

**ENERGIANKULUTUS ERILAISILLA LUONTOREITEILLÄ:
ENERGIANKULUTUKSEN ARVIOINTI PERUSTUEN
EPÄSUORAAN KALORIMETRIAAN SEKÄ SYKKEESEEN JA
KIIHTYVYYSANTURIIN**

Riitta-Liisa Linnala

Pro Gradu -tutkielma

Kevät 2010

Liikuntabiologian laitos, Vuotech

Jyväskylän yliopisto

Ohjaajat: Minna Tanskanen,

Vesa Linnamo

TIIVISTELMÄ

Riitta-Liisa Linnala. 2010. Energiankulutus erilaisilla luontoreiteillä: Energiankulutuksen arviointi perustuen epäsuoraan kalorimetriaan sekä sykkeeseen ja kiihtyvyyssantuuriin. Liikuntabiologian laitos, Vuotech, Jyväskylän yliopisto. Biomekaniikan pro gradu – tutkielma. s. 53.

Fyysisellä aktiivisuudella ja riittävällä energiankulutuksella tiedetään olevan merkittäviä etuja terveyden ylläpitämisessä ja kroonisten sairauksien ehkäisyssä. Energiankulutuksen mittaaminen ”kenttäolosuhteissa” helpottaa liikunta- ja terveysalan ammattilaisia suunnittelemaan sopivia liikunnan annosmääriä riittävän päivittäisen energiankulutuksen takaamiseksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää energiankulutus erilaisilla luontoreiteillä ja määrittää näille luontoreiteille kuormittavuusindeksi. Lisäksi selvitettiin, miten tarkasti käyttäjälle helppokäyttöiset syke- ja aktiivisuusmittarit arvioivat energiankulutusta. Tutkimus tehtiin Rokuan kuntokeskuksen maastossa syksyllä 2008 ja siihen osallistui 12 tervettä koehenkilöä (6 naista ja 6 miestä). Koehenkilöt olivat fyysiseltä aktiivisuudeltaan (IPAQ) ja kehonkoostumukseltaan (mitattiin bioimpedanssilla) erilaisia. Tutkimuksessa koehenkilöt kävelivät kolme eripituista (4.8 km, 10.6 km ja 13 km) luontoreittiä. Kävelyn aikana heiltä mitattiin energiankulutus kannettavalla hengityskaasu-analysaattorilla. Lisäksi energiankulutusta arvioitiin syke- ja aktiivisuustietojen avulla. Luontoreitin reitti- ja korkeustiedot kerättiin urheilutietokoneella. Kokonaisenergiankulutuksesta laskettiin aktiivisuuden energiankulutus (AEE) ja luontoreiteille määritettiin kuormittavuusindeksi (AEE/kg).

Tämän tutkimuksen tuloksena luontoreiteille saatiin seuraavat kuormittavuusindeksit:

4.8 km:n luontoreitti: 4 kcal/kg

10.6 km:n luontoreitti: 9 kcal/kg

13 km:n luontoreitti: 11 kcal/kg

Lisäksi havaittiin, että syöttämällä syke- ja aktiivisuusmittariin oikeat henkilön tiedot (ikä, pituus, paino, sukupuoli), näillä mittareilla voi riittävän luotettavasti mitata ko. luontoreittien energiankulutusta.

Avainsanat: energiankulutus, AEE (aktiivisuuden energiankulutus), AEE/kg (aktiivisuuden energiankulutus painokiloa kohti)

ABSTRACT

Riitta-Liisa Linnala. 2010. Energy expenditure in different types of nature trails: Comparison between indirect calorimetry and heart rate and accelerometer based energy expenditure estimation. Department of Biology of Physical Activity, Vuotech, University of Jyväskylä. Master's Thesis of Biomechanics. 53 pp.

Physical activity and sufficient energy expenditure are known to have important benefits in maintaining good health and in preventing chronic diseases. Measuring the energy expenditure in field conditions aids the health professionals to design appropriate exercise doses to ensure the adequate daily energy expenditure.

The purpose of this study was to investigate the energy expenditure in different types of nature trails and to define a load index for these trails. It was also clarified whether “easy to use” heart rate and activity monitors can estimate energy expenditure accurately enough. The study was carried out in autumn 2008 in terrain near Rokuan Kuntokeskus and with 12 healthy subjects (6 women and 6 men). The subjects were dissimilar in physical activity (IPAQ) and in body composition (measured with bioelectrical impedance). The subjects walked three nature trails of different length (4.8 km, 10.6 km and 13 km). The energy expenditure was measured with portable indirect calorimetry during the walk. In addition, the energy expenditure was estimated with heart rate and activity monitors. Route and altitude information of the nature trails were collected with sports computer. Activity energy expenditure (AEE) was calculated from total energy expenditure and the load index (AEE/kg) was clarified to each nature trails.

As a result of this study, the following load indexes were clarified to the nature trails:

4.8 km nature trail: 4 kcal/kg

10.6 km nature trail: 9 kcal/kg

13 km nature trail: 11 kcal/kg

In addition, it was found that heart rate and activity monitors can measure accurately enough the energy expenditure for these nature trails if the right subject information (age, height, weight, gender) is entered to the instrument.

Keywords: energy expenditure, AEE (activity energy expenditure), AEE/kg (activity energy expenditure divided by body weight)

LYHENTEET

AEE	Activity Energy Expenditure, aktiivisuuden energiankulutus
BMR	Basal Metabolic Rate, perusaineenvaihdunta
DIT	Diet Induced Thermogenesis, ruuan aiheuttama lämmöntuotto
DLW	Doubly-labelled water, kaksoisleimattu vesi
EE	Energy Expenditure, kokonaisenergiankulutus
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire, kansainvälinen fyysisen aktiivisuuden kysely
MET	Metabolic equivalent, lepoaineenvaihdunnan kerrannainen
RER	Respiratory Exchange Ratio, hengitysosamäärä
VCO ₂	hiilidioksidin tuotto, l/min
VO ₂	hapenkulutus, l/min

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET

1	JOHDANTO	8
2	KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN OSA-ALUEET	10
3	ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	12
4	ENERGIANKULUTUKSEN MITTAAMISEN MENETELMÄT	15
4.1	Suora kalorimetria	15
4.2	Kaksoisleimattu vesi	15
4.3	Epäsuora kalorimetria	16
4.3.1	Energiankulutuksen laskeminen hapenkulutuksen avulla	16
4.3.2	Energiankulutuksen laskentakaavat hapenkulutuksen avulla	17
4.4	Sykkeeseen perustuva arviointi	18
4.5	Kiihtyvyyssmittarit	18
4.6	Päiväkirjat ja kyselyt	19
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	20
6	MENETELMÄT	21
6.1	Koehenkilöt	21
6.2	Mittalaitteet	22
6.3	Testiprotokolla	22
6.3.1	Päiväohjelma	23
6.3.2	Viikko-ohjelma	24
6.4	Aktiivisuuden energiankulutus ja kuormittavuusindeksi	25
6.5	Tilastollinen analyysi	26
7	TULOKSET	27
7.1	Koehenkilöiden aika-, nopeus- ja syketedot	27
7.2	Koehenkilöiden askelmäärätiedot	28
7.3	Painon muutokset eri luontoreiteillä	28
7.4	Luontoreittien kokonaisenergiankulutus eri menetelmillä	30
7.4.1	Osamatkojen energiankulutus eri luontoreiteillä	30
7.4.2	Koko reitin energiankulutus eri menetelmillä	32
7.4.3	Syke- ja aktiivisuusmittarin pätevyys arvioida energiankulutusta	34
7.5	Aktiivisuuden energiankulutus (AEE) eri luontoreiteillä	36
7.6	Kuormittavuusindeksi (AEE/kg) eri luontoreiteillä	37
8	POHDINTA	39
9	LÄHTEET	44
10	LIITE 1: Koehenkilön fyysisen aktiivisuuden ja terveydentilan kyselylomake (IPAQ) ⁴⁹	

1 JOHDANTO

Yleisesti tiedetään säännöllisen liikunnan ja hyvän yleiskunnon edistävän terveyttä (Puska ym. 2003). Jo kohtuukuormitteinen liikunta, kuten kävely, voi ehkäistä diabetestä sekä sydän ja verisuonisairauksia. Liikunta vähentää erityisesti vyötärölihavuutta, auttaa painonhallinnassa, parantaa insuliiniherkkyyttä ja veren rasva-arvoja. Lisäksi liikunta vaikuttaa edistävästi mielenterveyteen ja elämänlaatuun. (Fogelholm ym. 2007a.)

Vapaa-ajan määrä on lisääntynyt viimeisten vuosikymmenien aikana ja työn keveneminen on mahdollistanut sen, että liikunnan harrastamiselle jäisi vielä aikaa ja energia työpäivän jälkeenkin. (Lahelma ym. 2006.) Liikunta kilpailee kuitenkin tietokoneen ja television kanssa ihmisten huomiosta ja ajasta (Lajunen ym. 2007; Tammelin ym. 2007). On löydettävä uusia keinoja tuotteistaa ja markkinoida liikuntaa (Parviainen 2008). Ihmisten terveyteen liittyvän tiedon lisääntyessä tarjolla on yhä enemmän terveyden edistämiseen ja ylläpitämiseen liittyviä palveluita. Liikunta- ja terveystalouden ammattilaisille onkin tärkeää pystyä arvioimaan vaivattomasti mutta tarkasti asiakkaiden liikunnan tarvetta ja määrää. Tämän perusteella he pystyvät tarjoamaan parasta mahdollista opastusta liikunnan annostelusta.

Lihavuus ja siitä seuraavat terveyshaitat ovat merkittävä kansanterveydellinen ongelma sekä Suomessa että muissa länsimaissa (Fogelholm ym. 2007b). Yksinkertaisesti ajateltuna lihavuus on seurausta liiallisesta energiansaannista suhteessa energiankulutukseen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kävelyn energiankulutusta ja kuormittavuutta erilaisilla luontoreiteillä. Yleensä kaikista luontoreiteistä löytyy tietoa reitin vaativuudesta; helppo, vaikeaa maastoa, vaativa yms. Luontoreittejä on pyritty luokittelemaan myös niiden vaatiman energian mukaan (Hugo 1999). Hugo ym. (1999) määritteli energiankulutuksen suoraan kartasta korkeuserojen ja kuljettavan matkan mukaan.

Energiankulutuksen mittaaminen tai arvioiminen mahdollisimman luotettavalla ja yksinkertaisella menetelmällä on tärkeää tarkasteltaessa jokapäiväistä fyysistä aktiivisuutta, energiankulutusta ja niiden vaikutusta yksilön terveyteen.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin lisäksi, kuinka kuluttajalle helppokäyttöiset syke- ja aktiivisuusmittarit arvioivat kävelyn energiankulutusta erilaisilla luontoreiteillä.

2 KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN OSA-ALUEET

Ihmisen vuorokautinen energiankulutus muodostuu kolmesta komponentista: perusaineenvaihdunta, lämmön tuottaminen ja fyysinen aktiivisuus. Aikuisen päivittäinen energiankulutus on vähintään 1200 kcal (Fogelholm 2007).

Perusaineenvaihdunnalla (BMR = Basal Metabolic Rate) tarkoitetaan välttämättömien elintoimintojen, kuten sydämen, maksan ja keuhkojen toiminnan aiheuttamaa energiankulutusta. Lisäksi perusaineenvaihduntaan kuuluu aineiden kuljettaminen solukalvon läpi ja kemiallisten yhdisteiden synteesi ja erityis. Kokonaisenergiankulutuksesta 65 - 70 % on perusaineenvaihduntaa. (Fogelholm&Uusitupa 1995; McArdle ym. 2001.188.)

Perusaineenvaihdunnan tarkka mittaaminen on aikaa vievää ja kallista. Se vaatii erikoismittalaitteet ja laboratorio-olosuhteet. Tämän takia perusaineenvaihdunnan arvioimiseksi on kehitetty useita eri laskentakaavoja. Niiden avulla voidaan perusaineenvaihdunta ennustaa koko kehon painon avulla, kun otetaan huomioon ikä ja sukupuoli. (Schofield 1985.)

Lämmön tuottaminen eli termogeneesi (DIT = Diet Induced Thermogenesis) tarkoittaa energiaravintoaineiden käsittelyn (pilkkominen, imeytyminen, kuljetus, varastoiminen) aiheuttamaa energiankulutusta ja kehon lämpötilan muutosten aiheuttamaa termistä vaikutusta (kuume, lihasvärinä) (McArdle ym. 2001.192-193.) Aineenvaihduntaan kuluu 2 - 4 % rasvojen, 10 % hiilihydraattien ja 25 % proteiinien sisältämästä energiasta. Ruoan käsittelyn aiheuttama lämmöntuotto lisää energiankulutusta useiksi tunneiksi ruoan nauttimisen jälkeen (Westerterp 2004). Ruoan aiheuttama lämmöntuotto on noin 10 % vuorokauden kokonaisenergiankulutuksesta.(Ilander 2006.)

Fyysiseen aktiivisuuteen tarvitaan luurankolihasien tekemää työtä, joka puolestaan kuluttaa energiaa. Fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus riippuu pääasiassa liikunnan kestosta ja rasittavuudesta. Lisäksi aktiivisuuden energiankulutukseen vaikuttavat kehon paino ja taloudellisuus. (Fogelholm 2007.)

Fyysinen aktiivisuuden energiankulutuksen erot ihmisten välillä voivat olla jopa 5000 kcal vuorokaudessa. Tähän osaan kokonaisenergiankulutuksesta ihminen voi vaikuttaa kaikkein eniten. (Fogelholm 2007.) Fyysisen aktiivisuuden osuus koko päivän energiankulutuksesta on 15 – 30 % (McArdle ym. 2001.192)

3 ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Kehon koostumus. Perusaineenvaihdunnan energiankulutukseen vaikuttaa mm. rasvattoman kudoksen määrä. Mitä enemmän lihaskudosta kehossa on, sitä suurempi on perusaineenvaihdunta. (Yki-Järvinen 2005.) Erityisesti kehon painolla on suuri merkitys energiankulutukseen liikunnassa (kävely, juoksu), jossa kannatellaan omaa painoa (McArdle ym. 2001.196). Ylipainoisille voidaankin suositella kehoa kannattelevaa liikuntaa sen suuremmasta energiankulutuksesta johtuen. Runsaasti energiaa kuluttavissa lajeissa (esim. maraton) taas pyritään pieneen kehon painoon liikunnan energiankulutuksen minimoimiseksi. (Ilander 2006.)

Ikä. Iän mukana perusaineenvaihdunnan määrä kehon painokiloa kohti pienenee lähinnä kasvun päättymisen takia. Rasvakudoksen suhteellinen osuus lisääntyy ja rasvattoman kudoksen, pääasiassa lihaskudoksen, määrä vähenee. Rasvakudoksen lisääntyminen johtuu pääasiassa normaalin elämän fyysisen aktiivisuuden vähenemisestä (Krishnan ym. 2003.)

Sukupuoli. Perusaineenvaihdunnan energiankulutus määräytyy osittain myös sukupuolen mukaan. Naisilla lihasmassaa on yleensä vähemmän ja täten perusaineenvaihdunta pienempi (Yki-Järvinen 2005). Jos kokonaisenergiankulutus suhteutetaan kehon koostumukseen, ei sukupuolten välillä ole eroa (Klausen ym. 1997).

Lämpötila. Lämpimässä kehon lämpötila ja perusaineenvaihdunnan energiankulutus suurenevat, kunnes hikoilu lisääntyy, mikä lisää energian häviämistä lämpönä ja pyrkii normalisoimaan lämpötilan (Yki-Järvinen 2005). Kylmässä kehon lämpötila ja perusaineenvaihdunnan energiankulutus laskevat, kunnes lihasvärinä lisääntyy ja palauttaa kehon lämpötilan ja perusaineenvaihduntanopeuden normaaliksi. (Dauncey 1980).

Hormonit. Kilpirauhasen liikatoiminta lisää ja vajaatoiminta pienentää perusaineenvaihduntaa. Perusaineenvaihdunnan mittausta onkin ennen käytetty kilpirauhassairauksien diagnosoinnissa. Myös katekoliamiinien, testosteronin ja kasvuhormonin on havaittu lisäävän energiankulutusta.

Progesteroni nostaa kehon lämpötilaa naisilla kuukautiskierron lopulla ja täten lisää myös energiankulutusta. Toisaalta estrogeeni lisää rasvan varastoitumista ja täten vähentää perusaineenvaihduntaa. (Yki-Järvinen 2005.)

Ravitsemustila. Paaston aikana perusaineenvaihdunnan energiankulutus pienenee. Osa muutoksista johtuu rasvattoman kudoksen vähenemisestä, osa hormonaalisista muutoksista. Ylimääräinen energiansaanti lisää perusaineenvaihdunnan energiankulutusta, koska sekä rasvakudos että rasvaton kudos lisääntyvät. Runsas hiilihydraattien käyttö lisää myös energiankulutusta, koska hiilihydraatin muuttaminen rasvaksi kuluttaa energiaa. (Yki-Järvinen 2005; Webber 2003.)

Liikuntamuoto ja kesto. Liikunnalla on jonkin verran sekä lyhyt- että pitkäaikaisia vaikutuksia perusaineenvaihduntaan. Sekä voima- ja kestävyysharjoittelu tai näiden yhdistelmä lisää perusaineenvaihdunnan energiankulutusta. Tämä johtunee suureksi osaksi kehon koostumuksen muutoksista. (Dolezal&Potteiger 1998.) Suurimmat kokonaisenergiankulutukset urheilijoilla on todettu pyöräilijöillä (Vogt ym. 2005), hiihtäjillä (Boulay ym. 1994) ja uimareilla (Trappe ym. 1997). Näiden lajien suuri kulutus aiheutuu useiden tuntien harjoittelusta päivän aikana. Kestävyysjuoksu kuluttaa myös runsaasti energiaa, mutta lajin alaraajojen kuormitus estää yhtä pitkien harjoitusten tekemisen kuin pyöräilyssä, uinnissa ja hiihdossa.

Liikunnan teho eli intensiteetti. Kun fyysisen aktiivisuuden teho kasvaa, kasvaa myös energiankulutus. Koko vuorokauden energiankulutus ei kuitenkaan ole riippuvainen yksittäisen liikuntakerran tehosta, vaan energiansaannin ja – kulutuksen erotuksesta. Painonhallinnan kannalta liikunnan kokonaismäärällä on merkitystä riippumatta sen rasittavuudesta (Saris&Schrauwen 2004). Jokapäiväistä fyysisen aktiivisuuden energiankulutusta ja intensiteettiä voidaan kuvata MET indeksillä. MET -arvo kertoo kuinka paljon tietty liikuntasuoritus kuluttaa energiaa verrattuna lepotilassa käytettyyn energiaan. 1 MET vastaa istuvan ihmisen energiankulutusta yhtä kilokaloria painokiloa kohden tunnissa. (Ainsworth ym. 2000.)

Liikunnan taloudellisuus. Taloudellisuus kuvaa energiankulutusta verrattuna tehtyyn työhön: mitä parempi taloudellisuus, sitä pienempi energiankulutus.

Lajeissa, joissa kannatellaan omaa painoa (kävely, juoksu), taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Kuormituksen aikana käytetään energialähteinä pääasiassa hiilihydraatteja ja rasvoja. Jos pääosa energiasta suorituksen aikana saadaan rasvoista, suorituksen taloudellisuus pienenee ja energian kulutus kasvaa. Harjoittelu parantaa suorustekniikkaa ja suorituksen taloudellisuutta. Taloudellisuus ei kuitenkaan siirry lajista toiseen eli jos liikkujan kävely on taloudellista, se ei välttämättä näy saman liikkujan juoksussa. (Nummela 2004.)

4 ENERGIANKULUTUKSEN MITTAAMISEN MENETELMÄT

Energiansaantia voidaan mitata eri ruoka-aineiden ja annoskokojen energiamäärillä. Energiankulutusta puolestaan voidaan mitata tai arvioida useilla erilaisilla menetelmillä: suoralla ja epäsuoralla kalorimetrialla, kaksoisleimatulla vedellä, sykkeen avulla, kiihtyvyyssantureihin perustuvilla liike- ja aktiivisuusmittareilla sekä erilaisilla fyysisen aktiivisuuden kyselyillä ja päiväkirjoilla. Eri menetelmillä on omat etunsa ja rajoituksensa, toiset soveltuvat pelkästään laboratorio-olosuhteisiin ja toiset myös kenttäolosuhteisiin, esim. arkiaktiivisuuden energiankulutuksen seurantaan.

4.1 Suora kalorimetria

Tarkin menetelmä energiankulutuksen mittaamiseen on suora kalorimetria, joka perustuu vapautuneen lämpöenergian mittaamiseen. Kaikki kemialliset reaktiot kehossa johtavat lopulta lämmön tuottamiseen. Kehosta vapautuvaa lämpöä voidaan mitata suljetussa kalorimetrissä, jossa pienetkin lämpötilan muutokset ovat havaittavissa. Lämmön tuoton mittaaminen ilmatiiviissä kalorimetrissä on rajoitettua kalleutensa sekä epäkäytännöllisyytensä vuoksi monissa tapauksissa. Lisäksi suorassa kalorimetriassa on lämmön johtumisesta ym. tekijöistä johtuen pieni viive, jolloin täysin reaaliaikaisen seuranta ei ole mahdollista. Yleisimmin kalorimetrejä käytetäänkin tietyn aikavälin, esim. useamman tunnin kokonaisainevaihdunnan tason määrittämisessä. (McArdle ym. 2001.175–176.)

4.2 Kaksoisleimattu vesi

Kaksoisleimattu vesi -menetelmässä (Doubly-labeled water, DLW) koehenkilölle annetaan tietty annos stabiilein isotoopein (^2H , ^{18}O) merkittyä vettä, jonka jälkeen isotooppien poistumista veden ja CO_2 :n muodossa seurataan virtsasta. Virtsanäytteestä määritetään isotooppien poistumisnopeuden ero, joka kuvaa CO_2 tuottoa mittausjaksolla. Tätä voidaan käyttää arvioimaan kokonaisenergiankulutusta. (Schoeller 1988.)

Kaksoisleimattu vesi -menetelmän (Doubly-labeled water, DLW) on todettu olevan luotettavin energiankulutuksen mittaamenetelmä, jolla voidaan arvioida useiden päivien kokonaisenergiankulutussummaa. Tutkimuksessaan Seale ym. (1990) havaitsivat että energian kulutuksen mittaaminen suoralla ja epäsuoralla kalorimetrialla rajoittavat normaaleja päivittäisiä toimia. Sen sijaan DLW sopii paremmin pitempiaikaiseen ja kentällä tapahtuvaan energiankulutuksen mittaamiseen (Seale ym. 1990). Sitä on käytetty kultaisten standardina verrattaessa muiden energiankulutuksen mittaamenetelmien luotettavuutta ja tarkkuutta (Ainslie ym. 2003).

4.3 Epäsuora kalorimetria

Kehon energia-aineenvaihdunta tapahtuu pääasiassa hapen avulla. Menetelmässä mitataan sisään- ja uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuudet sekä hengitysilman tilavuus. Sisään- ja uloshengitetyn ilman happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien erojen avulla saadaan selville hapenkulutus (VO_2) ja hiilidioksidin tuotto (VCO_2). Hapenkulutuksen ja hiilidioksidin tuoton lisäksi epäsuorassa kalorimetriassa on määritettävä myös ventilaatio eli keuhkotuuletus (l/min) sekä hengitysosamäärä (RER), joka kuvaa tuotetun hiilidioksidin ja hapenkulutuksen suhdetta. Nykyään hapenkulutusta voidaan mitata myös laboratorio-olosuhteiden ulkopuolella kannettavalla hengityskaasu-analysaattorilla. Laitteiden kalleus sekä ilmeiset käyttörajoitukset normaalissa elämässä estävät välineistön leviämistä muualle kuin ammattilais- ja tutkimuskäyttöön. (McArdle ym. 2001.176–180.)

4.3.1 Energiankulutuksen laskeminen hapenkulutuksen avulla

Happea kulutetaan energiaravintoaineiden muuttuessa kehossa lämmöksi ja lihastyöksi ja mittaamalla hapenkulutus voidaan määrittää energiankulutus.

Koska hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit sisältävät monia erilaisia yhdisteitä, ne vaativat eri määriä happea molekyylien hiili- ja vetyatomien hapettamiseen hiilidioksidiksi ja vedeksi. Siksi hiilidioksidin tuotto suhteessa kulutettuun happiyksikköön vaihtelee riippuen aineenvaihdunnallisen aineen (hiilihydraatti, rasva, proteiini) tyypistä.

Ravinto-aineen täydellisessä palamisessa muodostuneen hiilidioksidin (VCO_2) ja kulutetun hapen (VO_2) suhdetta kutsutaan hengitysosamääräksi (RER). Tuotettaessa 100 % energiasta hiilihydraateista RER on 1.00, rasvoista 0.70 ja proteiineista 0.82. (McArdle ym. 2001.182–183.)

Jo 1900-luvun alussa selvitettiin in vitro tutkimuksissa hiilihydraatin, rasvan ja proteiinin kaloriset ekvivalentit. Kalorinen ekvivalentti kuvaa kalorimäärää, joka tuotetaan käytettäessä litra happea. Kun energiaksi käytetään vain hiilihydraatteja, yhden happilitran kulutus tuottaa 5.06 kcal energiaa. Vastaavasti käytettäessä vain rasvoja energialähteenä, yksi happilitra tuottaa 4.68 kcal energiaa. Proteiinien kalorinen ekvivalentti on 4.48. (Montoye ym. 1996.)

Energiankulutusta (EE) laskettaessa olisi tiedettävä tarkat hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien määrät. Hankalinta on proteiinin määrän selvittäminen, joka voidaan tehdä virtsaan erittyvän typen määrän avulla. Tavallisesti proteiinien osuus kokonaisenergiankulutuksesta on 10–15 %. Jos proteiinien osuus poistetaan, vastaa se noin 1 %:n virhettä kokonaisenergiankulutuksessa. Tästä johtuen hankala proteiinien määrän mittaus ja energiankulutuksen määrittäminen voidaan jättää pois laskettaessa kokonaisenergiankulutusta (Turell&Alexander 1964; Weir 1949).

4.3.2 Energiankulutuksen laskentakaavat hapenkulutuksen avulla

Tutkimuksissaan Weir (1949) yksinkertaisti energiankulutuksen laskentakaavan muotoon:

$$EE \text{ (kcal /min)} = VO_2 * (1.1 * RER + 3.9) \quad (1)$$

Tämä kaava on ns. muunneltu Weirin kaava, koska siitä on jätetty proteiinien vaikutus kokonaan pois.

Toinen energiankulutuksen laskentakaava perustuu 1900-luvun alkupuolella julkaistuun hiilihydraatin ja rasvan kaloristen ekvivalenttien taulukkoon (Lusk 1924; McArdle ym. 2001.183).

$$EE \text{ (kcal/min)} = VO_2 \times (1.2064 \times RER + 3.8455) \quad (2)$$

4.4 Sykkeeseen perustuva arviointi

Energiankulutusta voidaan arvioida myös sykkeen avulla. Sykkeen ja hapenkulutuksen ja siten myös sykkeen ja energiankulutuksen yhteys on lähes lineaarinen keski-intensiteettisissä aktiviteeteissä. Matalilla ja erittäin korkeilla aktiviteettitasoilla yhteys ei ole täysin lineaarinen. (Hiilloskorpi ym. 2003.) Sykkeeseen ja hapenkulutukseen vaikuttavat fyysisen kuormituksen käytettävä lihastyötapa (dynaaminen, staattinen/isometrinen) ja aktiivisen lihaskudoksen määrä (yläraajat, alaraajat, koko keho). Lisäksi henkilön kunto, ikä ja sukupuoli vaikuttavat sykkeeseen ja hapenkulutukseen. Myös muut tekijät kuin fyysinen aktiivisuus vaikuttavat sykkeeseen mutta ei välttämättä hapenkulutukseen. Tällaisia tekijöitä ovat mm. stressi, ympäristön lämpötila ja kosteus, nestevajaus, kehon asento (makuu, istuminen, seisominen) ja sairaudet. (Ainslie ym. 2003.) Sykkeen mittaus on kuitenkin suhteellisen halpa ja helppo tapa arvioida energiankulutusta. Energiankulutuksen mittaus sykkeen avulla on validoitu mm. epäsuoralla kalorimetrillä (Garet ym. 2005).

4.5 Kiihtyvyyssmittarit

Henkilön liikkeessa voidaan teoriassa ajatella, että raajat ja vartalo kiihtyvät suorassa suhteessa lihasten tuottamiin voimiin ja siten energiankulutukseen (Montoye ym. 1996). Kiihtyvyyssmittarit mittaavat kiihtyvyyttä yhdessä, kahdessa tai kolmessa tasossa (Ainslie ym. 2003). Kun kiihtyvyyssmittariin lisätään muita antureita kuten paine- ja lämpötila-antureita, saadaan ihmisen kokonaisaktiivisuus paremmin arvioitua yhdistelemällä eri antureiden mittaustuloksia (Brugniaux ym. 2008). Kiihtyvyyssmittarit ovat halpoja ja helppoja käyttää mitattaessa jokapäiväistä liikunnan aktiivisuutta. Aktiivisuusmittareita on validoitu epäsuoralla kalorimetrillä (Levine ym. 2001) ja kaksoisleimatun veden avulla (Ekelund ym. 2001; Tharion ym. 2004).

4.6 Päiväkirjat ja kyselyt

Henkilön fyysistä aktiivisuutta ja energiankulutusta voidaan selvittää käyttämällä erilaisia kyselyjä ja päiväkirjoja. Kyselyt voidaan suorittaa esimerkiksi postikyselymenetelmällä tai haastattelemalla henkilökohtaisesti tai puhelimitse. Kyselyiden hyvänä puolella on se, etteivät ne juuri vaikuta tutkittavan käyttäytymiseen.

Kyselyyn vastaajien on kuitenkin havaittu joko aliarvioivan (Boulay ym. 1994) tai yli-raportoivan (Fogelholm ym. 2006) omaa aktiivisuuttaan riippuen todellisesta fyysisestä aktiivisuudesta. Eri maiden ja kulttuureiden ihmisten fyysisen aktiivisuuden ja energiankulutuksen selvittämiseen on käytetty validoitua (Craig ym. 2003) kansainvälistä fyysisen aktiivisuuden kyselyä IPAQ (International Physical Activity Questionnaire).

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erilaisten ja eripituisten luontoreittien kuormittavuus. Luontoreitit sijaitsivat Rokuan Kuntokeskuksen maastossa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida kuinka luotettavasti kuluttajalle helppokäyttöiset syke- ja aktiivisuusmittarit arvioivat kävelyn energiankulutusta erilaisilla luontoreiteillä.

Tutkimus tehtiin Jyväskylän yliopiston, Snowpoliksen ja Rokuan kuntokeskuksen yhteistyönä. Tutkimuksessa käytettävät reitit oli valittu yhdessä Humanpoliksen edustajan kanssa.

6 MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöille lähetettiin kyselylomake, jolla selvitettiin koehenkilön fyysistä aktiivisuutta ja terveydentilaa (IPAQ) (Liite 1). Koehenkilö sai näiden tietojen perusteella fyysiseltä aktiivisuudeltaan mahdollisimman samanlaisen parin kävelyreitille.

Esitietolomakkeen mukana oli myös terveysseula, jolla selvitettiin terveydentila ja mahdollinen testeihin vaikuttava lääkitys.

Koehenkilöiksi valittiin 6 naista ja 6 miestä. Kaikki koehenkilöt olivat perusterveitä, eikä heillä ollut suorituksiin vaikuttavia sairauksia tai lääkitystä. Henkilöt olivat pääasiassa Rokuan kuntokeskuksen henkilökuntaa. Taulukossa 1 on kuvattu koehenkilöiden taustatiedot ja kehonkoostumus.

TAULUKKO 1: Koehenkilöiden taustatiedot ja kehon koostumus (ka ± sd).

Ryhmä	Ikä	Pituus [cm]	Paino [kg]	BMI [kg/m ²]	Rasva-%	Rasvaton massa [kg]
Naiset (n=6)	45.8 ± 6.0	167.5 ± 4.8	71.6 ± 10.7	25.5 ± 3.0	30.0 ± 5.5	50.0 ± 7.4
Miehet (n=6)	43.5 ± 12.2	180.0 ± 10.0	79.4 ± 12.5	24.4 ± 2.3	16.7 ± 4.8	66.0 ± 9.9
Kaikki (n=12)	44.7 ± 9.3	173.8 ± 9.9	75.5 ± 11.9	25.0 ± 2.6	23.3 ± 8.5	58.0 ± 11.8

Ennen tutkimuksen alkua koehenkilöille pidettiin tiedotustilaisuus, missä kerrottiin tutkimuksen tarkoitus, koehenkilön valmistautumisohjeet, esiteltiin mittausvälineet, testien aikataulu ja kuljettavat matkat. Lisäksi koehenkilöille annettiin kirjalliset valmistautumisohjeet ja suullinen ohjeistus kehon koostumusmittaukseen valmistautumisesta.

Koehenkilöt saivat keskeyttää tutkimuksen halutessaan ilman syytä tai mikäli heille tapahtuisi loukkaantumisia. Koehenkilöt allekirjoittivat kirjallisen sitoumuksen tutkimukseen osallistumisesta.

6.2 Mittalaitteet

Jokaisen koehenkilön kehonkoostumus mitattiin kerran bioimpedanssilla (InBody 720, Biospace Co. Ltd, Etelä-Korea). Mittaus suoritettiin aamulla ennen aamupalan nauttimista. Samalla laitteella mitattiin koehenkilön paino aina ennen testin alkua ja heti testin jälkeen. Tällä tavoin seurattiin koehenkilön mahdollista nestevajausta.

Energiankulutus mitattiin kannettavalla hengityskaasuanalysointilaitteella (MetaMax 3B, Cortex, Saksa). Analysointilaitteen tulokset talletettiin tietokoneelle analysointia varten (Metasoft 3 v3.1.1, Cortex, Saksa). Hengityskaasuanalysointilaitteet kalibroitiin aina ennen testiä ja testin jälkeen tunnettua kaasupitoisuutta ja huoneilmaa vastaan. Samalla suoritettiin analysointilaitteelle myös tilavuuskalibrointi. Kalibrointien tarkoituksena oli korjata happi- ja hiilidioksidianturin mahdollinen liukuma testin aikana.

Lisäksi energiankulutusta arvioitiin keräämällä sydämen syketyöt sekä mittaamalla kävelyn aktiivisuutta ja askelmääriä. Syketyöt mitattiin sykemittarilla (Polar S810i, Polar, Kempele). Tiedot siirrettiin tietokoneelle ja analysoitiin (Polar Precision Performance v4.03.050, Polar, Kempele). Kävelyn aktiivisuus ja askelmäärä mitattiin aktiivisuusmittarilla (Polar AW200 Activity Watch, Polar, Kempele). Ennen testiä molempiin mittareihin päivitettiin tutkittavan tiedot (pituus, paino, sukupuoli, syntymäaika).

Reitti- ja korkeustiedot kerättiin urheilutietokoneella (FRWD Sport Performance Recorder, FRWD Technologies, Oulu). Data siirrettiin tietokoneelle ja analysoitiin (FRWD O400 Replayer 1.0 Build:107, FRWD Technologies, Oulu). Reittitietojen avulla matkat voitiin jakaa tasavälisiin osamatkoihin.

6.3 Testiprotokolla

Koehenkilöt kävelivät pareittain kolme eripituista reittiä (4.8 km, 10.6 km ja 13 km). Reitit oli merkitty maastoon normaaleilla reititysmerkeillä sekä muutamiin kohtiin oli lisätty teippimerkkausta ja kuvallisia ohjeita. Jokainen testattava sai mukaansa reittikartan.

Koehenkilöt ohjeistettiin kävelemään ripeää/reipasta vauhtia, mutta juoksu oli kielletty. Kävelyn aikana nestettä sai nauttia 30 minuutin välein. Samalla pystyi kuivaamaan mahdollista hikeä hengityskaasuanalysaattorin maskista. Tauot merkittiin sykemittariin ja hengityskaasuanalysaattoriin laitteiden omilla merkitsemisnapeilla.

6.3.1 Päiväohjelma

Koehenkilön testipäivän aikataulu ja ruokailu oli ohjeistettu (Taulukko 2). Aamupala oli kello 7.30, kevyt keittolounas kello 11.30 ja välipala kello 14.30. Joka päivä keittolounaan sai Rokuan Kuntokeskuksen ravintolasta. Testin jälkeen ja välipäivinä koehenkilöt saivat syödä normaalisti. Tällä pyrittiin vakioimaan ruuan aiheuttama energiankulutus kaikille koehenkilöille samaksi.

Päivän ensimmäinen koehenkilöpari saapui kehonkoostumusmittaukseen kello 7.15. Mittauksen jälkeen he menivät aamupalalle. Koehenkilöparin testi alkoi 13 km:n matkan kävelyllä kello 9.00, jota ennen heidän painonsa oli mitattu. Kävelyn jälkeen paino mitattiin uudelleen.

Päivän toinen koehenkilöpari saapui painon mittaukseen kello 12.30. Heidän kävelynsä (10.6 km) alkoi kello 13.00. Kävelyn jälkeen mitattiin paino.

Päivän kolmas koehenkilöpari saapui painon mittaukseen kello 15.30. Heidän kävelynsä (4.8 km) alkoi kello 16.00. Kävelyn jälkeen mitattiin koehenkilöiden paino.

TAULUKKO 2: Koehenkilöparien päiväaikataulu.

	13 km	10.6 km	4.8 km
07:15	Rasvaprosentti		
07:30	Aamupala	Aamupala	Aamupala
08:30	Paino		
09:00	Testi alkaa		
11:30		Lounas	Lounas
n.12:00	Testi loppuu		
	Paino		
12:30		Paino	
13:00		Testi alkaa	
14:30			Välipala
n.15.00		Testi loppuu	
		Paino	
15:30			Paino
16:00			Testi alkaa
n. 17:00			Testi loppuu
			Paino

6.3.2 Viikko-ohjelma

Koehenkilöparien suoritusajankohdat satunnaistettiin niin, että jokaisen suorituksen välillä oli yksi lepopäivä (Taulukko 3). Mittaukset suoritettiin yhden viikon aikana.

TAULUKKO 3. Koehenkilöparien viikkoaikataulu.

	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai
07:15	Pari 1.	Pari 4.	Pari 2.	Pari 5.	Pari 3.	Pari 6.
12:30	Pari 2.	Pari 5	Pari 3.	Pari 6	Pari 1.	Pari 4.
15:30	Pari 3.	Pari 6	Pari 1.	Pari 4	Pari 2.	Pari 5.

6.4 Aktiivisuuden energiankulutus ja kuormittavuusindeksi

Koko luontoreitin energiankulutuksen laskemiseksi reitit jaettiin 2 km:n pituisiin osamatkoihin. Lyhin matka (4.8 km) jaettiin kahteen osaan, jolloin osamatkaksi tuli 2.4 km:ä. Keskimmaisella matkalla (10.6 km), viimeisen osamatkan pituudeksi tuli 2.6 km:ä. Pisimmällä matkalla (13 km), viimeinen osuus on vain 1 km.

Tuloksista poistettiin markereilla merkityt taukokohdat. Osamatkojen energiankulutus laskettiin hengityskaasuanalysointituloksista kahdella eri kaavalla (kts. kaavat 1 ja 2 s. 13–14). Koko reitin energiankulutus saatiin laskemalla yhteen osamatkojen energiankulutukset.

Aktiivisuuden energiankulutus (AEE = Activity Energy Expenditure) laskettiin kaavalla

$$AEE = EE - DIT - BMR \quad (3)$$

missä EE = koko luontoreitin energiankulutus

$$DIT = 10 \% * EE$$

BMR laskettiin Schofieldin kaavalla (MJ/24h) (Schofield 1985):

$$BMR = 0.048 * \text{paino}; 30\text{--}60 \text{ vuotiaalle miehille}$$

$$BMR = 0.034 * \text{paino}; 30\text{--}60 \text{ vuotiaalle naisille}$$

Eri luontoreittien rasittavuuden mittarina käytettiin kuormittavuusindeksiä, joka saatiin jakamalla AEE kehon painolla (AEE/kg) (Ekelund ym. 2004).

6.5 Tilastollinen analyysi

Tilastolliseen tarkasteluun käytettiin SPSS 15.0 – ohjelmaa (SPSS Inc., Chigago, IL). Tuloksista laskettiin muuttujien keskiarvot ja – hajonnat ($\bar{x} \pm s.d.$).

Eri menetelmien välisten tulosten analysointiin käytettiin parillista T-testiä. Energiankulutusmenetelmien, luontoreittien ja sukupuolien välistä energiankulutusta verrattiin monimuuttujaisella (luontoreitti x menetelmä x sukupuoli) varianssi-analyysillä (Multivariate ANOVA). Post Hoc vertailutestinä käytettiin Bonferroni-menetelmää. Kuvissa merkitsevyystasot on merkitty tähdillä: $p < 0.001$ (***) , $p < 0.01$ (**) ja $p < 0.05$ (*).

Energiankulutuksen arviointimenetelmien pätevyyttä arvioitiin Bland & Altman menetelmällä (Bland&Altman 1986).

7 TULOKSET

Jokainen koehenkilö (6 naista, 6 miestä) suorittivat kaikki kokeet loppuun eli he kävelivät kaikki luontoreitit. Tuloksissa koehenkilöjoukko kuitenkin vaihtelee, koska joillakin koehenkilöillä jokin mittalaite ei toiminut koko matkan ajan ja näitä tuloksia ei voitu ottaa huomioon.

7.1 Koehenkilöiden aika-, nopeus- ja syketiedot

Naisten ja miesten eri luontoreittien kävelyajat eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Sen sijaan eri luontoreittien välillä kävelyajat erosivat merkitsevästi ($p < 0.001$) sekä naisilla, miehillä että koko testijoukolla (Taulukko 4).

Naisilla ja koko ryhmällä ei ollut millään luontoreitillä merkittävää eroa kävelynopeudessa. Miehillä 4.8 km:n luontoreitin kävelynopeus oli merkitsevästi hitaampi ($p < 0.05$) kuin 13 km:n kävelynopeus. (Taulukko 4).

Kaikilla luontoreiteillä naisten keskimääräinen syke oli korkeampi kuin miehillä, mutta heidän välillä ei kuitenkaan ollut tilastollista eroa. Eri reittien välillä ei naisilla, miehillä eikä koko ryhmällä ollut merkitsevää eroa keskimääräisessä sykkeessä (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. Koehenkilöiden aika-, nopeus- ja syketiedot (ka \pm sd).

	Matka (km)	Aika (min)	Nopeus (km/h)	Syke (bpm)
Naiset (n=6)	4.8	49 \pm 5	5.9 \pm 0.6	145 \pm 14
	10.6	109 \pm 18 +	6.0 \pm 0.9	142 \pm 13
	13	131 \pm 17 *#	6.0 \pm 0.7	137 \pm 11
Miehet (n=6)	4.8	49 \pm 9	6.0 \pm 1.0	130 \pm 25
	10.6	107 \pm 18 +	6.1 \pm 1.0	125 \pm 25
	13	126 \pm 22 *#	6.4 \pm 1.1 †	129 \pm 30
Kaikki (n=12)	4.8	49 \pm 7	6.0 \pm 0.8	137 \pm 21
	10.6	108 \pm 17 +	6.0 \pm 0.9	134 \pm 21
	13	128 \pm 19 *#	6.2 \pm 0.9	133 \pm 22

+ vertailu 4.8 km:n aikaan, $p < 0.001$

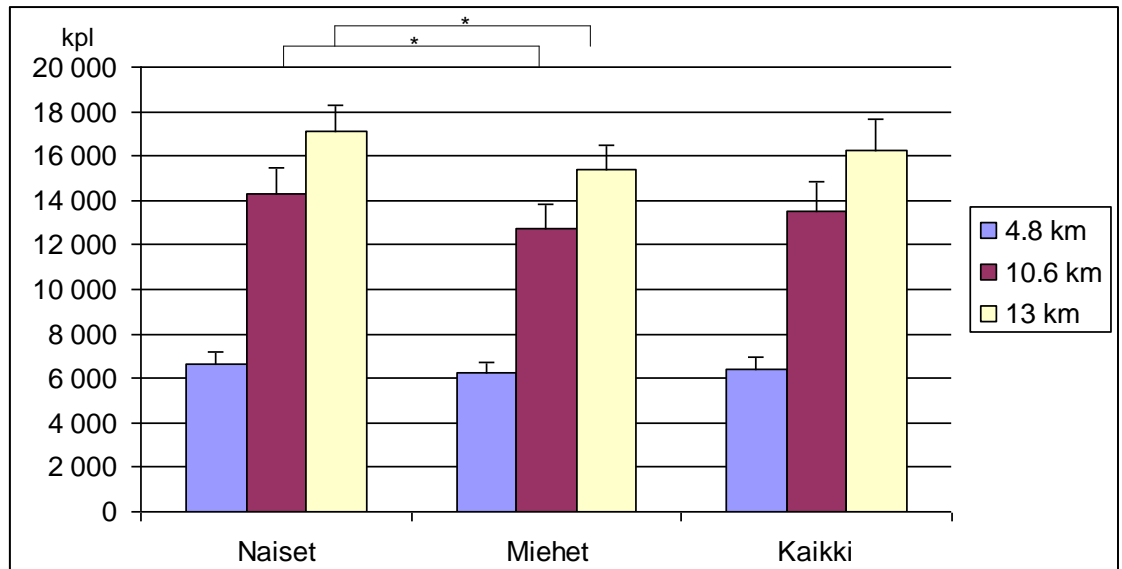
* vertailu 10.6 km:n aikaan, $p < 0.001$

vertailu 4.8 km:n aikaan, $p < 0.001$

† vertailu 4.8 km:n nopeuteen miehillä, $p < 0.05$

7.2 Koehenkilöiden askelmäärätiedot

Jokaisella luontoreitillä naisten (n = 6) keskimääräiset askelmäärät olivat miehiä (n = 6) korkeammat, mutta ero oli merkitsevä ($p < 0.05$) vain luontoreitillä 10.6 km ja 13 km. Eri luontoreittien välillä askelmäärät erosivat merkitsevästi sekä naisilla, miehillä että koko testijoukolla ($p < 0.001$) (Kuva 1).



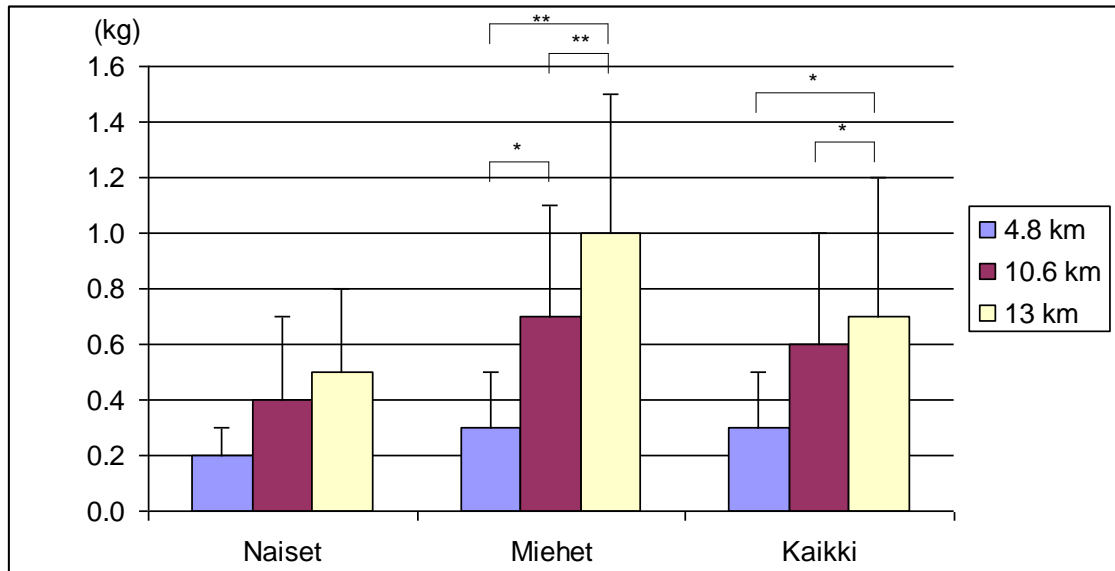
KUVA 1. Koehenkilöiden askelmäärätiedot eri luontoreiteillä (ka ± sd).

7.3 Painon muutokset eri luontoreiteillä

Kaikilla luontoreitillä molemmilla sukupuolilla tapahtui painon laskua. Lyhimmällä (4.8 km:n) luontoreitillä naisilla (n = 6) painonpudotus oli 0.2 ± 0.1 kg ($p < 0.01$) ja miehillä (n = 6) 0.3 ± 0.2 kg ($p < 0.001$). 10.6 km:n luontoreitillä naisten paino aleni 0.4 ± 0.3 kg ($p < 0.05$) ja miesten paino 0.7 ± 0.4 kg ($p < 0.01$). 13 km:n luontoreitillä naisten painonpudotus oli 0.5 ± 0.3 kg ($p < 0.05$) ja miesten 1.0 ± 0.5 kg ($p < 0.001$).

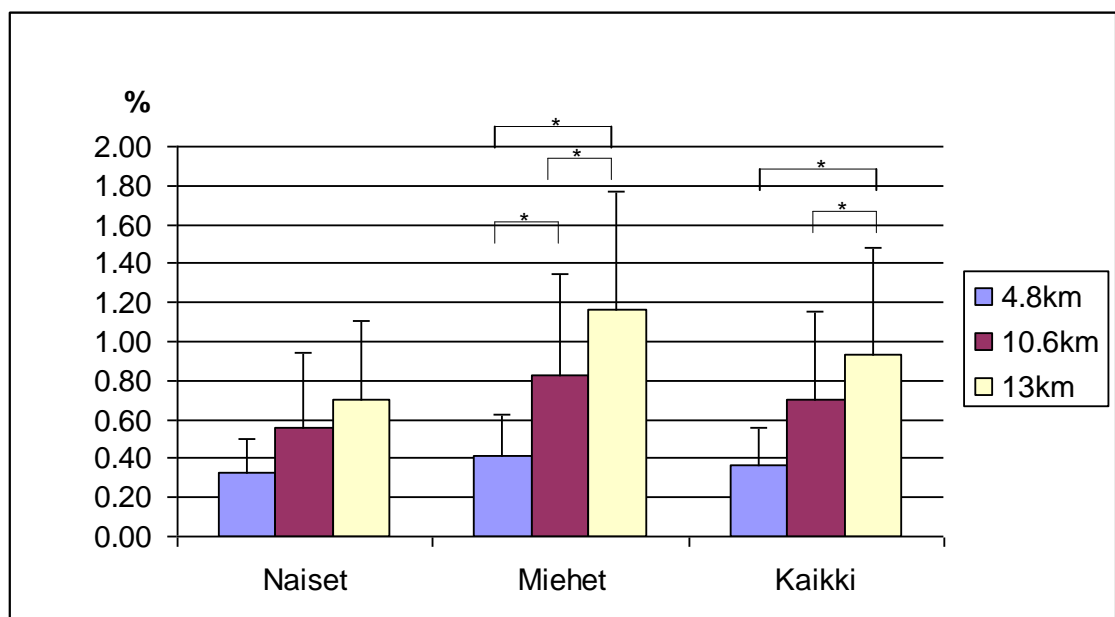
Tarkasteltaessa ryhmiä yhdessä, 4.8 km:n luontoreitillä paino aleni 0.3 ± 0.2 kg ($p < 0.001$), 10.6 km:n luontoreitillä 0.6 ± 0.4 kg ($p < 0.001$) ja 13 km:n luontoreitillä 0.7 ± 0.5 kg ($p < 0.001$).

Naisilla ei ollut absoluuttisessa painonmuutoksessa merkitsevää eroa eri luontoreittien välillä. Miehillä ja tarkasteltaessa koko ryhmää absoluuttisessa painonmuutoksessa oli merkitsevä ero kaikkien luontoreittien välillä ($p < 0.05$ – 0.001). Naisilla ja miehillä keskenään ei painonmuutoksessa ollut merkitsevää eroa eri luontoreiteillä (Kuva 2).



KUVA 2. Painon absoluuttiset muutokset eri luontoreiteillä (ka \pm sd).

Suhteellinen painonmuutos oli naisilla ja miehillä kaikilla luontoreiteillä sama. Paino ei kuitenkaan kenelläkään koehenkilöisrta pudonnut yli 2 % omasta painosta (Kuva 3).



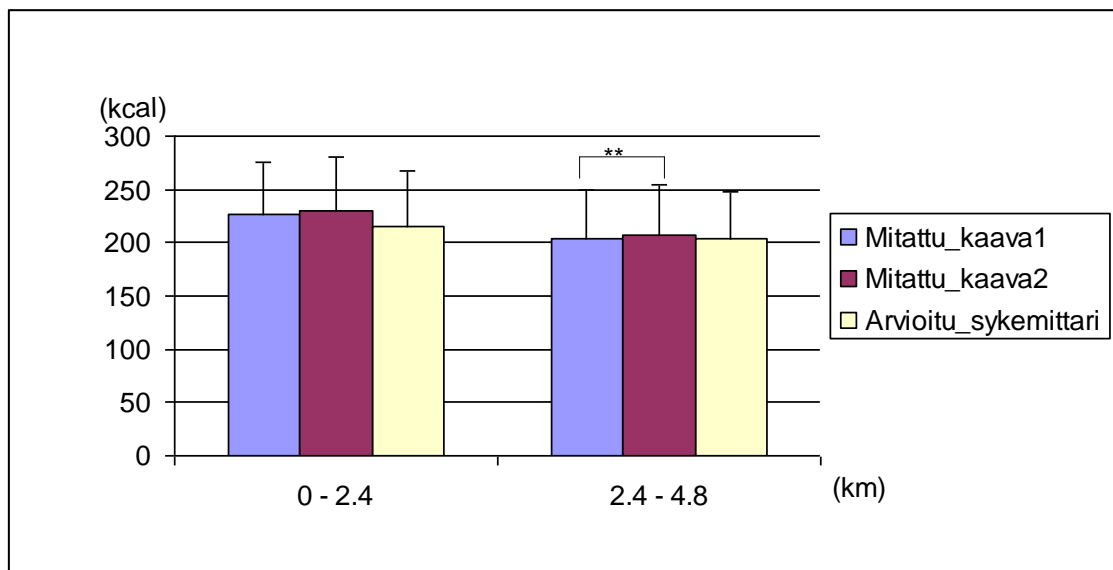
KUVA 3. Painon suhteelliset muutokset eri luontoreiteillä (ka \pm sd).

7.4 Luontoreittien kokonaisenergiankulutus eri menetelmillä

7.4.1 Osamatkojen energiankulutus eri luontoreiteillä

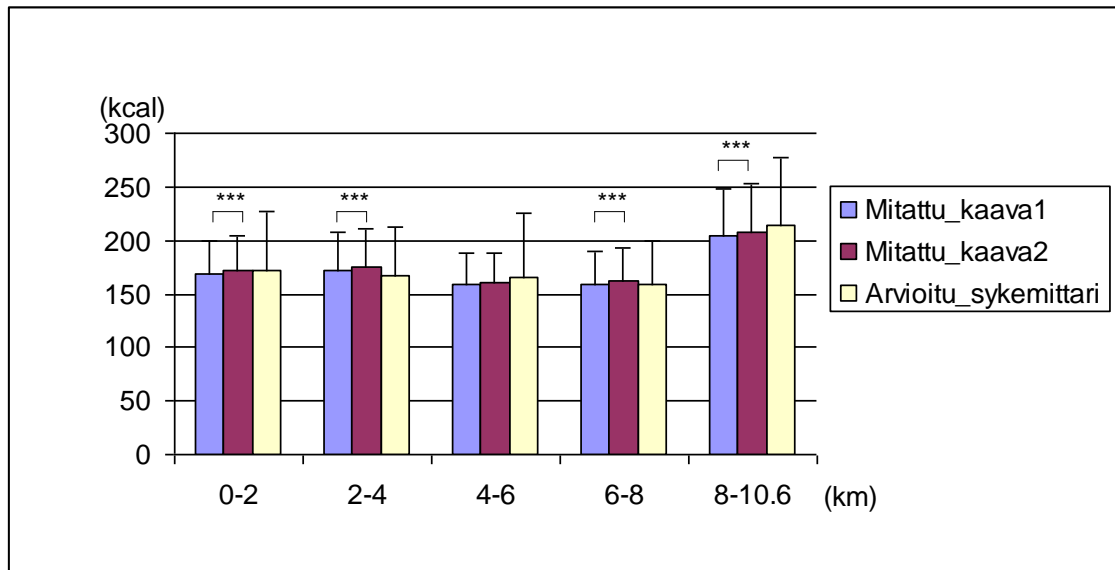
Kaikki reitit jaettiin noin 2 km:n pituisiin osamatkoihin. Osamatkojen energiankulutukset mitattiin hengityskaasuanalyysatorilla (kaavat 1 ja 2) sekä arvioitiin sykemittarilla. Aktiivisuusmittari mittasi vain koko matkan energiankulutuksen, joten sitä ei voitu käyttää osamatkojen energiankulutuksen mittaamiseen.

Lyhin luontoreitti (4.8 km) jaettiin kahteen osaan. Ensimmäisellä osalla (0 - 2.4 km) millään energiankulutuksen mittaamenetelmällä ei ollut merkittävää eroa. Toisella osamatkalla (2.4 - 4.8 km) kaavalla 1 laskettu energiankulutus oli merkitsevästi matalampi ($p < 0.001$) kuin kaavalla 2 laskettu energiankulutus (Kuva 4).



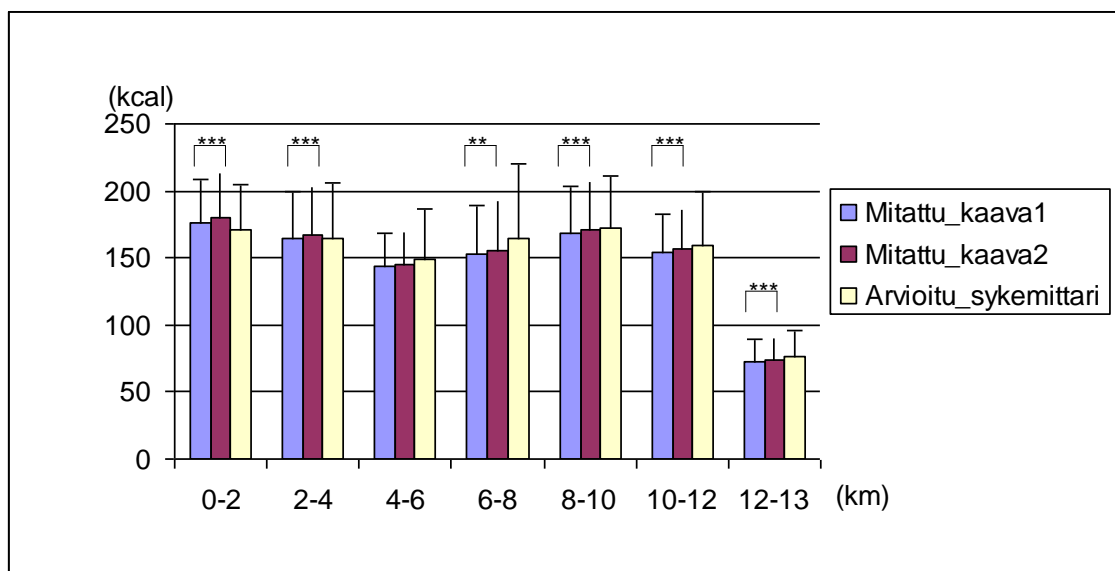
KUVA 4. Osamatkojen energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 4.8 km:n luontoreitti.

Keskimmäinen matka (10.6 km) jaettiin viiteen osaan. Kaikilla muilla paitsi keskimmaisella osalla (4 - 6 km) kaavalla 1 laskettu energiankulutus oli merkitsevästi matalampi ($p < 0.001$) kuin kaavalla 2 laskettu energiankulutus (Kuva 5).



KUVA 5. Osamatkojen energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 10.6 km:n luontoreitti.

Pisin reitti (13 km) jaettiin seitsemään osaan. Kaikilla muilla paitsi osamatkalla 4 – 6 km kaavalla 1 laskettu energiankulutus oli merkitsevästi matalampi ($p < 0.001$) kuin kaavalla 2 laskettu energiankulutus (Kuva 6).

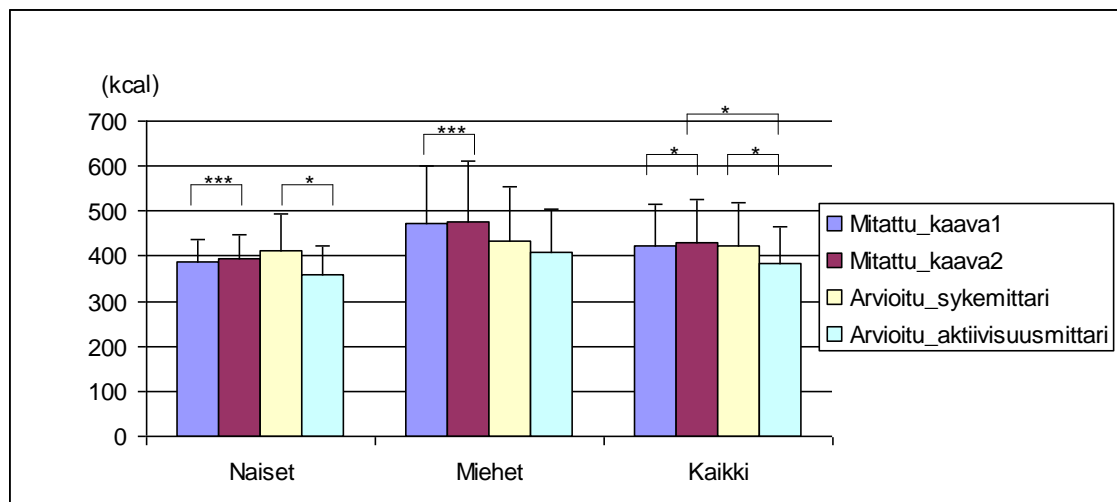


KUVA 6. Osamatkojen energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 13 km:n luontoreitti.

7.4.2 Koko reitin energiankulutus eri menetelmillä

Lyhimmällä luontoreitillä (4.8 km) koko ryhmän (n = 10) energiankulutus kaavalla 2 laskettuna oli merkitsevästi korkeampi (p<0.05) kaavalla 1 lasketusta ja aktiivisuusmittarilla arvioidusta energiankulutuksesta. Samoin energiankulutus sykemittarilla arvioituna oli merkitsevästi korkeampi kuin (p<0.05) aktiivisuusmittarilla arvioitu energiankulutus (n = 11).

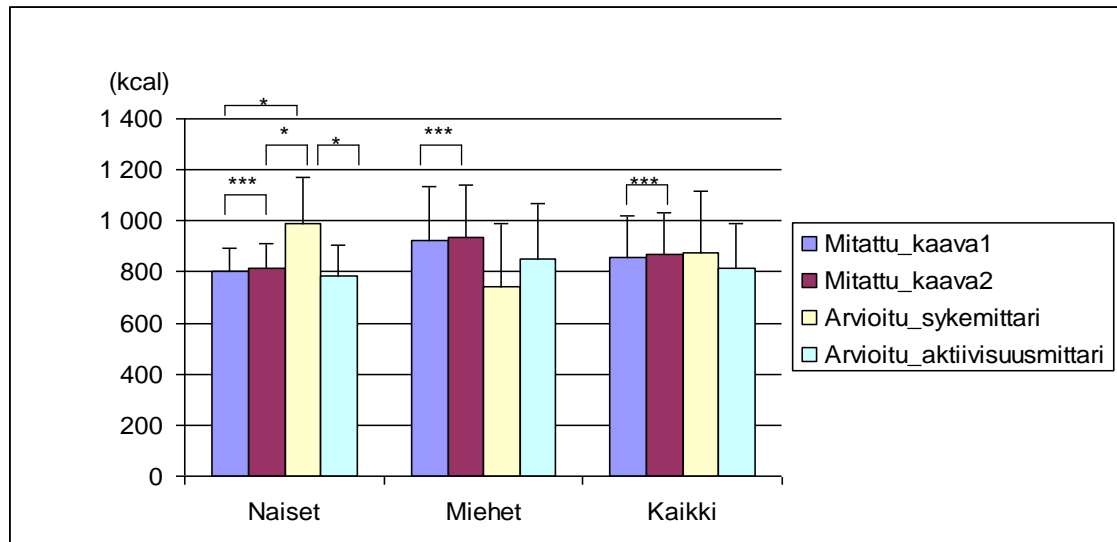
Naisilla (n = 6) sykemittarilla arvioitu energiankulutus oli merkitsevästi korkeampi (p<0.05) kuin aktiivisuusmittarilla arvioitu energiankulutus. Lisäksi sekä naisilla (n = 6) että miehillä (n = 4) kaavalla 1 laskettu energiankulutus oli merkitsevästi matalampi (p<0.001) kuin kaavalla 2 laskettu energiankulutus (Kuva 7).



KUVA 7. Energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 4.8 km:n luontoreitti.

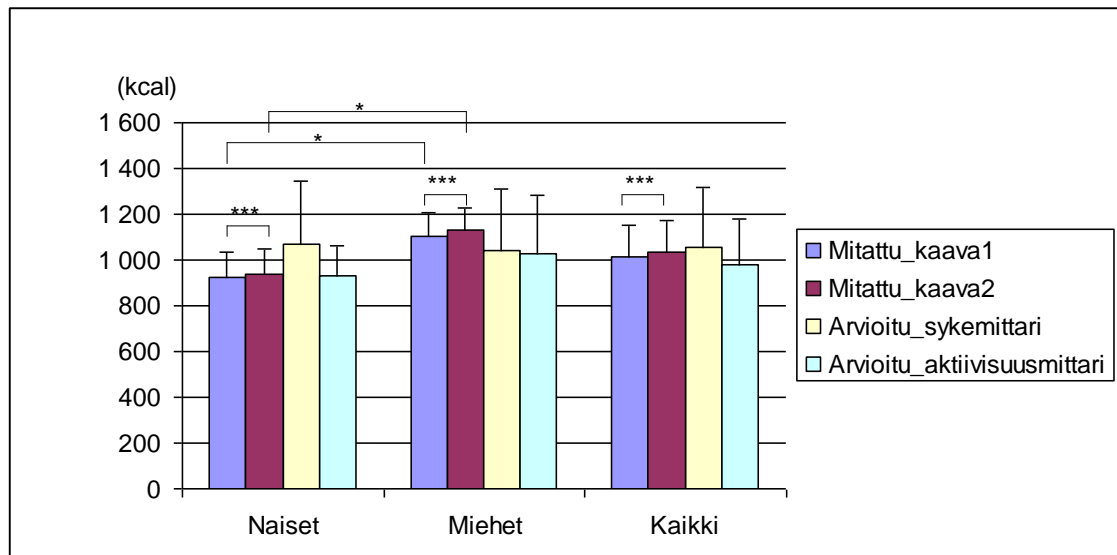
Koko ryhmän (n = 11) energiankulutus kaavalla 1 laskettuna oli merkitsevästi matalampi (p<0.001) kuin kaavalla 2 laskettu arvo 10.6 km:n luontoreitillä. Muiden mitattujen ja arvioitujen tulosten välillä ei ollut merkitsevää eroa. (Kuva 8)

Naisilla (n = 6) ja miehillä (n = 5) energiankulutus kaavalla 1 laskettuna oli merkittävästi matalampi ($p < 0.001$) kuin kaavalla 2 laskettu. Lisäksi naisilla sykemittarilla arvioitu energiankulutus oli merkittävästi korkeampi ($p < 0.05$) kuin kaikilla muilla menetelmillä mitatut ja arvioidut energiankulutukset (Kuva 8).



KUVA 8. Energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 10.6 km:n luontoreitti.

Naisilla (n = 4), miehillä (n = 4) ja koko ryhmällä 13 km:n luontoreitillä kaavalla 1 laskettu energiankulutus oli merkittävästi pienempi ($p < 0.001$) kuin kaavalla 2 laskettu arvo. Lisäksi kaavalla 1 ja kaavalla 2 laskettu energiankulutus oli merkittävästi matalampi ($p < 0.05$) naisilla kuin miehillä (Kuva 9).

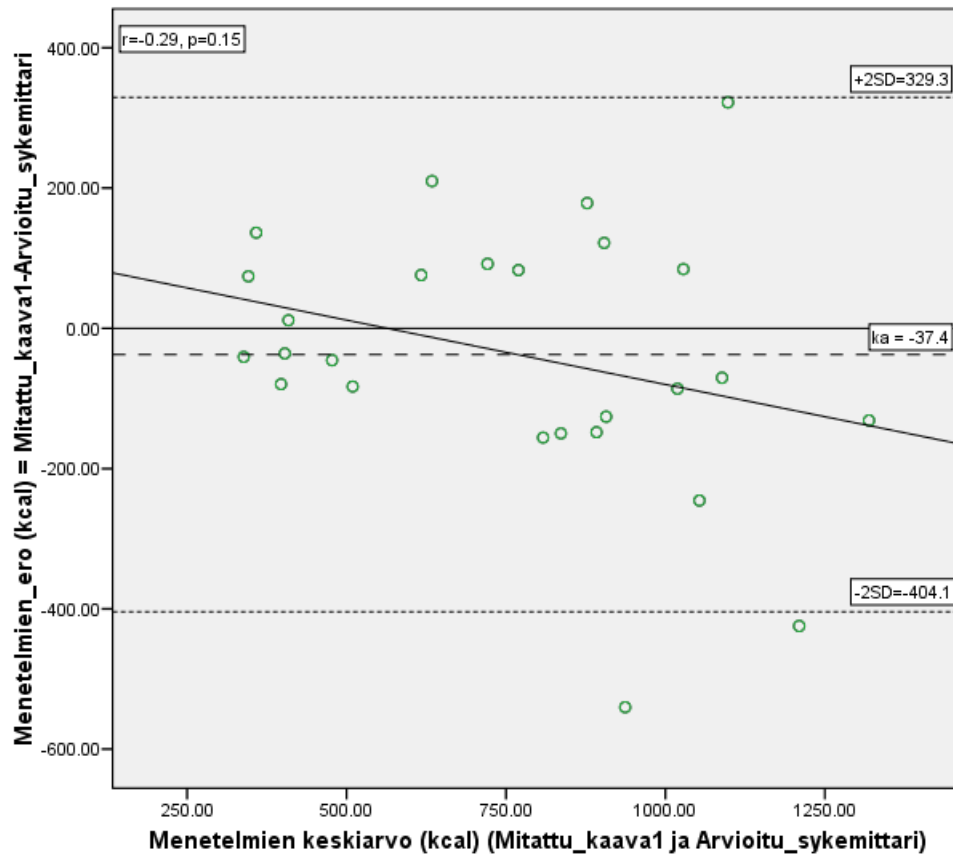


KUVA 9. Energiankulutukset eri menetelmillä mitattuina ja arvioituina (ka ± sd). 13 km:n luontoreitti.

7.4.3 Syke- ja aktiivisuusmittarin pätevyys arvioida energiankulutusta

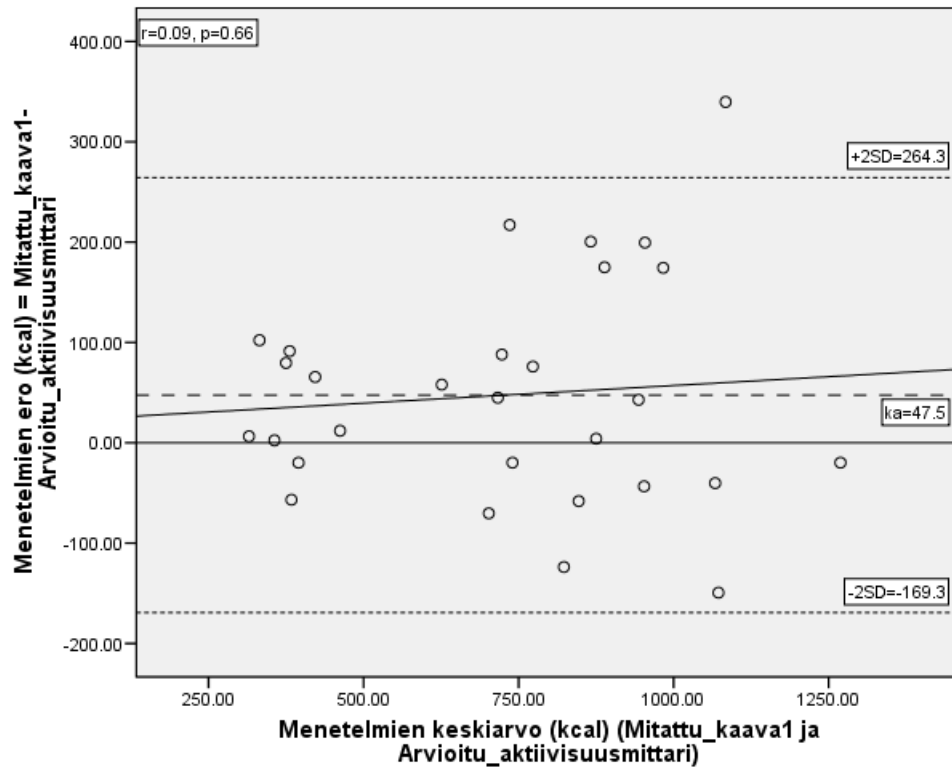
Syke- ja aktiivisuusmittarin pätevyyttä mitata energiankulutusta arvioitiin Bland & Altman menetelmällä. Menetelmässä käytettiin kaikkien matkojen mitattuja ja arvioituja energiankulutuksia.

Sykemittarilla arvioidun ja kaavalla 1 mitatun energiankulutuksen välillä ei ollut merkitsevää eroa (keskivirhe -37.4 ± 187.1 kcal, $p=ns$, 95 % luottamusväli $-404.1 - 329.3$ kcal) (Kuva 10). Kuitenkin menetelmien keskiarvon ja erotuksen välillä oli merkitsevä negatiivinen korrelaatio ($r = -0.29$, $p = 0.15$).



KUVA 10. Mitatun_kaava_1 ja sykemittarilla arvioidun energiankulutuksen tulosten keskiarvon ja erotuksen välinen riippuvuus.

Aktiivisuusmittari aliarvioi energiankulutuksen (EE) verrattuna kaavalla 1 mitattuun energiankulutukseen (keskivirhe 47.5 ± 110.6 kcal, $p=0.05$, 95 % luottamusväli -169.3 – 264.3 kcal) (Kuva 11). Kuitenkaan kaavalla 1 mitatun ja aktiivisuusmittarilla arvioidun energiankulutuksen välillä ei ollut merkitsevää korrelaatiota ($r = 0.09$, $p = 0.66$).



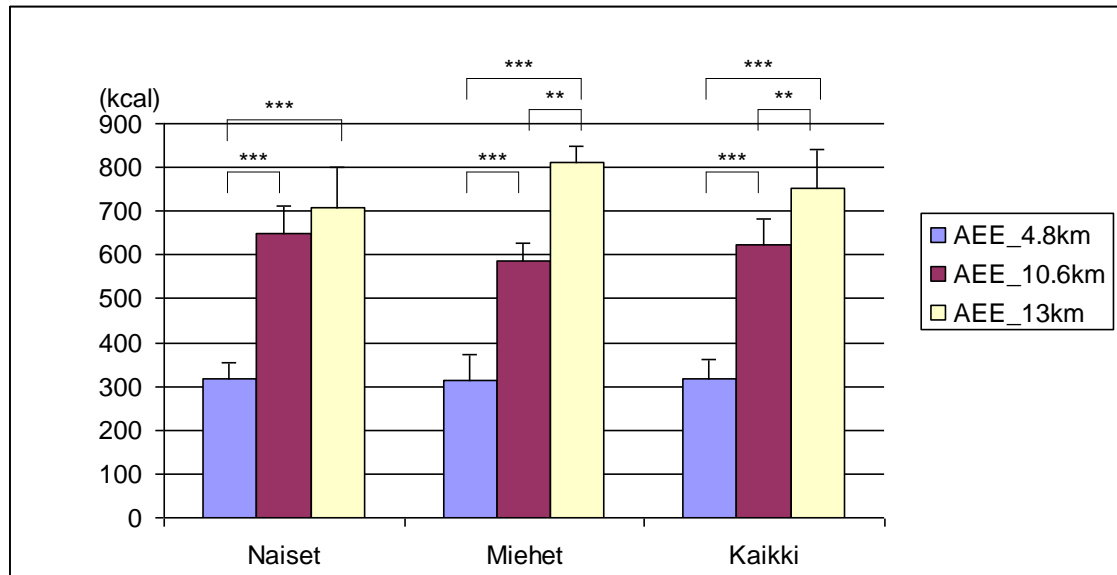
KUVA 11. Mitatun_kaava_1 ja aktiivisuusmittarilla arvioidun energiankulutuksen tulosten keskiarvon ja erotuksen välinen riippuvuus.

7.5 Aktiivisuuden energiankulutus (AEE) eri luontoreiteillä

Laskettaessa aktiivisuuden energiankulutuksia (AEE) eri luontoreiteillä energiankulutuksen (EE) arvoina käytettiin kaavalla 1 saatuja tuloksia.

Pisimmän luontoreitin (13 km) AEE oli merkitsevästi suurempi kuin lyhimmän (4.8 km) (444 ± 21 kcal, $p < 0.001$, $n = 7$) ja keskimmäisen luontoreitin (10.6 km) AEE (142 ± 22 kcal, $p < 0.01$, $n = 7$). 10.6 km:n luontoreitin AEE oli merkitsevästi suurempi kuin lyhimmän (4.8 km) luontoreitin AEE (301 ± 26 kcal, $p < 0.001$, $n = 7$). (Kuva 12).

Naisilla ($n = 4$) 10.6 km:n ja 13 km:n luontoreittien aktiivisuuden energiankulutukset erosivat merkitsevästi 4.8 km:n luontoreitin aktiivisuuden energiankulutuksesta. Miehillä ($n = 3$) kaikkien luontoreittien aktiivisuuden energiankulutukset erosivat merkitsevästi toisistaan. Miesten ja naisten välillä eri luontoreittien AEE:t eivät eronneet merkitsevästi toisistaan (Kuva 12).



KUVA 12. Eri luontoreittien aktiivisuuden energiankulutukset (AEE) (ka ± sd).

7.6 Kuormittavuusindeksi (AEE/kg) eri luontoreiteillä

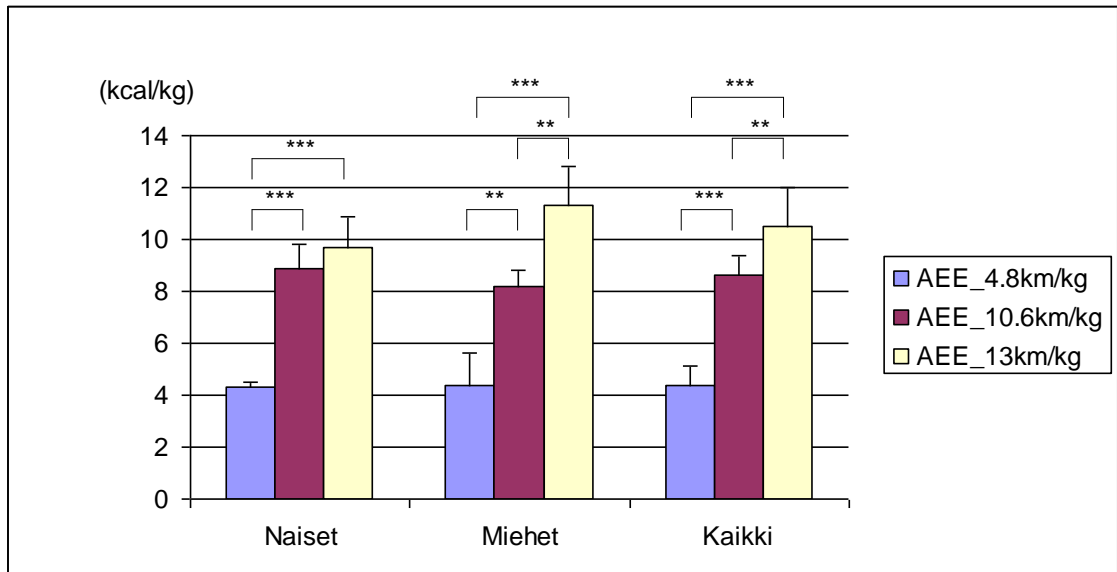
Pisimmän luontoreitin (13 km) AEE/kg oli merkitsevästi suurempi kuin luontoreitin 10.6 km AEE/kg (1.9 ± 0.3 kcal/kg, $p < 0.01$, $n = 7$) ja lyhimmän luontoreitin (4.8 km) AEE/kg (6.1 ± 0.3 kcal/kg, $p < 0.001$, $n = 7$). Luontoreitin 10.6 km AEE/kg erosi merkitsevästi lyhimmän reitin AEE/kg:stä (4.2 ± 0.3 kcal/kg, $p < 0.001$, $n = 7$). Naisten ja miesten välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. (Kuva 13).

Eri luontoreiteille saatiin seuraavat kuormittavuusindeksit:

4.8 km:n luontoreitti: 4.3 ± 0.6 kcal/kg

10.6 km:n luontoreitti: 8.6 ± 0.8 kcal/kg

13 km:n luontoreitti: 10.7 ± 1.6 kcal/kg



KUVA 13. Eri luontoreittien kuormittavuusindeksit (AEE/kg) (ka \pm sd).

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tuloksena näillä luontoreiteillä voidaan käyttää seuraavia kuormittavuusindeksejä (= aktiivisuuden energiankulutus painokiloa kohti).

4.8 km:n luontoreitti: 4 kcal/kg

10.6 km:n luontoreitti: 9 kcal/kg

13 km:n luontoreitti: 11 kcal/kg

Tarkasteltaessa koko ryhmän energiankulutusta, eri menetelmien välillä ei ollut merkittävää eroa. Tästä voi päätellä, että syöttämällä mittalaitteisiin (syke- tai aktiivisuusmittari) oikeat henkilön tiedot (ikä, pituus, paino, sukupuoli), näillä mittareilla voi riittävän luotettavasti arvioida ko. luontoreittien energiankulutusta.

Koehenkilöiden kehonkoostumus ja liikunta-aktiiviteetti vaihteli jonkin verran. Naisilla keskimääräinen BMI ja rasva- % olivat hieman suositusarvojen yläpuolella. (Suositusarvot naisille: BMI 18.5 – 25.0, rasva- % 18.0 – 28.0). Miehillä nämä molemmat keskimääräiset arvot olivat suositusarvojen sisällä. (Suositusarvot miehille: BMI 18.5 – 25.0, rasva- % 10.0 – 20.0). Naisten hieman suositusarvojen yläpuolella oleva BMI selittää osaltaan naisten pienempää energiankulutusta kaikilla luontoreiteillä (Fogelholm 2007). Muutamat koehenkilöt liikkuvat jo työpäivän aikana runsaasti, toisilla vapaaajan liikunta vaihteli muutamasta kevyestä liikuntasuorituksesta viikossa yli neljään liikuntakertaan viikossa.

Keskimääräinen kävelynopeus oli miehillä kaikilla luontoreiteillä hieman korkeampi kuin naisilla. Tosin miesten kävelynopeuden hajonta oli suurempaa kuin naisilla. Naisten pienemmästä koosta johtuen heidän askelpituutensa on lyhyempi, kuin miehillä. Tämän takia naisten askelmäärät kaikilla luontoreiteillä olivat suuremmat kuin miehillä. Merkittävä ero askelmäärissä naisten ja miesten välillä luontoreiteillä 10.6 ja 13 km selittyy maaston suuremmilla korkeuseroilla ja reitin maastopohjan rakenteella (osin upottavaa hiekka).

Kaikilla luontoreiteillä tapahtui painonpudotusta. Koska kävelyn tauoilla nautittu vesimäärä oli kaikilla testihenkilöillä melko vähäistä, painonpudotus selittyy nestehukalla. Koska painon ei kuitenkaan kenelläkään pudonnut yli 2 % omasta painosta, ei nestehukalla voida katsoa olevan vaikutusta esimerkiksi sydämen syketiheyteen (Näveri 1995). Kaikilla reiteillä miesten painonpudotus oli suurempaa kuin naisilla. Tämä johtunee miesten suuremmasta veden osuudesta kehossa verrattuna naisiin (Nienstedt ym. 1997).

Kaavalla 2 laskettu energiakulutus oli korkeampi kuin kaavalla 1 laskettu arvo kaikilla luontoreiteillä. Koska kävely on matalatehoista ja sen aikana hengitysosamäärä $RER < 1$, kaavan 2 tulos on suurempi kuin kaavan 1 (Turell & Alexander 1964). Turell ja Alexander (1964) vertasivat kaavalla 1 laskettuja energiakulutuservoja energiakulutustaulukoihin, jotka perustuvat kaloriseen ekvivalenttiin. Tutkimuksessa kaava 1 havaittiin sopivaksi energiakulutuksen laskentakaavaksi. Koska lisäksi kaava 1 on yleisemmin käytetty, käytettiin sitä tässä tutkimuksessa laskettaessa aktiivisuuden energiakulutusta.

Energiakulutus laskettiin myös osamatkoille, koska haluttiin varmistua, että mittarit mittaavat energiakulutusta samalla tavalla koko reitin. Hengityskaasuanalysaattorin turbiiniin ja maskiin kerääntyi kävelyn aikana kosteutta, joka saattoi vaikuttaa analysaattorin mittaustuloksiin. Merkittäviä eroja hengityskaasuanalysaattorilla mitatun ja sykemittarilla arvioidun energiakulutuksen välillä ei havaittu millään osamatkalla, joten hengityskaasuanalysaattorin mittauksissa ei tapahtunut liukumaa.

Osamatkojen energiakulutuksissa 4.8 km:n matkan ensimmäisellä puoliskolla (0 – 2.4 km) ei kaavalla 1 ja kaavalla 2 laskettujen tulosten välillä ole merkittävää eroa. Tällä luontoreitin osuudella koehenkilöiden kävelyvauhti on ollut niin kovaa, että RER on noussut lähelle 1 tai yli. Tällöin kaavalla 1 ja 2 saadut tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan. Sama toistuu luontoreittien 10.6 km ja 13 km osamatkalla 4 – 6 km. Tämä reitin osuus oli suhteellisen tasaista verrattuna muuhun reittiin ja kävelynopeus saattoi nousta tällä osiolla.

Osamatkojen energiakulutuskuvista (Kuvat 5 ja 6) näkee selvästi myös maaston korkeuserojen vaikutuksen energiakulutukseen. Tutkimuksessa Minetti ym. (2002) esittivät, miten energiakulutus vaihtelee kävellessä erilaisilla kaltevuuksilla.

Loiva alamäki (-0.1) kuluttaa vähemmän energiaa kuin tasamaa. Mutta kun alamäen jyrkkyys lisääntyy (> -0.2) energiankulutus kasvaa. Ylämäkeen kuljettaessa energiankulutus kasvaa heti jo loivalla (+0.1) nousulla verrattuna tasamaahan. Sama on nähtävissä tässä tutkimuksessa 10.6 km:n ja 13 km:n reiteillä, joissa kuljettiin samaa reittiä 0 – 8 km:ä. Alussa (0-2 km) reitillä oli pientä nousua. 2-4 km:n ja 4-6 km:n osamatkoilla reitillä oli loivaa alamäkeä, joka näkyy energiankulutuksen laskuna. 6-8 km:n matkalla oli jo jonkin verran ylämäkeä, jolloin energiankulutus taas nousi. 10.6 km:n reitillä loppumatka (8-10.6 km) oli todella jyrkkää ylämäkeä, jolloin energiankulutuskin kasvoi suuremmaksi, kuin muilla osamatkoilla.

Kaikkien reittien kokonaisenergiankulutus kaavoilla 1 ja 2 arvioituina oli naisilla pienempi kuin miehillä. Tämä johtunee siitä, että naiset kävelevät taloudellisemmin. Naisten vapaa-ajan liikunta koostuu lähinnä kävelystä, kun taas miesten liikuntamuotona on useammin pallo- tai juoksu. Naiset ovat siis ”harjoitelleet” kävelyä enemmän kuin miehet ja heidän suoritustekniikkansa on parempi. Lisäksi miehet saattoivat käyttää enemmän rasvoja energianlähteenä, joka nosti heidän energiankulutustaan. (Nummela 2004.) Näillä kävelynopeuksilla miesten olisi todennäköisesti kannattanut vaihtaa eteneminen juoksuksi, jolloin energiankulutus olisi hieman laskenut (Mercier ym. 1994). Vaikka jokaisella matkalla miesten ja naisten välillä oli eroa energiankulutuksessa, vain luontoreitillä 13 km ero oli merkitsevä. Tämän matkan miehet kävelivät keskimäärin nopeinta vauhtia, mikä nostaa energiankulutusta (McArdle ym. 2001.204.)

Verrattaessa eri mittalaitteita keskenään, naisilla sykemittarilla arvioidut energiankulutukset erosivat jonkin verran muista mittalaitteista 4.8 km:n ja 10.6 km:n luontoreiteillä. Luontoreitillä 4.8 km naisten syke oli korkeampi kuin millään muulla matkalla johtuen todennäköisesti pehmeästä maastosta. Luontoreitillä 10.6 km maaston suuret korkeuserot saattoivat vaikuttaa naisten kävelytekniikkaan niin, että syke nousi enemmän kuin pisimmällä matkalla.

Sykemittarin pätevyyttä mitata energiankulutusta arvioitiin Bland & Altman menetelmällä. Vaikka sykemittarilla arvioitu energiankulutus oli korkeampi kuin mitattu energiankulutus, huomataan että pienillä energiankulutustasoilla sykemittari aliarvioi ja suurilla energiankulutuksen tasoilla yliarvioi energiankulutusta.

Vastaavia tuloksia on saatu tutkittaessa sykemittarilla energiankulutusta lapsilla (Emons ym. 1992) ja aikuisilla (Crouter ym. 2004). Lisäksi kaksi arvoa on alittanut alimman luottamusrajan. Molemmat arvot ovat huonokuntoisen koehenkilön, joka näillä mittauskerroilla käytti ensimmäisen kerran kaikkia mittalaitteita. Sykkeen ja sykkeestä arvioitun energiankulutuksen voidaan arvioida nousseen osittain jännityksen ja liikkayrittämisen vuoksi.

Verrattaessa aktiivisuusmittaria mitattuun energiankulutukseen samalla hajontakuvioimenetelmällä, huomataan aktiivisuusmittarin arvioivan tasaisesti energiankulutusta pienillä ja suurilla energiakulutuksen tasoilla. Samaan tulokseen tulivat tutkijat, jotka validoivat ko. aktiivisuusmittarin epäsuoralla kalorimetrialla (Brugniaux ym. 2008). Yksi arvo on ylittänyt ylimmän luottamusrajan. Tämä voi olla yksittäinen mittausvirhe.

Kiihtyvyyssantureihin perustuvien askel- ja aktiivisuusmittareiden tarkkuus mitata energiankulutusta riippuu paljon siitä, mihin ne on sijoitettu mittaustilanteessa. Kun askelmittari sijoitetaan kenkään (Tharion ym. 2004) tai alaraajaan (Eston ym. 1998), ylävartalon tekemän työn energiankulutus jää kokonaan mittaamatta. Kun anturi kiinnitetään lantiolle (Eston ym. 1998), selkään (Ekelund ym. 2001) tai ranteeseen (Brugniaux ym. 2008) lähelle vartalon massakeskipistettä, voidaan kokonaisenergiankulutus arvioida tarkemmin.

Mitattaessa kiihtyvyyssanturilla energiankulutusta ylä- ja alamäessä, Terrier ym. (2001) havaitsivat, että ylämäessä kiihtyvyyssanturi aliarvio ja alamäessä yliarvioi energiankulutusta. Ylämäessä kiihtyvyyssanturi ei pysty mittaamaan vertikaalista liikettä ja alamäessä mitattavan signaalin amplitudi on suurempi johtuen jalan suuremmasta törmäysvoimasta maahan. Mitattaessa energiankulutusta kiihtyvyyssanturilla kävelyssä, missä useimmiten palataan lähtöpisteeseen, ylä- ja alamäkiosuuksien energiankulutuksien virheet kompensoivat toisensa, ja lopullinen energiankulutusarvio on hyvin lähellä todellista energiankulutusta. Jos kiihtyvyyssanturin lisäksi käytetään korkeusanturia (kuten tämän tutkimuksen aktiivisuusmittarissa), voidaan energiankulutus arvioida vieläkin tarkemmin (Terrier ym. 2001).

Määritettäessä aktiivisuuden energiankulutusta (AEE) ja kuormittavuusindeksiä (AEE/kg), tuloksiin otettiin mukaan vain ne koehenkilöt, joilta oli saatu mitattua kaikilta reiteiltä kaavalla 1 tulos. Tämän takia koehenkilöjoukko supistui neljään naiseen ja kolmeen mieheen.

Aktiivisuuden energiankulutukseen (AEE) vaikuttaa kehon paino ja suoritettavan tehtävän taloudellisuus ja tehokkuus, joten sitä ei voi suoraan käyttää, kun verrataan eri ihmisten fyysisen aktiivisuuden energiankulutusta keskenään. Vertailua eri-ikäisten ja -painoisten henkilöiden välillä voidaan kuitenkin tehdä, jos AEE vakioidaan kehon tai rasvattoman kehon painoon. (Ekelund ym. 2004; Schoeller&Jefford 2002.)

Tässä tutkimuksessa reitti- ja korkeustietoja ei käytetty muuhun kuin osamatkojen määrittämiseen. Näitä tietoja voisi jatkossa käyttää määritettäessä esimerkiksi jonkun tietyn korkeuseron vaatimaa energiankulutusta. Täten koko reitin energiankulutusta voisi arvioida korkeuserojen mukaan.

Hengityskaasuanalysaattorin epävarma toimivuus varsinkin pitkällä (13 km) luontoreitillä heikensi tämän tutkimuksen tuloksia näin pienellä koehenkilöjoukolla. Suuremmalla koehenkilöjoukolla mittausaikataulu olisi venynyt liian pitkäksi. Kuitenkin tässä tutkimuksessa oli mahdollisuus käyttää kahta mittalaitesettiä (hengityskaasuanalysaattori, sykemittari, aktiivisuusmittari ja FRWD urheilutietokone) yhtäaikaan kahdella koehenkilöllä.

Tutkimuksen perusteella voitiin kyseisille luontoreiteille määritellä kuormittavuusindeksit (AEE/kg) ja hyödyntää saatuja tietoja alueen liikunnallisten tuotteiden suunnittelussa. Uusien palvelujen ja tuotteiden tarkoituksena on kannustaa ihmisiä omatoimiseen liikunnan ja terveyden edistämiseen.

9 LÄHTEET

- Ainslie, P., Reilly, T., Westerterp, K. 2003. Estimating human energy expenditure: a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Med* 33(9):683–98.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. N., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplaincourt, P. O., Jacobs, D. R., Leon, A. S. 2000. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 39(2): S498–S516.
- Bland, J. M., Altman, D. G. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1(8476):307–10.
- Boulay, M. R., Serresse, O., Almeras, N., Tremblay, A. 1994. Energy expenditure measurement in male cross-country skiers: comparison of two field methods. *Med Sci Sports Exerc* 26(2):248-53.
- Brugniaux, J. V., Niva, A., Pulkkinen, I., Laukkanen, R., Richalet, J.-P., Pichon, A. P. 2008. Polar Activity Watch 200: a new device to accurately assess energy expenditure. *Br J Sports Med*. Julkaistu online 15.04.2008.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjostrom, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., Oja, P. 2003. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 35(8):1381-95.
- Crouter, S. E., Albright, C., Basset Jr, D. R. 2004. Accuracy of Polar S410 Heart Rate Monitor to Estimate Energy Cost of Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36(8):1433–1439.
- Dauncey, M. J. 1981. Influence of mild cold on 24 h energy expenditure, resting metabolism and diet-induced thermogenesis. *Br. J. Nutr.* 45:257–267.
- Dolezal, B., A., Potteiger, J., A. 1998. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol* 85:695–700.
- Ekelund, U., Sjöström, M., Yngve, A., Poortvliet, E., Nilsson, A., Froberg, K., Wedderkopp, N., Westerterp, K. 2001. Physical activity assessed by activity monitor and double labelled water in children. *Med Sci Sports Exerc* 33(2):275-81.

- Ekelund, U., Yngve, A., Brage, S., Westerterp, K., Sjostrom, M. 2004. Body movement and physical activity energy expenditure in children and adolescents: how to adjust for differences in body size and age. *Am J Clin Nutr* 79(5):851-6.
- Emons, H. J. G., Groenenboom, D. C., Westerterp, K. R., Saris, W. H. M. 1992. Comparison of heart rate monitoring combined with indirect calorimetry and doubly labelled water ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) method for the measurement of energy expenditure in children. *Eur J Appl Physiol* 65:99–103.
- Eston, R. G., Rowlands, A. V., Ingledeew, D. K. 1998. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol* 84:362–371.
- Fogelholm, M. 2007. Energiankulutus ja -tarve. Teoksessa Borg P., Fogelholm M., Hiilloskorpi H., (toim.) Liikkujan ravitsemus - teoriasta käytäntöön. Helsinki: Edita Prima Oy. 16–33.
- Fogelholm, M., Malmberg, J., Suni, J., Santtila, M., Kyrolainen, H., Mantysaari, M., Oja, P. 2006. International Physical Activity Questionnaire: Validity against fitness. *Med Sci Sports Exerc* 38(4):753-60.
- Fogelholm, M., Paronen, O., Miettinen, M. 2007a. Liikunta - hyvinvointipoliittinen mahdollisuus. Suomalaisen terveystieteiden tutkimuskeskuksen tutkimusraportti 2006. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2007:1.
- Fogelholm, M., Paronen, O., Miettinen, M. 2007b. Terveystieteiden tutkimuskeskuksen tutkimusraportti 2006. Liikunta & Tiede 44:1:5–10.
- Fogelholm, M., Uusitupa, M. 1995. Liikunta, energiankulutus ja ravitsemus. Teoksessa Vuori I., Taimela S., (toim.) Liikuntalääketiede. Vammala: Duodecim. 72–73.
- Garet, M., Boudet, G., Montaurier, C., Vermorel, M., Coudert, J., Chamoux, A. 2005. Estimating relative physical workload using heart rate monitoring: a validation by whole-body indirect calorimetry. *Eur J Appl Physiol* 94(1-2):46–53.
- Hiilloskorpi, H. K., Pasanen, M. E., Fogelholm, M. G., Laukkanen, R. M., Manttari, A. T. 2003. Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. *Int J Sports Med* 24(5):332-6.
- Hugo, M. L. 1999. Energy equivalent as a measure of the difficulty rating of hiking trails. *Tourism Geographies* 1 (3):358–373.
- Ilander, O. 2006. Energia: Aineenvaihdunta, kulutus ja tarve. Teoksessa Ilander O., Borg P., Laaksonen M., Mursu J., Ray C., Pethman K., Marniemi A., (toim.) Liikuntaravitsemus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 35–58.

- Klausen, B., Toubro, S., Astrup, A. 1997. Age and sex effects on energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 65:895–907.
- Krishnan, R. K., Evans, W. J., Kirwan, J. P. 2003. Impaired substrate oxidation in healthy elderly men after eccentric exercise. *J Appl Physiol* 94:716–723.
- Lahelma, E., Karisto, A., Mannila, S., Notkola, V. 2006. Social structure and culture. Teoksessa Koskinen S., Aromaa A., Huttunen J., Teperi J., (toim.) *Health in Finland: National Public Health Institute KTL, National Research and Development Centre for Welfare and Health STAKES, Ministry of Social Affairs and Health.* 22–24.
- Lajunen, H.-R., Keski-Rahkonen, A., Pulkkinen, L., Rose, R. J., Rissanen, A., Kaprio, J. 2007. Are computer and cell phone use associated with body mass index and overweight? A population study among twin adolescents. *BMC Public Health* 7:24.
- Levine, J. A., Baukol, P. A., Westerterp, K. R. 2001. Validation of the Tracmor triaxial accelerometer system for walking. *Med Sci Sports Exerc* 33(9):1593-7.
- Lusk, G. 1924. Analysis of the oxidation of mixtures of carbohydrate and fat. *Animal Calorimetry* 24th. paper.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. 2001. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins. 175–185, 188–200.
- Mercier, J., Le Gallais, D., Durand, M., Goudal, C., Micallef, J. P., Prefaut, C. 1994. Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *Eur J Appl Physiol.* 69:525–529.
- Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., Ferretti, G. 2002. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *J Appl Physiol* 93:1039-1046
- Montoye, H. J., Kemper, H. C. G., Saris, W. H. M., Washburn, R. A. 1996. Measuring physical activity and energy expenditure. Champaign: Human Kinetics. 79.
- Näveri, H. 1995. Pitkäkestoinen liikunta. Teoksessa Vuori I., Taimela S., (toim.) *Liikuntalääketiede.* Vammala: Duodecim 159–160.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S. E. 1997. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY. 231.
- Nummela, A. 2004. Kestävyysuorituskykyä selittävät tekijät. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K., Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja.* Tampere:Liikuntatieteellinen Seura ry. 55–57.

- Parviainen, J. 2008. Bodypumpista™ Method Putkistoon® - Tuotemerkit valtaavat terveystiikuntaa. *Liikunta ja tiede* 45(2-3):66–70.
- Puska, P., Benaziza, H., Porter, D. 2003. Physical activity.: World Health Organization (WHO) information sheet on physical activity.
- Saris, W. H. M., Schrauwen, P. Substrate oxidation differences between high- and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men. *Int J Obes* 28:759–765.
- Seale, J. L., Rumler, W. V., Conway, J. M., Miles, C. W. 1990. Comparison of doubly labeled water, intake-balance, and direct- and indirect-calorimetry methods for measuring energy expenditure in adult men. *Am J Clin Nutr* 52:66–71.
- Schoeller, D. A. 1988. Measurement of Energy Expenditure in Free-Living Humans by Using Doubly Labeled Water. *J Nutr* 118:1278–1289.
- Schoeller, D. A., Jefford, G. 2002. Determinants of the energy costs of light activities: inferred for interpreting doubly labeled water data. *Int J Obes* 26:97–101.
- Schofield, W. N. 1985. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 39 Suppl 1:5–41.
- Tammelin, T., Ekelund, U., Remes, J., Nayha, S. 2007. Physical activity and sedentary behaviors among Finnish youth. *Med Sci Sports Exerc* 39(7):1067-74.
- Terrier, P., Aminian, K., Schultz, Y. 2001. Can accelerometry accurately predict the energy cost of uphill/downhill walking? *Ergonomics* 44(1):48–62.
- Tharion, W. J., Yokota, M., Buller, M. J., DeLany, J. P., Hoyt, R. W. 2004. Total energy expenditure estimates using a foot-contact pedometer. *Med Sci Monit* 10(9):CR504–509.
- Trappe, T. A., Gastaldelli, A., Jozsi, A. C., Troup, J. P., Wolfe, R. R. 1997. Energy expenditure of swimmers during high volume training. *Med Sci Sports Exerc* 29(7):950–954.
- Turell, D. J., Alexander, J. K. 1964. Experimental evaluation of Weir's formula for estimating metabolic rate in man. *J Appl Physiol* 19(5):946–948.
- Vogt, S., Heinrich, L., Schumacher, Y. O., Groshauser, M., Blum, A., König, D., Berg, A., Schmid, A. 2005. Energy intake and energy expenditure of elite cyclists during preseason training. *Int j Sports Med* 26:701–706.
- Webber, J. 2003. Energy balance in obesity. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 539–543.

- Weir, J. B. 1949. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109(1-2):1–9.
- Westerterp, K. R., 2004. Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab* 1:5.
- Yki-Järvinen, H. 2005. Energia-aineenvaihdunnan mittaaminen. Teoksessa Aro A., Mutanen M., Uusitupa M. (toim.) *Ravitsemustiede*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 263–274.

10 LIITE 1: Koehenkilön fyysisen aktiivisuuden ja terveyden-tilan kyselylomake (IPAQ)

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
Liikuntabiologian laitos
Vuotech

Esitietolomake

Nimi:

Syntymävuosi:

Sukupuoli:

Pituus:

Paino:

Ammatti:

Olemme kiinnostuneita ihmisten päivittäisestä fyysisestä aktiivisuudesta. Kyselyssä tiedustellaan **viime viikkosi (7 päivää)** sisältyvistä toiminnoista, **joita teit tois-sä, siirtyessäsi paikasta toiseen, osana koti- ja pihatöitä sekä vapaa-aikanasi virkistykseen, kuntoilun tai urheilun vuoksi.**
Laita vastauksesi rastilla ruutuun

1. Kuinka monena päivänä viime viikon aikana fyysinen aktiivisuutesi oli ruumiillisesti **rasittavaa**, esimerkiksi painavien taakkojen nostamista, kaivamista, aerobicia, tai reipasta pyöräilyä? Rasittava fyysinen aktiivisuus tarkoittaa urheiluharjoittelussa: syke yli 60% maksimisykkeestä.

Ajattele vain niitä toimintoja, joita teit **vähintään 10 minuuttia kerralla. (Rasti ruutuun)**

0 päivänä ja voit jättää vastaamatta seuraavaan kysymykseen (2-3)

1 päivänä

2 päivänä

3 päivänä

4 päivänä

5 päivänä

6 päivänä

7 päivänä

2-3. Kuinka paljon aikaa käytit yhteensä tavallisesti tuollaisena päivänä raskaaseen fyysiseen aktiivisuuteen? Ajattele vain niitä toimintoja, joita teit **vähintään 10 minuuttia** kerralla. Täytä tädet tunnit vastausriviin 2 ja seuraavat 10 minuutit vastausriviin 3.

Vastausrivi 2:

0 tuntia

1 tuntia

2 tuntia

3 tuntia

4 tuntia

5 tuntia

Vastausrivi 3:

00 min

10 min

20 min

30 min

40 min

50 min

4. Kuinka monena päivänä viime viikon aikana fyysinen aktiivisuutesi oli **kohtuukuormitteista**, kuten kevyiden taakkojen kantamista tai pyöräilyä tasaista vauhtia? Älä laske mukaan kävelyä. Kohtuukuormitteinen fyysinen aktiivisuus tarkoittaa urheiluharjoittelussa kevyttä, verryttelyluontoista harjoittelua.

0 päivänä ja voit jättää vastaamatta seuraavaan kysymykseen (5-6)

1 päivänä

2 päivänä

3 päivänä

4 päivänä

5 päivänä

6 päivänä

7 päivänä

5-6. Kuinka paljon aikaa käytit yhteensä tavallisesti tuollaisena päivänä **kohtuukuormitteiseen fyysiseen aktiivisuuteen**?

Täytä täydet tunnit vastausriviin 5 ja seuraavat 10 minuuttia vastausriviin 6

Vastausrivi 5:

0 tuntia

1 tuntia

2 tuntia

3 tuntia

4 tuntia

5 tuntia

Vastausrivi 6:

00 min

10 min

20 min

30 min

40 min

50 min

7. Kuinka monena päivänä viime viikon aikana **kävelit** vähintään 10 minuuttia kerrallaan?

Tähän sisältyy kävely töissä tai kotona, kävely paikasta toiseen siirtyessäsi ja kaikki muu kävely, jota ehkä harrastit pelkästään virkistykseen, urheilun ja kuntoilun vuoksi vapaa-aikanasi.

0 päivänä ja voit jättää vastaamatta seuraavaan kysymykseen (8-9)

1 päivänä

2 päivänä

3 päivänä

4 päivänä

5 päivänä

6 päivänä

7 päivänä

8-9. Kuinka paljon aikaa käytit yhteensä tavallisesti kävelyyn tuollaisena päivänä?

Täytä täydet tunnit vastausriviin 8 ja seuraavat 10 minuuttia vastausriviin 9.

Vastausrivi 8:

0 tuntia

1 tuntia

2 tuntia

3 tuntia

4 tuntia

5 tuntia

Vastausrivi 9:

00 min

10 min

20 min

30 min

40 min

50 min

10. Tämä kysymys koskee aikaa, jonka käytit päivittäin istumiseen töissä, kotona, opiskellessasi tai vapaa-aikanasi. Tähän sisältyy aika, jonka käytit pöydän ääressä istumiseen, ystävien luona olemiseen, lukemiseen tai televisiota katsellessasi istumiseen tai loikoiluun.

Kuinka paljon aikaa yhteensä käytit *yleensä istumiseen keskimäärin yhtenä tavallisena arkipäivänä?*

0 tuntia	<input type="checkbox"/>
1 tuntia	<input type="checkbox"/>
2 tuntia	<input type="checkbox"/>
3 tuntia	<input type="checkbox"/>
4 tuntia	<input type="checkbox"/>
5 tuntia	<input type="checkbox"/>
6 tuntia	<input type="checkbox"/>
7 tuntia	<input type="checkbox"/>
8 tuntia	<input type="checkbox"/>
9 tuntia	<input type="checkbox"/>
10 tuntia	<input type="checkbox"/>
11 tuntia	<input type="checkbox"/>
12 tuntia	<input type="checkbox"/>
13 tuntia	<input type="checkbox"/>
14 tuntia	<input type="checkbox"/>
15 tuntia	<input type="checkbox"/>
16 tuntia tai enemmän	<input type="checkbox"/>

11. Miten **rasittavaa** työsi on **ruumiillisesti** (parhaiten soveltuva vaihtoehto; jos et ole työssä, merkitse ensimmäinen vaihtoehto)

Kevyttä, pääasiassa istumatyötä, ei juurikaan kävelyä.	<input type="checkbox"/>
Kävelen melko paljon, mutta en joudu kantamaan tai nostamaan painavia esineitä.	<input type="checkbox"/>
Kävelen paljon, joudun nostamaan paljon tai nousemaan portaita	<input type="checkbox"/>
Raskasta, nostelen raskaita kuormia, joudun kaivamaan, lapioimaan jne.	<input type="checkbox"/>

12. Onko vapaa-ajan liikuntasi määrä **muuttunut viimeksi kuluneen kolmen kuukauden aikana** verrattuna sitä edeltävään aikaan?

Määrä on lisääntynyt.	<input type="checkbox"/>
Ei olennaisia muutoksia määrässä.	<input type="checkbox"/>
Määrä on vähentynyt.	<input type="checkbox"/>

13. Merkitse 1-3 mieluisinta liikuntalajia, joita harrastat?

kävely
 pyöräily
 sauvakävely
 hiihto
 uinti
 juoksu, lenkkeily
 suunnistus
 voimailu, kunto-
 sali
 aerobic yms. jumpat
 kamppailulajit
 ammunta
 salibandy
 jääkiekko
 lentopallo
 koripallo
 jalkapallo
 jokin mailapeli (tennis, sulkapallo, squash)
 joku muu
 Mikä? _____

14. Mihin seuraavista vapaa-ajan liikuntaryhmistä kuulut?

Ajattele **kolmea viime kuukautta** ja ota huomioon kaikki sellainen vapaa-ajan fyysinen rasitus, joka on kestänyt kerrallaan vähintään 20 minuuttia.

Ei juuri mitään liikuntaa joka viikko

Verkaista tai rauhallista liikuntaa yhtenä tai useamana päivänä viikossa

Miten monena päivänä?

Ripeää ja reipasta liikuntaa noin kerran viikossa

Ripeää ja reipasta liikuntaa kaksi kertaa viikossa

Ripeää ja reipasta liikuntaa kolme kertaa viikossa

Ripeää ja reipasta liikuntaa ainakin neljä kertaa viikossa

Liikunta on **ripeää ja reipasta**, kun se aiheuttaa ainakin jonkin verran hikoilua ja hengityksen kiihtymistä.

TERVEYSSEULA

1. Onko sinulla lääkärin toteamaa hengitys-, sydän tai verenkiertoelimistön sairautta?

Kyllä Ei

Mikä? _____

2. Esiintyykö sinulla rintakipu ja tai hengenahdistusta?

Levossa

Kyllä Ei

Rasituksessa

Kyllä Ei

3. Sairastatko verenpainetautiä tai onko lääkäri todennut , että verenpaineesi on kohonnut?

Kyllä Ei

4. Onko sinulla todettu kohonneita kolesterolin tai rasva-arvoja?

Kyllä Ei

5. Onko sinulla todettu kohonneita verensokeriarvoja?

Kyllä Ei

6. Oletko tupakoinut säännöllisesti viimeisen kuuden kuukauden aikana?

Kyllä Ei

7. Pyörryttääkö sinua usein tai kärsitkö huimauksesta?

Kyllä Ei

8. Onko sinulla lääkärin toteama tulehduksellinen nivelsairaus?

Kyllä Ei

9. Onko sinulla selkävaivoja tai muita tuki- ja liikuntaelinten pitkäaikaisia tai usein toistuvia vaivoja?

Kyllä Ei

Mitä? _____

10. Onko sinulla jokin muu omaan terveyteesi liittyvä syy (jota ei edellä ole vielä mainittu), jonka takia sinun ei tulisi osallistua liikuntaan, vaikka itse haluaisitkin?

Kyllä Ei

Mikä? _____

9. Käytätkö tällä hetkellä lääkkeitä?

Kyllä Ei

Mitä? _____

Kiitos vastauksestasi!

Palauta tämä esitietolomake ke 13.8. mennessä.