muutoksia kehonkoostumuksessa. Esimerkiksi hikoilusta johtuvan nesteen puutoksen seurauksena menetelmä yliarvioi rasvatonta massaa ja aliarvioi rasvaprosenttia. (McArdle ym. 2006, 799.)

Jebb ym. (2006) vertasivat jalasta jalkaan biosähköistä impedanssia kolmi- ja nelikomponenttisiin malleihin selvittäessään BIA:n validiteettia painon pudotuksen aikana ylipainoisilla naisilla ja he havaitsivat jalasta jalkaan menetelmän olevan käyttökelpoinen seurantamenetelmä painonpudotuksessa ylipainoisilla naisilla. BIA:n mittausvirhe koko kehon nesteen määrää (TBW) ja rasvatonta kehon massaa (FFM) arvioitaessa on noin 3-8% TBW:lla ja 3-6% FFM:lla (Wagner & Heyward 1999).

Infrapunasäteen (NIR) validiteetti on kyseenalainen. Infrapunasädettä on verrattu vedenalaispunnitukseen ja ihopoimiumittauksiin ja sen antama tulos ei ennusta hyvin kehon rasvaprosenttia. Tutkimus osoitti infrapunasädemittauksen virheen olevan yli 4% yli 47%:lla koehenkilöistä. NIR ei myöskään sovi kehon koostumuksen muutosten arviointiin voimaharjoittelun seurauksena. (McArdle ym. 2006, 799.)

## 4.7 Antropometria

Antropometrian mittausvirhe on 1 % (Australian sport commission 2000, 84). Painoindeksi ja vyötärö-lantio suhdetta on käytetty useasti arvioitaessa lihavuuteen liittyviä terveysriskejä ja ne ovat tärkeitä tekijöitä arvioitaessa väestön terveyden tilaa. Painoindeksin ja vyötärö-lantiosuhteen etuja on niiden helppo toistettavuus ja laskemisen yksinkertaisuus (Wagner & Heyward 1999). Vyötärö-lantiosuhde ei ole validi keino mitata vatsanseudun rasvaa prepuberteettisilla nuorilla (Fox ym. 2000). Painoindeksin ja vyötärön ympäryksen on havaittu korreloivan paremmin DXA mittauksen kehon rasvan kanssa kuin vyötärö-lantiosuhteen iäkkäillä ihmisillä. Tämän vuoksi vyötärön ympärysmittaa pidetään parempana keskivartalolihavuuden merkinä vanhuksilla kuin vyötärö-lantiosuhdella. (Shaw ym. 2006.)

Tohill & Stewart (2002) vertailivat reiden lihaksien ja rasvakerroksen tilavuutta käyttäen antropometriaa ja magneettikuvausta. Tutkimuksessa selvisi mittanauhalla mitatun reiden ympärysmittan poikkeavan tilastollisesti erittäin merkittävästi magneettikuvalla saadusta reiden ympärysmittasta.

## 5. TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla magneettikuvalla, ultraäänellä ja ihopoimimitauksella määritettyjen ihonalaisten rasvakerrosten paksuutta ulomman reisilihaksen kohdalta. Lisäksi tutkimuksen tarkoituksena oli verrata painoindeksin ja rasvaprosentin yhteyttä.

Tutkimusongelmat:

1. Poikkeavatko ultraäänellä ja magneettikuvalla määritetyt ihonalaisen rasvakerroksen paksuudet toisistaan
2. Onko reisipoimu verrattavissa ihonalaisen rasvakerroksen paksuuteen määritetynä magneettikuvalla ja ultraäänellä.
3. Onko painoindeksillä ja neljästä ihopoimusta määritetyllä rasvaprosentilla yhteyttä.

Hypoteesit:

H0: Magneettikuvalla ja ultraäänellä arvioidut ihonalaisen rasvakerrokset paksuudet poikkeavat toisistaan ja uloimmasta reisilihaksesta otettu ihopoimu ei ole magneettikuvan ja ultraäänen rasvakudoksen paksuuden kanssa samankaltainen. Painoindeksillä ja neljästä ihopoimusta määritetyllä rasvaprosentilla ei ole yhteyttä.

H1: Magneettikuvalla ja ultraäänikuvalla arvioidut ihonalaisen rasvakerroksen paksuudet ovat samankaltaisia ja ulommasta lihaksesta otettu ihopoimu on samankaltainen magneettikuvasta saadun rasvakerroksen paksuuden kanssa. Painoindeksi ja neljästä ihopoimusta määritetty rasvaprosentti ovat yhteydessä toisiinsa.

## 6. TUTKIMUSMENETELMÄT

### 6.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui 36 mieskoehenkilöä, jotka olivat iältään 19-35-vuotiaita. Koehenkilöiltä mitattiin pituus, paino ja painoindeksi. Pituus laskettiin 1 cm tarkkuudella ja paino 1 kg tarkkuudella. Koehenkilöt olivat harjoittelutaustaltaan heterogeeninen ryhmä, mutta kukaan ei ollut aikaisemmin harrastanut voimaharjoittelua säännöllisesti.

Tutkimus oli osa suurempaa projektia, johon oli haettu Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan suostumus. Koehenkilöt olivat täyttäneet suostumuslomakkeet tutkimusta varten.

### 6.2 Mittausmenetelmät

Ultraäänimittaus tehtiin Aloka SSD-2000-laitteella. Mittaus tehtiin ulommasta reisilihaksesta suoliluun etuyläkärjen ja polvinivelen ulomman nivelraon puolesta välistä. Kuvataajuus mittauksessa oli 42Hz, jossa polttopiste (focal point) oli 1. Mittaustulos oli kahden mittauskerran keskiarvo. Mittauskertojen välillä sai olla eroa enintään 2mm. Ultraäänimittaus tehtiin koehenkilöiden ollessa makuuasennossa mittauspöydällä. Koehenkilöitä ohjeistettiin olemaan mahdollisimman rentoja mittauksen aikana (Kuva 2).



KUVA 2. Ultraäänimittaus.

Magneettikuvaukset suoritettiin Keski-Suomen Magneettikuvaus OY:ssa (Philips Gyrosan, Intera 1.5t, Keski - Suomen Magneettikuvaus Oy, Jyväskylä). Magneettikuva otettiin samasta kohtaa kuin ultraäänimittaus ulommasta reisilihaksesta suoliluun etuyläkärjen ja polvinivelen ulomman nivelraon puolesta välistä. Oikean kohdan varmistamiseksi ultraäänimittausten yhteydessä koehenkilöille oli tatuoitu oikea mittauskohta. Kuvaa otettaessa kuvaan oli laitettu viisi helmeä merkiksi, joista keskimmäinen oli mittauskohdalla (Kuva 3). Yhden helmen pituus oli 2.2cm. Kuvista analysoitiin rasvakerroksen paksuus ImageJ -kuvankäsittelyohjelmalla. Senttimetrin ja kuvapisteen suhde saatiin helmen pituudesta senttimetreinä suhteessa kuvasta mitattuihin kuvapisteisiin. Paksuus otettiin helmen kolmen kohdan keskiarvona.



KUVA 3. Magneettikuva, jossa näkyvät merkkihelmet.

Rasvaprosentin arvioimiseen käytettiin Lohmanin neljän pisteen menetelmää. Mittaus tapahtui Harpendenin pihdeillä. Mittaus suoritettiin koehenkilön oikealta puolelta ja kaikilla mittauskerroilla oli sama henkilö mittaamassa. Mittaustulos oli kolmen mittauskerran keskiarvo. Ihopoimujen summaa vastaava rasvaprosentti katsottiin Durnin ja Womerslayn (1974) yhtälöön perustuvasta taulukosta. Ihopoimujen mittauskohtina olivat olkavarren ojentaja, hauislihaksen ihopoimu, lavanaluspoimu ja suoliluunharjanteen ihopoimu. Olkavarren ojentaja mitattiin pystysuora poimu olkavarren kyynärlisäkkeen ja olkalisäkkeen puolivälistä. Hauislihaksen ihopoimu mitattiin lihasrungon paksuimman kohdan päältä. Lavanaluspoimu mitattiin noin 45° kulmassa lapaluun alakärjen alta ihopoimun suunnassa. Suoliluunharjanteenpoimu mitattiin suoliluunharjanteen yläpuo-

lelta kainalolinjan kohdalta. Lisäksi mitattiin reisipoimu pihtimittauksella (Harpenden pihdit) samasta kohtaa kuin magneettikuva ja ultraääni ulomman reisilihaksen kohdalta suoliluun etuyläkärjen ja polvinivelen ulomman nivelraon puolesta välistä.

### **6.3 Tilastollinen analyysi**

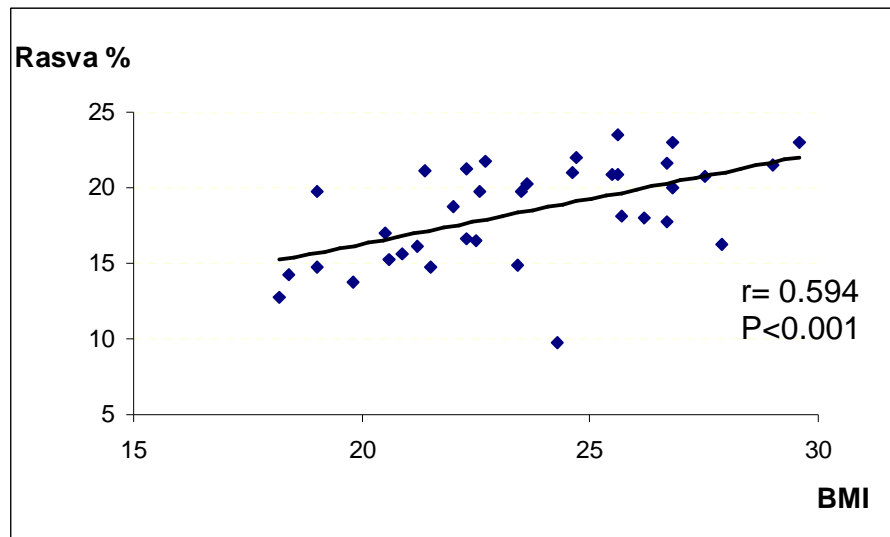
Koehenkilöiden painosta, pituudesta ja painoindeksistä laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Rasvaprosentin ja painoindeksin, magneettikuvan ja ultraäänen, magneettikuvan ja reisipoimun, ultraäänen ja reisipoimun väliset korrelaatiokertoimet laskettiin Spearmanin ei-parametrisellä menetelmällä. Tilastollisen merkittävyyden raja oli  $P < 0.05$ .

## 7 TULOKSET

Taulukossa 3 näkyy koehenkilöiden antropometrinen tekijöiden keskiarvot ja keskihajonnat. Antropometrisia tekijöitä olivat pituus, paino, painoindeksi, rasvaprosentti ihopoimimittauksella, reiden ihopoimu sekä ultraäänellä että magneettikuvalla reiden rasvakerroksen paksuus.

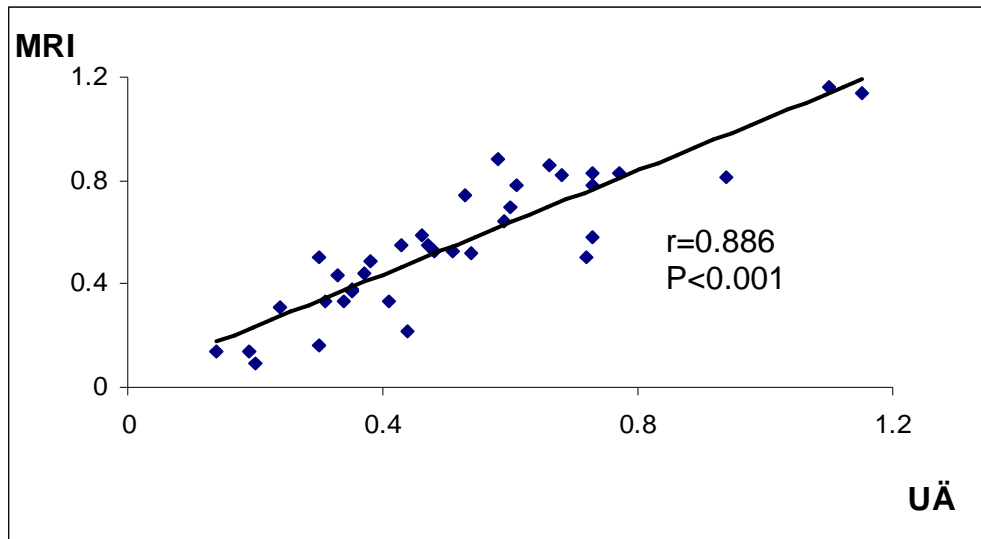
TAULUKKO 3. Mittaustulosten keskiarvot ja keskihajonnat (ka±SD).

N	pituus	paino	BMI	rasva%	reisipoimu	UÄ	MRI
	cm	kg	kg/m <sup>2</sup>	%	mm	cm	cm
36	181±6	77±9	23.6±3.1	18.4±3.3	13.56±5.33	0.52±0.24	0.56±0.27

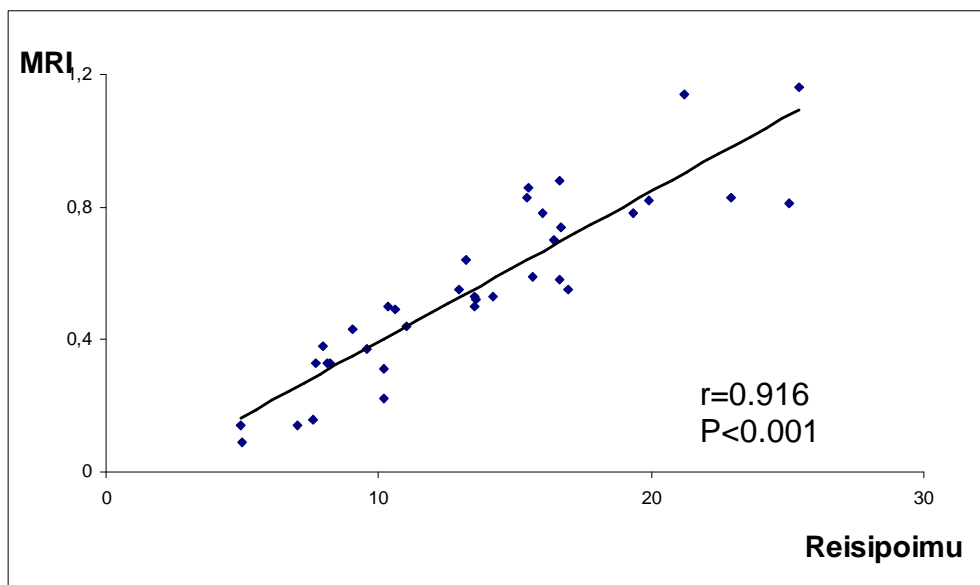


KUVA 4. Rasvaprosentin ja painoindeksin välinen korrelaatiokuvaaja.

Kuvassa 4 näkyy rasvaprosentin ja painoindeksin välinen kuvaaja. Rasvaprosentti ja painoindeksi korreloivat tilastollisesti merkittävästi keskenään ( $r=0.594$  ja  $P<0.001$ ). Kuvassa 5 näkyy magneettikuvan (MRI) ja ultraäänien (UÄ) välinen kuvaaja. UÄ:llä ja MRI:lla mitatut ihoalaisen rasvakerroksen paksuudet korreloivat tilastollisesti erittäin merkittävästi keskenään ( $r=0.886$  ja  $P<0.001$ ). Ihopoimu ja MRI:llä saatu rasvakerros (kuva 6) ja UÄ rasvakerros ja ihopoimu (kuva 7) korreloivat tilastollisesti erittäin merkittävästi keskenään (MRI ja ihopoimu  $r=0.916$  ja  $P<0.001$  sekä UÄ ja reisipoimu  $r=0.888$  ja  $P<0.001$ ).

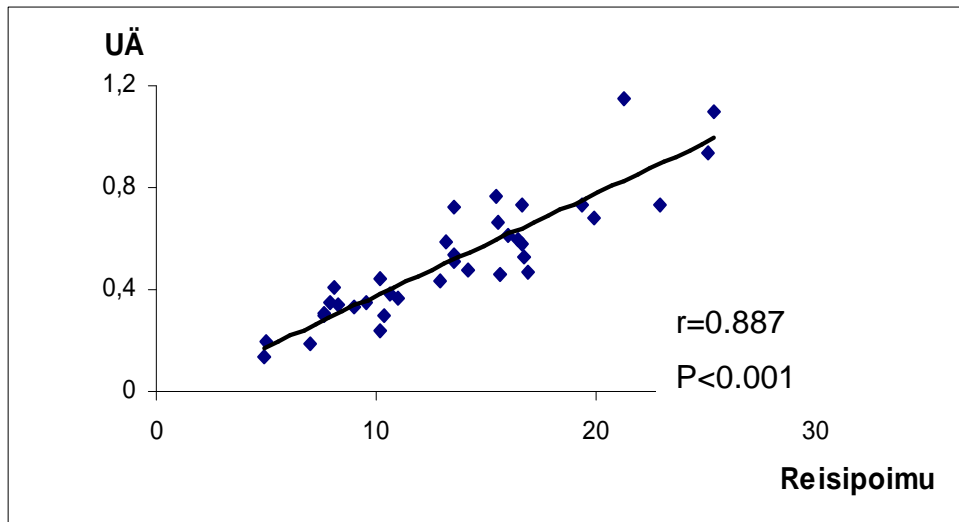


KUVA 5. Magneettikuvalla ja ultraäänellä määritettyjen ihonalaisten rasvakerrosten paksuuksien välinen korrelaatiokuvaaja.



KUVA 6. Magneettikuvalla määritetyn ihonalaisen rasvakerroksen ja reisipoiimu välinen korrelaatiokuvaaja.





KUVA 7. Ultraäänellä määritetyn ihonalaisen rasvakerroksen ja reisipoimun välinen korrelaatiokuvaaja.

## 8 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla magneettikuvaa, ultraääntä ja ihopoimuumittaus-ta ihonalaisen rasvakerroksen mittarina uloimman reisilihaksen kohdalta (m. vastus lateralis). Tutkimus osoitti magneettikuvalla sekä ultraäänellä mitattujen ihonalaisten rasvakerrosten ja ihopoimun korreloivan keskenään tilastollisesti erittäin merkittävästi ( $P < 0.001$ ). Tutkimuksessa havaittiin myös painoindeksin ja neljästä ihopoimusta lasketun rasvaprocentin korreloivan tilastollisesti merkittävästi keskenään.

Magneettikuvaa on pidetty kauan standardimenetelmänä kehon koostumuksen arvioimisessa sen tarkkuuden vuoksi. Ultraääni on hyvin käytetty menetelmä arvioitaessa ihmisen kehon koostumusta ja sen on todettu aikaisemmissa tutkimuksissa olevan hyvin luotettava ja pätevä menetelmä tutkittaessa lihaksen paksuutta (Sanada ym. 2006). Reeves ym. (2004) tutkimuksen mukaan keskimääräinen mittausvirhe ultraäänessä oli 1.7 % verrattuna sitä magneettikuvaan mitattaessa uloimman reisilihaksen kokoa. Tämä tutkimus puoltaa aikaisempia tutkimuksia osoittaen ultraäänen olevan hyvä vaihtoehto magneettikuvalle ihonalaisen rasvakerroksen paksuutta arvioitaessa. Lisäksi ultraääni on halvempi, paremmin saatavilla oleva ja enemmän aikaa vievä vaihtoehto kuin magneettikuvaus.

Tohill ja Stewart (2002) vertailivat muun muassa ihopoimuumittaus-ta ja rasvakerroksen paksuutta reiden lihaksen kohdalta magneettikuvalla. Heidän tutkimuksensa mukaan ihopoimuumittaus ei vastaa mitattua pinnallisen rasvakerroksen paksuutta yhdessä kohdassa, mutta kuitenkin edustaa keskimääräistä paksuutta renkaassa. Ihonalaisen rasvakerroksen paksuus vaihtelee eri puolella etureittä. He mittasivat paksuudet magneettikuvalla keskeltä reittä ja 20mm etäisyydellä molemmilta puolilta. Keskiarvot miehillä olivat keskellä reittä 10.5mm, ulommalla (lateral) puolella 9.5mm ja sisäpuolella (medial) 13.2mm tilastollisesti merkittäviä ja naisilla keskellä 18mm, ulompi puoli 17.7mm (ei tilastollisesti merkittävä) ja sisäpuoli 19.0mm. Tämän tutkimuksen mukaan magneettikuva ulomman reisilihaksen kohdalta suoliluun etuyläkärjen ja polvinivelen ulomman nivelraon puolesta välistä korreloi tilastollisesti erittäin merkittävästi samasta kohdasta otetusta reisipoimusta.

Ultraäänen ja ihopoimumittauksien todenmukaisuuden on todettu olevan samankaltaiset (Bellisari ym. 1993). Ultraääntä on käytetty kehonkoostumuksen mittaamisessa perinteisesti vaihtoehtona ihopoimumittaukselle (Sanada ym. 2006). Ultraääni on hyvä menetelmä vatsan alueen rasvakerroksen määrittämiseen (Stolk ym. 2001). Tämä tutkimus tukee aikaisempia tutkimuksia ihopoimun käytöstä vaihtoehtona ultraäänelle. Ihopoimumittaus on käytettävämpi, koska sen mittaamisessa ei tarvita kalliita mittausvälineitä. Ihopoimumittauksessa ihoon kohdistuu suurempaa painetta kuin ultraäänimittauksessa. Lisäksi ultraäänimittauksessa paine voidaan välttää asettamalla mitattava raaja veteen, jolloin ihoon ei kohdistu painetta

Tutkimuksemme mukaan painoindeksi korreloi neljästä ihopoimusta määritetyn rasvaprosentin kanssa. Jürimäe ym. (2003) tutkimuksessa painoindeksi korreloi merkittävästi ihopoimujen paksuuden kanssa 9-12 -vuotiailla tytöillä ja pojilla. Painoindeksi ei erottele rasvattoman ja rasvakudoksen määrää. Vaikka tulos on tilastollisesti merkittävä, muuttajat selittävät toisiaan noin 36 %. Tutkimuksen koehenkilöt olivat heterogeeninen ryhmä fyysiseltä aktiivisuudeltaan, mutta kukaan koehenkilöistä ei ollut harrastanut säännöllistä voimaharjoittelua. Tämän vuoksi painoindeksi olisi käytettävä menetelmä arvioitaessa kehonkoostumusta.

Tutkimuksen aikana mahdolliset mittausvirheet pyrittiin välttämään. Kaikki ihopoimumittaukset teki sama henkilö. Ihopoimumittauksen mittausvirhe on silti aikaisemmissa tutkimuksissa osoitettu olevan noin 3.3 - 5 %. Mittausvirhe ihopoimumittauksessa voi olla ihoon kohdistuva paine. Ultraäänimittauksia suoritti kaksi eri henkilöä ja tämä saattaa olla yksi virhelähde mittaustuloksiin. Stolk ym. (2001) tutkimus osoitti mittaustuloksissa olevan pientä systemaattista eroa eri mittaajien välillä käytettäessä ultraääntä.

Tutkimuksen tulokset osoittivat ultraäänen käytettävyyden vaihtoehtona magneettikuvulle arvioitaessa ihonalaisen rasvakerroksen paksuutta. Lisäksi tutkimus osoitti ihopoimumittauksen olevan hyvä vaihtoehto sekä magneettikuvulle että ultraäänimittaukselle. Ultraäänimittaus on helppo ja halpa toteuttaa ja sen on enemmän saatavilla kuin magneettikuva menetelmä. Ihopoimumittaus on hyvä vaihtoehtoinen kenttämenetelmä ultraäänelle ja magneettikuvulle. Mittaus on tarkka ja se ei vaadi kalliita välineitä ja laboratorio-olosuhteita kuten magneettikuva ja ultraääni. Ihopoimumittaus yhdistettynä

ympärysmittaukseen on tarkempi menetelmä arvioitaessa rasvakerroksen tilavuutta ja antaa näin tarkemman kuvan kuin yhdestä kohtaa otettu ihopoimu.

Lisäksi tutkimus osoitti painoindeksin korreloivan tilastollisesti merkittävästi ihopoimumenetelmällä mitatun rasvaprosentin kanssa ja käytettävä menetelmä kehonkoostumuksen arvioijana kuntosaliharjoittelemattomilla henkilöillä. Toisenlaisella koehenkilöryhmällä, esimerkiksi aktiiviurheilijoilla, painoindeksi ei ole riittävän tarkka kehonkoostumuksen määrittelijä. Etsittäessä tarkempaa tietoa kehonkoostumuksesta painoindeksin lisäksi tulisi myös huomioida rasvaprosentti.

## LÄHTEET

Australian Sports Commission. 2000. Physiological test for elite athletes.

Bellisari, A., Roche, A. & Siervogel, R. 1993. Reliability of B-mode ultrasonic measurements of subcutaneous adipose tissue and intra-abdominal depth: comparisons with skinfold thicknesses. *International Journal of Obesity* 17, 475-480.

Clark, R., Bartok, C., Sullivan, J. & Schoeller, D. 2004. Minimum weight prediction methods cross validated by the four-component model. *Medicine and Science in Sports and exercise* 36 (4), 639-647.

De Lorenzo, A., Bertini, I. Iacopino, L., Pagliato, E., Testolin C. & Testolin, G. 2000. Body composition measurement in highly trained male athletes. a comparison of three methods. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40, 178-183.

Demura, S., Yamaji, S. & Kitabayashi, T. 2006. Residual volume on land and when immersed in water: Effect on percent body fat. *Journal of Sport Sciences* 24(8), 825-833.

Elberg, J., McDuffie, J., Sebring, N., Salaita, C., Keil, M., Robotham, D., Reynolds, J. & Yanovski, J. 2004. *American Journal of Clinical Nutrition* 80, 64-69.

Fogelhom, M. 2004. Antropometriset kehonkoostumusta kuvaavat mittaukset. Teoksessa Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M.. *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellinen seura. Tammer-Paino Oy, Tampere

Fox, K., Peters, D. & Bell, M. 2000. Assessment of abdominal fat development in young adolescents using magnetic resonance imaging. *International Journal of Obesity* 24, 1653-1659.

Fuller, M., Fowler, P., McNeill, G. & Foster, M. 1994. Imaging techniques for assessment of body composition. *The Journal of Nutrition* 124, 1546-1550.

Genton, L., Hans, D., Kyle, U. & Pichard, C. 2002. Dual-Energy X-ray absorptiometry and body composition: Differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* 18 (1), 66-70.

Jebb, SA. Siervo, M. Murgatroyd, PR., Evans, S. & Prentice, AM. 2006. Validity of the leg-to-leg bioimpedance to estimate changes in body fat during weight loss and regain in overweight women: a comparison with multi-compartment models. *International Journal of Obesity* 24, 1-7.

Jürimäe, T., Sudi, J., Payeri, D. Leppik, A., Jürimäe, J., Müller, R. & Tafeit, T. 2003. Relationships between bioelectric impedance and subcutaneous adipose tissue thickness measured by lipometer and skinfold callipers in children. *European Journal of Applied Physiology* 90, 178-184.

McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2006. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*. Sixth edition. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, ML, USA

Moreno, L., Rodriguez, G., Guillen, J., Rabanaque, M., Leon, J., & Arino, A. 2002. Anthropometric measurements in both sides of the body in the assessment of nutrition status in pre-pubertal children. *European Journal on Clinical Nutrition* 56, 1208-1215.

Nigg, B. & Herzog, W. 1994. *Biomechanics of the Muscular-Skeletal System*. John Wiley & Sons, Chichester, USA.

Nindl, B., Kraemer, W., Emmert, W. Mazzetti, S., Lincoln G., Putukian, M. Sebastianelli, W. & Patton J. 1998. Comparison of body composition assessment among lean black and white male collegiate athletes. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 30(5), 769-776.

- Pillen, S., Keimpena, M., Nievelstein, R., Verrips, A., Kruisjsbergen-Raijmann, W. & Zwarts, M. 2006. Skeletal muscle ultrasonography: visual versus quantitative evaluation. *Ultrasound in Medicine & Biology* 32 (9), 1315-1321.
- Reeves, N., Maganaris, C. & Narici, M. 2004. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology* 91, 116-118.
- Rodriquez, G., Moreno, L., Blay, M., Fleta, J. Sarria, A. & Bueno, M. 2005. Body fat measurement in adolescent: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Clinical Nutrition* 59, 1158- 1166.
- Roelants, M., Deleckuse, C., Goris & Verschueren, S. 2004. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (2), 220-226.
- Sanada, K., Kearns, C., Midorikawa, T. & Abe, T. 2006. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *European Journal of Applied Physiology* 96, 24-31.
- Shaw, K., Srikanth, V., Fryer, J., Blizzard, L., Dwyer, T. & Venn A. 2006. Dual energy X-ray absorptiometry body composition and aging in a population-based older cohort. *International Journal of Obesity* 20, 1-6.
- Stolk, R., Wink, O., Zelissen, P., Meijer, R., van Gils, A. & Grobbee, D. 2001. Validity and reproducibility of ultrasonography for the measurement of intra-abdominal adipose tissue. *International Journal of Obesity* 25, 1436-1351.
- Tohill, P. & Stewart, A. 2002. Estimation of thigh muscle and adipose tissue volume using magnetic resonance imaging and anthropometry. *Journal of Sport Sciences* 20, 563-576.
- Wagner, D. & Heyward, V. 1999 Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 70(2), 135-149.

Wilmore, J. & Costill, D. 2002. Physiology of Sport and Exercise. Human kinetics.

Warren, M., Schreiner, P. & James, T. 2006. The relation between visceral fat measurement and torso level is one level better than another, American Journal of Epidemiology 15 (163), 352-358.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ultra%C3%A4%C3%A4ni> 30.3.2007