



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

**Opinnäytetyö**

**KUNTOSALIHARJOITTELUN JA  
SAUVAKÄVELYN VAIKUTUKSET  
PERUSAINEENVAIHDUNTAAN JA  
SEN ERI TEKIJÖIHIN**

**Sonja Huhtala & Minna Wesén**

**Bioanalytiikan koulutusohjelma**

**2009**

Bioanalytiikan koulutusohjelma	
Tekijät: Sonja Huhtala & Minna Wesén	
Työn nimi: Kuntosaliharjoittelun ja sauvakävelyn vaikutukset perusaineenvaihduntaan ja sen eri tekijöihin	
Suuntautumisvaihtoehto: kliininen kemia & solu- ja molekyylibiologia	Ohjaaja: Lehtori Mika Venojärvi
Opinnäytetyön valmistumisajankohta: 05/2009	Sivumäärä: 53 + 5
<p>Ihmiselle välttämättömät peruselintoiminnot muodostavat perusaineenvaihdunnan, joka koostuu lihas- ja lämpötasapainon, sisäelinten, hengityksen, verenkierron sekä biokemiallisten reaktioiden ylläpidosta. Perusaineenvaihduntaa kutsutaan myös lepoaineenvaihdunnaksi ja se on energiankulutusta ilman edeltävää fyysistä aktiivisuutta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön taustalla on yleistyvä tyypin 2 diabetes. Diabetes kuormittaa yhteiskuntaa ja terveydenhuoltoa ja on yksi nopeimmin lisääntyvistä sairauksista Suomessa ja maailmassa. Aihe liittyy liikuntalääketieteeseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia 12 viikon harjoitusohjelman vaikutuksia kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden perusaineenvaihduntaan ja sen eri tekijöihin. Tutkimuksessa vertailtiin lisäksi vyötärön ympäryksen ja kehon rasvamassan muutoksia ennen ja jälkeen 12 viikon harjoittelujakson. Tutkimuksen tavoitteena on kannustaa erityisesti tyypin 2 diabeteksen riskiryhmään kuuluvia pysyvään elämäntapamuutokseen.</p> <p>Tutkimusaineisto muodostui NowaStep-tutkimuksen aineistosta (2007–2008). Tähän opinnäytetyöhön valittiin 111 tutkittavaa. Kehon koostumus-mittauksesta saatuja rasvattoman painon arvoja käytettiin PAV:n ja kokonaisenergiankulutuksen arvioimiseen. Tulosten avulla tutkijat määrittivät päivittäisen perusaineenvaihdunnan (PAV) ja kokonaisenergiankulutuksen käyttäen tutkittavien omia aktiivisuuskertoimia.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella kuntosaliharjoittelu ja sauvakävely eivät vaikuta perusaineenvaihduntaan. Kyseisillä liikuntamuodoilla on kuitenkin ollut vaikutusta perusaineenvaihdunnan eri tekijöihin kuten kokonaisenergiankulutukseen ja kehon rasvamassan määrään. Kuntosaliharjoittelu ja sauvakävely ovat molemmat hyviä liikuntamuotoja ajatellen painonhallintaa ja tyypin 2 diabeteksen ehkäisyä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön mukaan sauvakävelyllä on enemmän hyödyllisiä vaikutuksia edellä mainittuihin tekijöihin ja sitä voidaan siis suositella turvalliseksi liikunta-muodoksi kaikille, mutta erityisesti tyypin 2 diabeteksen riskiryhmään kuuluville. Kuntosaliharjoittelulla pystytään tukemaan sauvakävelyn terveydelle hyödyllisiä vaikutuksia ja kyseisiä harjoittelumuotoja kannattaisikin yhdistellä</p>	
Hakusanat: Perusaineenvaihdunta, kehon koostumus, kokonaisenergiankulutus	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Degree Programme: Biomedical Laboratory Science	
Authors: Sonja Huhtala & Minna Wesén	
Title: The Impact of Gym Exercise and Nordic Walking to Basal Metabolism and its different factors	
Specialization line: Clinical Chemistry & Cell and Molecular Biology	Instructor: Lecturer Mika Venojärvi
Date 5/2009	Total number of pages: 53 + 5
<p>Basic metabolism is composed of human's main vital functions which consist of maintaining the balance of muscle- and thermal system, internal organs, respiration, circulation as well as biochemical reactions. Basic metabolism is also called resting metabolism, which means energy expenditure without previous physical activity.</p> <p>The reason to the study is the increasing incidence of the type 2 diabetes. Diabetes is one of the fastest growing diseases in the Finland and in the worldwide. It causes major costs to the health care and the whole society. The study was related to sports medicine. The purpose was to study the effects of a twelve weeks training programme to gym trainees' and Nordic walkers' basic metabolism and its different factors. Moreover the study compared also changes in waist circumference and body fat mass before and after the twelve weeks practical training period. The aim of this study was to encourage people for permanent life changes, especially those who belong to the moderate or high risk group of the type 2 diabetes.</p> <p>The research material consisted of the data from a study called NowaStep (2007-2008). 111 study subjects were selected to this thesis. The values from the body composition measurement were used to calculate basic metabolism (BMR) and total energy expenditure. From the results the researchers defined daily basic metabolism (BMR) and total energy expenditure by using subjects' own activity rates.</p> <p>Based on the study gym exercise and Nordic walking don't have effect on basic metabolism. These types of physical activity had however an impact on the different factors of basic metabolism such as total energy expenditure and the amount of body fat mass. Gym exercise and Nordic walking are both good types of physical activity considering weight control and the prevention of type 2 diabetes.</p> <p>According to the study Nordic walking has more effective influences on basic metabolism and its different factors. That's why it can be recommended as a safe type of physical activity for all but particularly to people who are at risk to developing type 2 diabetes. Also with gym exercise one can support the advantageous health impacts of Nordic walking and that's why these types of exercise are worthwhile to connect with each other.</p>	
Keywords: Basic metabolism, Body Composition, Total Energy Expenditure	
Deposit at: The Library of Turku University of Applied Sciences	

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>PERUSAINEEENVAIHDUNTA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT</b>	<b>10</b>
2.1	Perusaineenvaihdunta	10
2.2	Kehon koostumus	12
2.2.1	Atomimalli	13
2.2.2	Molekyylimalli	13
2.2.3	Solumalli	14
2.2.4	Kudosjärjestelmämalli	15
2.2.5	Koko kehon mallit (multikomponenttimallit)	15
2.3	Kehon koostumuksen mittaaminen	15
2.3.1	Bioimpedanssimenetelmä	15
2.3.2	Segmental multi-frequency bioimpedance analysis (SMFBIA)	17
2.4	Ihmisen energiankulutus	17
2.4.1	Energianlähteet	17
2.4.2	Ruoan aiheuttama energiankulutus	18
2.4.3	Fyysisen aktiivisuuden energiankulutus	18
2.4.4	Piiloaktiiviteetti	21
2.5	Lihaskoostumus	21
2.5.1	Lihaksen rakenne	21
2.5.2	Lihaksen supistuminen	23
2.5.3	Lihaksen energiantuotto	24
2.5.4	Lihasten energianlähteiden käyttö	26
2.6	Liikunnan vaikutukset elimistöön	27
2.6.1	Kuntosaliharjoittelu	27
2.6.2	Sauvakävely	28

<b>3</b>	<b>OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSTEHTÄVÄT</b>	<b>31</b>
3.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet	31
3.2	Tutkimustehtävät	31
<b>4</b>	<b>OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS</b>	<b>32</b>
4.1	Opinnäytetyön toteutus	32
4.2	Opinnäytetyön metodologiset lähtökohdat	35
4.3	Opinnäytetyön eettiset näkökohdat	35
<b>5</b>	<b>TUTKIMUSTULOKSET</b>	<b>38</b>
5.1	Tutkimustulosten tilastollinen käsittely	38
5.2	Tutkimustulokset ja niiden arviointi	38
<b>6</b>	<b>POHDINTA</b>	<b>45</b>
6.1	Tutkimustulosten pohdinta ja johtopäätökset	45
6.2	Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu	48
6.3	Jatkotutkimusaiheet	48

<b>LÄHTEET</b>	<b>50</b>
----------------	-----------

## **LIITTEET**

Liite 1. Eri aktiivisuuksien MET-kertoimia

Liite 2. NowaStep- tutkimuksen ohjeistus tutkittaville

Liite 3. Toimeksiantosopimus

## **KAAVIOT**

Kaavio 1. Opinnäytetyön tutkimusosan eri vaiheet.	34
---	----

## **KUVAT**

Kuva 1. Mukailtu Fogelholm & Uusitupa 2005, 282 mukaan. Kehon koostumus molekyylimallin avulla esitettynä.	14
Kuva 2. Mukailtu Fogelholm 2004, 29 mukaan. Hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen osuus lihasten energiankulutuksesta työskenneltäessä eri tehoilla.	20
Kuva 3. Mukailtu Leppäluoto ym. 2008, 100 mukaan. Poikkileikkaus lihaksen rakenteesta.	22
Kuva 4. Mukailtu Kantaneva 2006, 23 mukaan. Sauvakävelyssä harjoitettavat lihasryhmät.	30

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Tutkimusaineisto.	32
----------------------------	----

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Mukailtu Fogelholm 2006, 27 mukaan. Maailman terveysjärjestön ennusteyhtälöt perusaineenvaihdunnan laskemiseen.	12
Taulukko 2. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset perusaineenvaihdunnassa 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.	39
Taulukko 3. Muutokset perusaineenvaihdunnassa 0-12 viikossa tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.	40
Taulukko 4. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset kokonaisenergiankulutuksessa 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.	41
Taulukko 5. Muutokset kokonaisenergiankulutuksessa 0-12 viikossa tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.	41

Taulukko 6. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset vyötärönympäryksissä 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.	42
Taulukko 7. 0-12 viikon muutokset ryhmien välisissä vyötärönympäryksissä.	43
Taulukko 8. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset rasvamassan määrässä 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.	44
Taulukko 9. 0-12 viikon muutokset rasvamassan määrässä tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.	44

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihealueen taustalla on voimakkaasti yleistynyt tyyppin 2 diabetes. Diabetes kuormittaa yhteiskuntaa ja terveydenhuoltoa ja on yksi nopeimmin lisääntyvistä sairauksista Suomessa ja maailmassa (Käypä hoito 2007 [viitattu 14.4.2009]). Noin 250 000 suomalaista sairastaa tyyppin 2 diabetesta (Diabetesliitto 2009 [viitattu 14.4.2009]). Tyyppin 2 diabetes on alkanut yleistyä myös nuorilla. Ylipainoa, erityisesti keskivartalolihavuutta, pidetään tyyppin 2 diabeteksen oleellisimpana riskitekijänä. Sairauden puhkeamista on mahdollista estää painon laskulla, säännöllisellä harrastus- ja hyötyliikunnalla sekä terveellisellä ruokavaliolla. (Käypä hoito 2007 [viitattu 14.4.2009].) Säännöllinen liikunta nostaa kokonaisenergiankulutusta ja tämä taas vaikuttaa ihmisen perusaineenvaihduntaan.

Perusaineenvaihdunta muodostaa ihmiselle välttämättömät elintoiminnot. Se koostuu lihas- ja lämpötasapainon, sisäelinten, hengityksen, verenkierron sekä biokemiallisten reaktioiden ylläpidosta. (Barker 1996, 52; Seeley, Stephens & Tate 2005, 506; Laaksonen & Uusitupa 2005, 68–69; Mustajoki 2007, 62.) Perusaineenvaihduntaa kutsutaan myös lepoaineenvaihdunnaksi ja se on energiankulutusta ilman edeltävää fyysistä aktiivisuutta (Fogelholm 2004, 21;24).

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia 12 viikon harjoitusohjelman vaikutuksia kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden perusaineenvaihduntaan ja sen eri tekijöihin. Tutkimuksessa on vertailtu myös vyötärön ympäryksen ja kehon rasvamassan muutoksia ennen ja jälkeen 12 viikon harjoittelujakson.

Tutkimuksen tavoitteena on kannustaa erityisesti tyyppin 2 diabeteksen riskiryhmään kuuluvia muuttamaan elämäntapojaan pysyvästi. Tutkimuksesta saadaan tietoa liikunnan myönteisistä vaikutuksista silloin, kun ruokavaliota ei muuteta.

Opinnäytetyön aihe kuuluu liikuntalääketieteen alueeseen ja sen valintaan vaikutti tutkijoiden oma mielenkiinto aktiivisiin ja terveisiin elämäntapoihin. Aihe on todella



ajankohtainen ja tukee tutkijoiden ammatillista kehittymistä ja terveydenhuollon osaamista.

## 2 PERUSAINENVAIHDUNTA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 2.1 Perusaineenvaihdunta

Ihmiselle välttämättömät elintoiminnot muodostavat perusaineenvaihdunnan. Se koostuu lihas- ja lämpötasapainon, sisäelinten, hengityksen, verenkierron sekä biokemiallisten reaktioiden ylläpidosta. (Barker 1996, 52; Seeley, Stephens & Tate 2005, 506; Laaksonen & Uusitupa 2005, 68–69; Mustajoki 2007, 62.) Perusaineenvaihdunta on energiankulutusta ilman edeltävää fyysistä aktiivisuutta ja sitä kutsutaan myös lepoaineenvaihdunnaksi (Fogelholm 2004, 21;24). Perusaineenvaihdunta saadaan laskemalla kehon kilokalorien kulutus neliometriä kohden tunnissa. Määritettäessä perusaineenvaihduntaa henkilön tulisi olla hereillä ja rauhallinen sekä paastonnut 12 tuntia. Keskimääräinen perusaineenvaihdunnan arvo 70 kg painavalla miehellä on 38 kcal/m<sup>2</sup>/h. (Seeley ym. 2005, 506.)

Perusaineenvaihduntaan vaikuttaa oleellisesti henkilön lihaskudoksen määrä. Perusaineenvaihdunta on suurempaa lihaksikkailla ja lihavilla sekä miehillä ja nuorilla. (Fogelholm 2004, 21; Seeley ym. 2005, 506.) Muita vaikuttavia tekijöitä ovat rasvaton kudosis, ikä, sukupuoli, lihavuus, lämpötila, uni- ja valvetila, perintötekijät, hormonit, lääkkeet ja ravitsemustila (Yki-Järvinen 2005, 264–266). Kuume (Seeley ym. 2005, 506), fyysinen aktiivisuus ja runsas tupakointi kiihdyttävät perusaineenvaihduntaa (Fogelholm 2004, 23; Fogelholm 2005, 26). Perusaineenvaihdunta pienenee dieetin ja paaston aikana (Seeley ym. 2005, 506) sekä unen aikana (Laaksonen & Uusitupa 2005, 69). Myös kuukautiskierto vaikuttaa perusaineenvaihduntaan: kierron alussa se yleensä hidastuu kun taas loppuvaiheessa se vilkastuu (Fogelholm 2004, 23; Fogelholm 2005, 26).

Liikunnan jälkeen energiankulutus hetkellisesti suurenee. Liikunnan vaikutus perusaineenvaihduntaan ei kuitenkaan ole sama asia. Normaali lepotason energiankulutus palautuu melko pian liikunnan jälkeen. Pitkäkestoisen ja rasittavan

urheilusuorituksen jälkeen perusaineenvaihdunnan energiankulutus voi olla suurempaa jopa useita tunteja. (Fogelholm 2004, 24; Laaksonen & Uusitupa 2005, 69.) Kiihtynyt perusaineen-vaihdunnan energiankulutus voidaan vain harvoin havaita yli tunnin kuluttua liikkumisen jälkeen. Jotta voisi merkittävästi vaikuttaa liikunnan jälkeiseen energiankulutukseen, tulisi fyysisen rasituksen olla joko hyvin korkeatehoista tai kohtuullisen korkeatehoista ja pitkäkestoista. Liikunnan jälkeinen lisääntynyt energiankulutus voi tällöin olla noin 20 % liikunnan aikaisesta energiankulutuksesta. 30–60 minuutin tavallinen kohtuutehoinen liikunta ei mainittavasti lisää perusaineenvaihdunnan energiankulutusta. (Fogelholm 2004, 25.)

Perusaineenvaihdunta voi nopeutua fyysisen aktiivisuuden kautta kahdella tavalla: suurentaen absoluuttista lihasmassaa ja perusaineenvaihdunnan energiankulutusta rasvattoman kehonosan painoyksikköä kohti. Absoluuttista lihasmassaa ja rasvatonta kehonpainoa voidaan lisätä raskaalla voimaharjoittelulla. Kyseisellä harjoittelulla lisätään lihasmassan määrää ja samanaikaisesti perusaineenvaihduntaa. Vaikutus on kuitenkin melko pieni: lepotilassa yksi kilo lihasta kuluttaa energiaa 12–15 kcal vuorokaudessa. Lihasmassan lisääntyminen 5 kilogrammalla kasvattaa perusaineenvaihduntaa noin 70 kcal vuorokaudessa. (Fogelholm 2004, 23.)

Normaalin fyysisen aktiivisuuden omaavalla henkilöllä perusaineenvaihdunta käsittää kokonaisenergiankulutuksesta noin 60 % (Laaksonen & Uusitupa 2005, 69; Seeley ym. 2005, 507). Perusaineenvaihdunta on suoraan verrannollinen rasvattomaan kehonpainoon ja sen aiheuttama energiankulutus on mahdollista arvioida kehon kokonaispainon avulla ottamalla huomioon henkilön ikä ja sukupuoli. (Laaksonen & Uusitupa 2005, 69; Fogelholm 2006, 27.) Perusaineenvaihdunnan voi laskea taulukossa 1 olevien laskentakaavojen avulla (Fogelholm 2006, 27).

*Taulukko 1. Mukailtu Fogelholm 2006, 27 mukaan. Maailman terveysjärjestön ennusteyhtälöt perusaineenvaihdunnan laskemiseen.*

IKÄ (V)	POJAT/MIEHET	TYTÖT/NAISET
< 3	$0,249 \times \text{paino} - 0,13$	$0,244 \times \text{paino} + 0,13$
4-10	$0,095 \times \text{paino} + 2,11$	$0,085 \times \text{paino} + 2,03$
11-18	$0,074 \times \text{paino} + 2,75$	$0,056 \times \text{paino} + 2,90$
19-30	$0,064 \times \text{paino} + 2,84$	$0,0615 \times \text{paino} + 2,08$
31-60	$0,0485 \times \text{paino} + 3,67$	$0,0364 \times \text{paino} + 3,47$
61-75	$0,0499 \times \text{paino} + 2,93$	$0,0386 \times \text{paino} + 2,88$
> 75	$0,035 \times \text{paino} + 3,43$	$0,0410 \times \text{paino} + 2,61$

## 2.2 Kehon koostumus

Kehon koostumuksella tarkoitetaan elimistön energiavarastojen keskinäisiä suhteita. Ihmisen keho koostuu kemiallisesti lipideistä, vedestä, proteiineista, glykogeenista sekä luun ja kudosten mineraaleista. (Fogelholm 2004, 17). Kehon koostumusta voidaan kuvata useilla erilaisilla malleilla riippuen tutkimuksen tarkoituksesta, menetelmistä ja käytettävissä olevista laitteista. Pääasiassa käytettyjä malleja ovat atomi-, molekyyli-, solu- ja kudostjärjestelmämalli sekä näistä kaikista koostuvat koko kehon mallit eli multikomponenttimallit. Kliinisessä ja tieteellisessä työssä käytetyin malli on molekyylimalli. Se on käyttökelpoinen myös verrattaessa rasvattoman ja rasvamasan suhteita kehon kokonaispainoon. Tämä on hyödyllistä muun muassa liikuntatutkimuksissa, joissa kehon lihas- ja rasvamasan määrä voi muuttua riippumatta painoindeksin (BMI) muutoksista. (Salmi 2003, 3-5, 21 [viitattu 9.3.2009].)

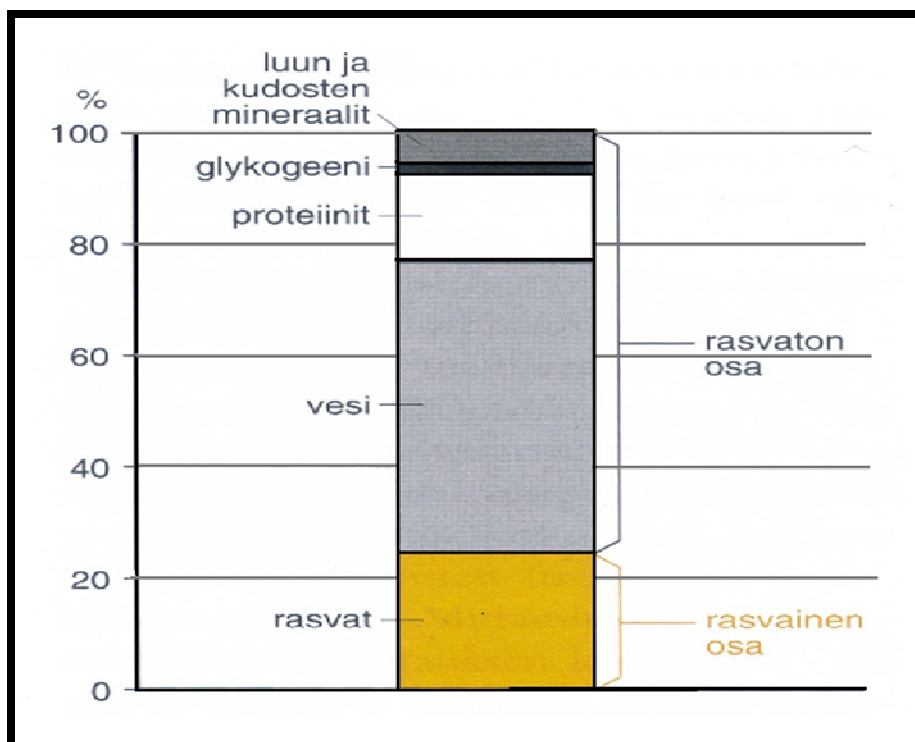
### 2.2.1 Atomimalli

Luonnossa esiintyy 106 erilaista alkuainetta. Näistä 50 ainetta esiintyy myös ihmiskehossa. Atomimalli sisältää 11 pääalkuainetta: happi, hiili, vety, typpi, kalsium, fosfori, kalium, rikki, natrium, kloridi ja magnesium. Keho koostuu 95 % hapesta, hiilestä, vedystä ja typestä. Nämä yhdessä muiden pääalkuaineiden kanssa kattavat kehon koostumuksesta jopa yli 99 %. Atomimalli myös mahdollistaa perinteisen ihmiskehon molekyyylimallin täydentämisen ja antaa arvokasta tietoa kehon koostumuksesta kliiniseen tutkimustyöhön ja diagnostiikkaan. (Salmi 2003, 4; 21 [viitattu 9.3.2009].)

### 2.2.2 Molekyyylimalli

Molekyyylimallissa lipidit jakaantuvat välttämättömiin ja ei-välttämättömiin rasvamolekyyleihin. Välttämättömiä rasvoja ovat esimerkiksi solukalvojen ja aivojen lipidit. Varastorasvoista taas suurin osa on triglyseridejä eli ei-välttämättömiä rasvoja. (Fogelholm 2004, 17.) Molekyyylimallissa kehon paino jaetaan rasvattomaan massaan ja rasvamassaan, joka on klassinen kahden komponentin malli. Rasvaton massa saadaan, kun rasvakudoksen määrä eli rasvamassa vähennetään kehon kokonaispainosta. (Salmi 2003, 4 [viitattu 9.3.2009]; Fogelholm 2004, 17.)

Rasvattomasta kehonosasta 73 % muodostuu vesimolekyyleistä. Veden osuus kehon kokonaispainosta riippuu lipidien määrästä; mitä enemmän kehon kokonaispainosta on rasvaa, sitä vähemmän siinä on vettä. (Fogelholm 2004, 17–18.) Kehossa on lisäksi mineraaleja 7 %, joista 85 % sijaitsee luustossa. (Kuva 1.) (Fogelholm & Uusitupa 2005, 282). Glykogeeniä on elimistössä 500 g ja se on varastoitunut pääasiassa lihaksiin (400 g) ja maksaan (100 g). Vaikka glykogeeniä on varastoituneena vain pieni määrä, se on kovatehoisen liikuntasuorituksen merkittävä energianlähde. (Fogelholm 2004, 17–18.)



Kuva 1. Mukailtu Fogelholm & Uusitupa 2005, 282 mukaan. Kehon koostumus molekyylimallin avulla esitettyinä.

### 2.2.3 Solumalli

Ihmiskehon solumalli koostuu kolmesta osasta: soluista, solun ulkoisista nesteistä ja solun ulkoisista kiinteistä aineista. Lisätutkimuksen mukaan solumallista saadaan vieläkin toimivampi, kun siihen sisällytetään kehon solumassa, body cell mass (BCM). Tänä päivänä käytetyin solumalli on BW (body weight) eli kehon paino-malli. Mallissa hyödynnetään rasvamassasta, solun ulkoisista nesteistä, solun ulkoisista kiinteistä aineista ja kehon solumassasta mitattuja arvoja. Koska solut muodostavat ihmiskehon toiminnallisen biologisen elementin, on solumallista katsottu olevan paljon hyötyä fysiologisissa arvioinneissa. (Salmi 2003, 4 [viitattu 9.3.2009].)

#### 2.2.4 Kudosjärjestelmämalli

Kudosjärjestelmämalli rakentuu viidestä osasta: rasvakudoksesta, luurankolihaksista, luista, sisäelimestä ja aivoista. Rasvakudos jakaantuu edelleen ihonalais-, sisäelin-, luuydin- ja välirasvakomponentteihin. Viime aikoihin asti erilaiset ihmisruumiin rakenteen ja koostumuksen mittaukseen perustuvat menetelmät (antropometriset) ovat olleet käytetyimpiä menetelmiä arvioitaessa kehon koostumusta kudosjärjestelmämallin mukaan. Nykyään kehon koostumusta voidaan mitata kudosjärjestelmämallin mukaan hyödyntäen tietokonetomografiaa ja magneettikuvausta. (Salmi 2003, 5 [viitattu 9.3.2009].)

#### 2.2.5 Koko kehon mallit (multikomponenttimallit)

Multikomponenttimallit ovat sekoitus edellä kuvatuista erilaisista kehon koostumusta kuvaavista malleista. Multikomponenttimenetelmät on kehitetty parantamaan kehon koostumusmittausten tarkkuutta ja tarjoamaan entistä luotettavampia tuloksia erityisesti tieteellisiä tutkimuksia varten. Molekyyylimallin perustana olevasta klassisesta kahden komponentin mallista on tehty paljon tutkimuksia ja sitä on käytetty referenssimenetelmänä kehitettäessä uusia multikomponenttimenetelmän malleja. Multikomponenttimalleja on kehitetty aina klassisesta kahden komponentin mallista uusimpaan ja haastavimpaan kuuden komponentin malliin asti. Kuuden komponentin mallin perusosia ovat kehon kokonaisvesimäärä, typpi, kalsium, kalium, natrium ja kloridi. (Salmi 2003, 5 [viitattu 9.3.2009].)

### 2.3 Kehon koostumuksen mittaaminen

#### 2.3.1 Bioimpedanssimenetelmä

Kehon koostumuksen mittaaminen bioimpedanssimenetelmällä perustuu sähkövirran kulkuun vettä sisältävissä kudoksissa. Johdettaessa kudoksiin lähes huomaamatonta sähkövirtaa, mitataan kudoksista takaisin heijastuvaa sähkövirran vastusta eli impedanssia. Ihmiskehossa kehon nesteet ja vähärasvaiset kudokset johtavat sähköä

parhaiten. Rasvakudos johtaa sähköä vain vähän. Kudosten erilaisten johtumisominaisuuksien ansiosta saadaan siis selville kehon vähärasvaisen ja rasvaisen kudoksen määrä. (Salmi 2003, 8-9; Milliken 2003, 77 [viitattu 9.3.2009].)

Luotettavan bioimpedanssimittauksen tärkeimpänä edellytyksenä on elimistön kudosten nestetasapaino (Salmi 2003, 9; Milliken 2003, 77 [viitattu 9.3.2009]). Elimistön nestetasapainoon vaikuttavat esimerkiksi kofeiini, alkoholi, lääkitys ja kuukautiskierto (Milliken 2003, 77 [viitattu 9.3.2009]). Solujen ulkoisen vesitilavuuden ja koko kehon vesitilavuuden suhde vaihtelee ihmisten välillä kuten myös koko kehon vesimäärän osuus rasvattomasta kudoksesta (Fogelholm 2004, 158; Fogelholm & Uusitupa 2005, 287–288).

Nestetasapainon lisäksi mittaustulokseen vaikuttavat suolistossa olevan ruoan määrä, vaatetus, ihon lämpötila ja veren virtaus (Salmi 2003, 9 [viitattu 9.3.2009]). Mittaustilanne pyritään vakioimaan yleisten suositusten avulla. Mittaus suositellaan tehtäväksi aamulla 12 tunnin paaston jälkeen, mutta se voidaan tehdä myös, mikäli edellisestä ateriasta on kulunut vähintään neljä tuntia. Virtsarakko tulisi tyhjentää enintään puoli tuntia ennen mittausta. Mittausta edeltävänä vuorokautena tulisi välttää alkoholia. Fyysisesti raskasta liikuntaa ei suositella harjoitettavan neljä tuntia ennen mittausta. (Salmi 2003, 15 [viitattu 9.3.2009]; Fogelholm 2004, 158–159; Fogelholm & Uusitupa 2005, 288.) Mittaushuoneessa tulisi olla tasainen lämpötila eikä siellä saisi olla muita sähköä johtavia materiaaleja (Milliken 2003, 77 [viitattu 9.3.2009]).

Kehon koostumuksen mittaaminen bioimpedanssimenetelmää käyttäen on helppoa ja nopeaa. Tässä menetelmässä on kuitenkin erityisen tärkeää vakioida mittaolosuhteet ja koehenkilöistä aiheutuvat aineenvaihdunnalliset tekijät. (Fogelholm 2004, 159; Fogelholm & Uusitupa 2005, 288.) Kyseinen menetelmä on tällä hetkellä käytetyin ja toistettavin. Sen etuina ovat halvat käyttökustannukset ja helppo siirrettävyys. (Salmi 2003, 9 [viitattu 9.3.2009].)



### 2.3.2 Segmental multi-frequency bioimpedance analysis (SMFBIA)

InBody 3.0- laite käyttää mittauksessaan erityisiä 8 pisteen tuntoelektrodeja, monifrekvenssiä ja segmentaalista mittaustapaa. Impedanssi mitataan mittauselektrodeilla, joista virta kulkeutuu laitteen mikroprosessoriin. Laite mittaa impedanssit vasemmasta kädestä ja jalasta, oikeasta kädestä ja jalasta sekä vartalosta. Klassisiin menetelmiin verrattuna mittaus suoritetaan pystyasennossa ja se kestää vain muutaman minuutin. Laitteeseen kytketystä tulostimesta saadaan tuloslomake, jossa näkyvät koko kehon rasvaton massa, lihasmassa, rasvamassa, kokonaisvesimäärä, paino, BMI ja rasvaprosentti. (Salmi 2003, 13–15 [viitattu 9.3.2009].)

## 2.4 Ihmisen energiankulutus

Kokonaisenergiankulutus koostuu perusaineenvaihdunnasta, ravinnon sulattamisesta ja liikuntaan kuluvaan energiasta. Perusaineenvaihdunta kuluttaa näistä eniten eli noin 60 % ja ruoan sulattaminen, pilkkominen sekä varastointi noin 10 % kokonaisenergiasta. Liikunnan ja muun fyysisen aktiivisuuden kuluttama energia on suorassa suhteessa liikunnan ja työn kuormittavuuteen ja on noin 30 % kokonaisenergiankulutuksesta. (Fogelholm & Uusitupa 1999, 75–76; Ahonen & Huovinen 2001, 12; Aalto 2005 a, 106–107; Seeley ym. 2005, 506–507; Ilander 2006, 36–37; Mustajoki 2007, 68–69.)

### 2.4.1 Energianlähteet

Energiaa saadaan ruokavaliosta hiilihydraatteja, rasvoja, proteiinia ja alkoholia hapettamalla (Mutanen & Voutilainen 2005, 110). Energiaa saadaan ravintoaineista seuraavasti: 1 g hiilihydraatteja ja proteiineja tuottaa energiaa noin 4 kcal, 1 g rasvaa noin 9 kcal ja 1 g alkoholia noin 7 kcal. (Barker 1996, 51–52; Lutz & Przytulski 2006, 86.) Tehokkain energianlähde ravintoaineista on hiilihydraatit. Mikäli niitä ei ole käytettävissä, alkaa elimistö tuottaa energiaa rasvoista ja proteiineista. Hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien käyttö energiaksi riippuu siitä, mikä aineenvaihduntaprosessi milloinkin on käynnissä. (Barker 1996, 51–52.)

#### 2.4.2 Ruoan aiheuttama energiankulutus

Aterioinnin jälkeen lepoenergiankulutus suurenee, sillä ruoka lisää aineenvaihdunnan energiankulutusta. Suurenemista kutsutaan ruoan aiheuttamaksi lämmöntuotoksi eli termogeneesiksi. Energiaa kuluu esimerkiksi ruoansulatukseen, ravintoaineiden imeytymiseen ja niiden käsittelyyn maksassa. (Fogelholm 2004, 25; Ilander 2006, 39; Lutz & Przytulski 2006, 88; Mustajoki 2007, 64.)

Energiankulutuksen lisääntyminen riippuu käsiteltävistä ravintoaineista. Henkilön fyysinen aktiivisuus, terveys ja ravitsemustila sekä edellisestä ateriasta kulunut aika vaikuttavat myös lämmöntuottoon. (Ilander 2006, 39.) Kulutus ilmaistaan luvulla, joka kertoo, kuinka suuri osuus kunkin ravintoaineen sisältämästä energiasta kuluu ennen kuin elimistön aineenvaihdunta pystyy sitä hyödyntämään. Syödessä 100 kcal puhdasta rasvaa, hiilihydraattia tai proteiinia, osa siitä kuluu prosessointiin suolessa ja elimistössä. Hiilihydraatteja käytetään 10 kcal, kun ravinto käytetään energiaksi välittömästi. Rasvakudokseen varastoitaessa niitä kuluu 20 kcal. Rasvaa käytetään 5 kcal ja proteiineja 20 kcal. Proteiinien prosessointiin kuluu energiaa eniten, kun taas rasvojen prosessointiin energiaa tarvitaan vähiten. Hiilihydraattien prosessointiin kuluu energiaa näiden väliltä. (Mustajoki 2007, 64–65.)

#### 2.4.3 Fyysisen aktiivisuuden energiankulutus

Fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan kaikkea liikkumista, jossa kehon luurankolihakset tekevät työtä ja joka nostaa energiankulutusta lepotilasta (Fogelholm 2004, 26–27). Lihasten käytön energiankulutukseen vaikuttaa aktiivisuuden teho, kehon paino ja aktiivisuuden (liikunnan) taloudellisuus (Ilander 2006, 41). Liikunnan taloudellisuus on yksilöllistä ja se voi vaihdella eri ihmisten välillä. Toisten elimistö hyödyntää saamansa energian tehokkaammin kuin toisten. Kehon paino vaikuttaa energiankulutukseen merkittävästi lajeissa, joissa omaa painoa pitää kannatella, esimerkiksi kävelyssä. (Fogelholm 2004, 26–27.)

Fyysisen aktiivisuuden teho voidaan ilmaista käyttämällä MET-kertoimia (Metabolic Equivalent). MET-kerroin ilmoittaa fyysisen aktiivisuuden energiankulutuksen

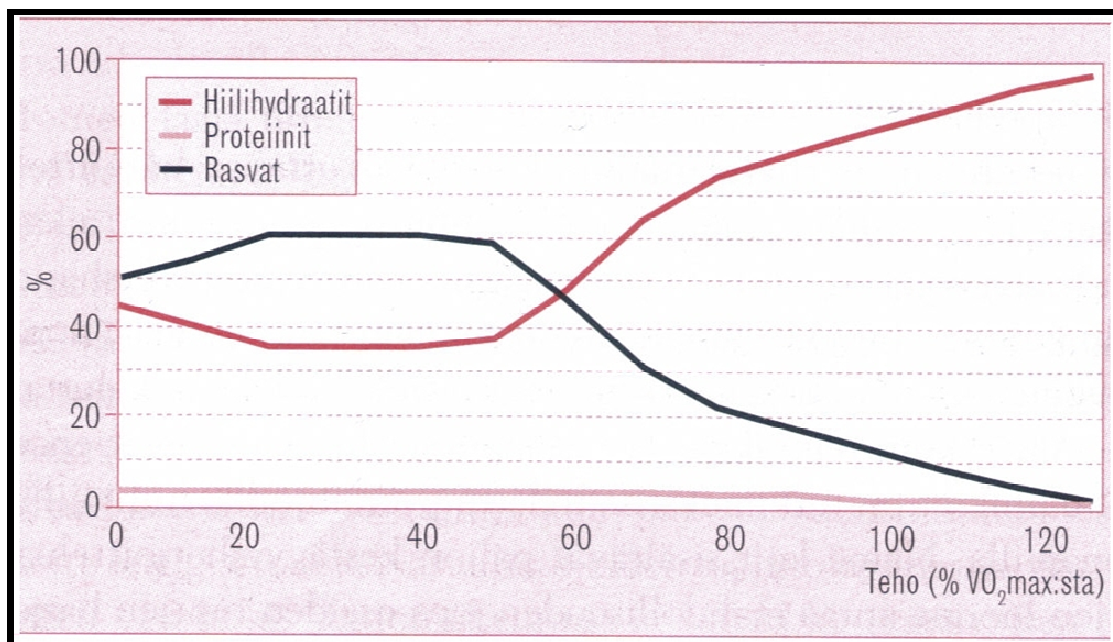
lepoenergiankulutukseen verrattuna. (Fogelholm 2004, 27; Fogelholm 2005, 78; Ilander 2006, 42; Mustajoki 2007, 65.) Lepotilassa MET-kerroin on 1, kun perusaineenvaihdunnassa se on 0,9 (Ilander 2006, 42). Käsitteitä lepotilan energiankulutus ja perusaineenvaihdunta ei siis tule sekoittaa keskenään. Perusaineenvaihdunta kuluttaa energiaa enemmän kuin normaaliaktiivisen ihmisen päivittäinen fyysinen aktiivisuus. Työ ja arkiaskareet muodostavat normaaliaktiivisen henkilön energiankulutuksesta suurimman osan. Kuntoliikunta muodostaa päivittäisestä energiankulutuksesta vain noin 5 %. (Fogelholm 2004, 27–28.)

MET-kertoimet vaihtelevat fyysisessä aktiivisuudessa 1,0 ja 20,0 välillä (Ilander 2006, 43). MET-kertoimet kuvaavat rasituksen keskimääräistä energiankulutusta, eivät rasituksen maksimia. Kevyt fyysinen aktiivisuus on rasitustasoltaan 1-3 MET, kohtuutehoinen 4-6 MET, raskas 7-10 MET ja hyvin raskas yli 10 MET. Kertoimet ovat kansainvälisesti sovittuja ja perustuvat harvoihin mittauksiin, joten ne ovat vain viitteellisiä. (Liite 1.) (Fogelholm 2004, 27.)

Fyysinen kuormittavuus työssä vaihtelee lähes fyysisestä passiivisuudesta raskaaseen. Esimerkiksi kevyen toimistotyön MET on alle kaksi, kun raskaassa rakennustyössä MET voi vaihdella viidestä kahdeksaan. Työn fyysinen kuormittavuus voi vaihdella päivän aikana useasti: rekka-auton kuljettajalla työn kuormittavuus on kevyttä ajon aikana, mutta raskasta lastaus- ja purkutilanteissa. Teknologian kehittyminen ja automatisoituminen ovat merkittävästi vähentäneet työn fyysistä kuormittavuutta. (Fogelholm 2006, 28.)

Liikunnan teho, suorituksen kesto ja liikuntaa edeltävä ravitsemustila vaikuttavat siihen, mitä ravintoainetta lihas käyttää energianlähteenään liikunnan aikana. Hiilihydraatteja ja rasvoja käytetään energian tuottoon lepotilassa lähes yhtä paljon (kuva 2). Muutama prosentti kokonaisenergiasta saadaan proteiineista, loput hiilihydraateista ja rasvoista. Rasvojen käyttö energianlähteenä suurenee kevyessä liikunnassa samalla kun hiilihydraattien käyttö pienenee. (Fogelholm 2004, 29.) Tehon suurentuessa ja sykkeen ollessa 90–120, hiilihydraattien käyttö tehostuu ja rasvoja käytetään energiantuottoon suhteellisesti vähemmän (Hall 2003, 212).

Kovatehoisessa liikunnassa hiilihydraattien käyttö kiihtyy nopeasti, jolloin energiantuotanto muuttuu anaerobiseksi (Fogelholm 2004, 29; Ilander 2006, 52).



Kuva 2. Mukailtu Fogelholm 2004, 29 mukaan. Hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen osuus lihasten energiankulutuksesta työskenneltäessä eri tehoilla.

Liikuntasuorituksen keston merkitys energialähteiden valintaan huomataan, kun liikutaan anaerobista kynnystä kevyemmällä teholla. Liikuttaessa pitkään rasvan käyttö suurenee ja hiilihydraattien kulutus pienenee. Tämä siksi, että lihasten hiilihydraatti-varastot vähenevät nopeasti. (Fogelholm 2004, 30.) Hiilihydraattien runsas nauttiminen ennen liikuntasuoritusta lisää niiden käyttöä energianlähteenä liikunnan aikana (Ilander 2006, 63). Toisaalta yli 12 tunnin hiilihydraattipaasto pienentää hiilihydraattien polttoa. Rasvojen nauttimisella ei juuri ole vaikutusta energianlähteiden valintaan. (Fogelholm 2004, 30.)

#### 2.4.4 Piiloaktiiviteetti

Yhtenä energiankulutuksen tekijänä voidaan pitää energiankulutusta, jota kutsutaan NEAT:ksi (non-exercise activity thermogenesis). NEAT on selvästi erotettavissa tarkoituksenmukaisesta liikunnasta. Se käsittää päivittäisten normaalien aktiiviteettien energiankulutuksen, kuten istumisen, seisomisen, kävelyn ja puhumisen. (Levine ym. 2005, 584; Mustajoki 2007, 65; 67.) Seisomisen ja istumisen MET-kertoimet ovat pienet. Päivän aikana seistään ja istutaan kuitenkin paljon, joten niiden vaikutus energiankulutukseen on merkittävä. Kokonaisenergiankulutuksen merkittäviä eroja eri ihmisillä voidaan osin selittää piiloaktiiviteetin avulla. (Mustajoki 2007, 68.)

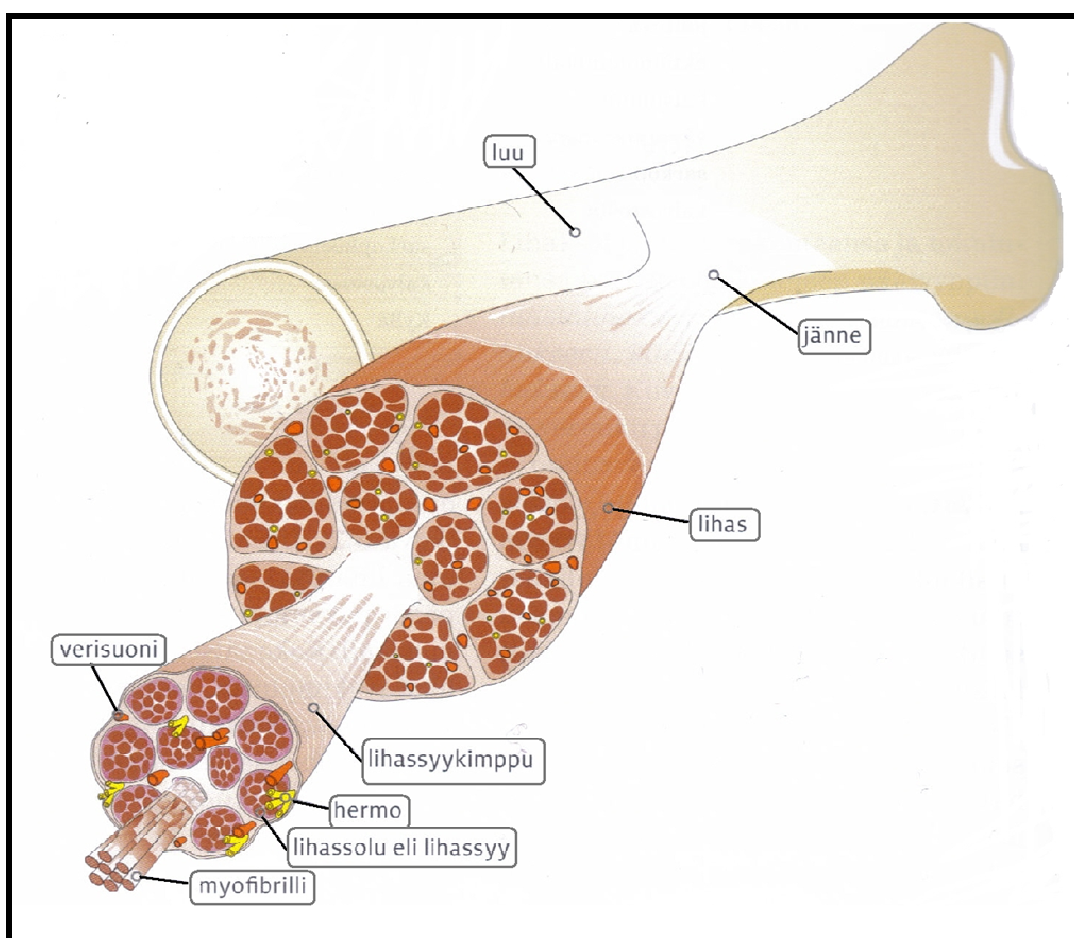
#### 2.5 Lihas

Aikuisen ihmisen painosta 40–50 % on lihaskudosta. Lihaskudokselle on tyypillistä ennen kaikkea supistumiskyky. (Seeley ym. 2005, 87; Leppäluoto, Kettunen, Rintamäki, Vakkuri, Vierimaa & Lätti 2008, 98.) Lihaskudostyyppejä on kolme erilaista: sileää-, sydän- ja poikkijuovaista lihaskudosta. Näistä poikkijuovainen lihaskudos mahdollistaa ihmisen liikkumisen ja asennon ylläpitämisen. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2004, 105; Seeley ym. 2005, 87;158; Karhumäki, Lehtonen, Nieminen & Syrjäkallio-Ylitalo 2006, 35.)

##### 2.5.1 Lihaksen rakenne

Lihaskoostuu lihas- ja sidekudoksesta. Lihassyöt sijaitsevat lihasrungossa, jonka molemmilla päissä on joko vähäisestä sidekudoksesta tai varsinaisesta jänteestä muodostunut alue. Lihas kiinnittyy luuhun tai rustoon sidekudoksisen tai jänteisen alueen avulla. Lihas on sidekudoksisen lihaskalvon ympäröimä. Lihassykimppujen ja jokaisen lihassyyn ympärillä on hermoja ja verisuonia sisältävää sidekudosta. (Nienstedt ym. 2004, 143.)

Poikkijuovaisten lihasten päät ovat aina kiinni eri luissa (kuva 3). Lihassyt muodostuvat putkimaisista monitumaisista soluista, joiden sisällä on proteiineista rakentuneita fibrillisäikeitä. (Karhumäki, Lehtonen, Nieminen & Syrjäkallio-Ylitalo 2006, 35; Leppäluoto ym. 2008, 100.) Fibrillisäikeet koostuvat filamenteista, jotka asettuvat vierekkäin tiettyyn järjestykseen muodostaen poikkijuovaisen lihaskudoksen. Filamentit muodostuvat sadoista proteiinimolekyyleistä ja ne jaetaan kahteen lajiin: aktiini- ja myosiinifilamentteihin. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2004, 78; Seeley ym. 2005, 159; Leppäluoto ym. 2008, 100.)



Kuva 3. Mukailtu Leppäluoto ym. 2008, 100 mukaan. Poikkileikkaus lihaksen rakenteesta.

### 2.5.2 Lihaksen supistuminen

Poikkijuovainen lihassy supistuu saadessaan hermoimpulssin hermo-lihasliitoksen kautta aksoninhaaraa pitkin. Aksoninhaaroja voi olla jopa 2000, joten yhden hermosolun aktiopotentiaali voi levitä yhtä moneen lihassoluun aiheuttaen samanaikaisen supistumisen kaikissa näissä lihassoluissa. Aktiopotentiaalın vastaanottaneesta hermosolusta ja sen hermottamista lihassoluista muodostuu kokonaisuus, lihaksen motorinen yksikkö. Lihaksen supistumisvoima riippuu ensisijaisesti toimivien motoristen yksiköiden määrästä, mutta siihen vaikuttavat myös liikkeen nopeus, lihassyiden pituus lepotilassa ja lihassyiden laatu. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2004, 78–79;144.)

Sarkomeerit ovat lihassyyn supistuvia yksiköitä ja myofilamenteista koostuneita rakenteita. Yhdessä sarkomeerissa on kaksi ryhmää aktiinifilamenteja ja kummankin ryhmän toinen pää on kiinni proteiiniverkossa eli Z-levyssä. Lihassyyn supistuessa Z-levyt vetäytyvät toisiaan kohti. (Seeley ym. 2005, 159;163–164; Leppäluoto ym. 2008, 101–102.) Lihassupistuksessa aktiini- ja myosiinifilamentit liukuvat toistensa lomitse. Myosiinifilamenteissa olevat väkäset sitoutuvat aktiiniin ja muodostavat tämän kanssa poikkisilta-rakenteita. Tämä on lihassupistuksen mekanismin perusta. (Rantanen 2005, 287; Seeley ym. 2005, 159;163–164; Leppäluoto ym. 2008, 101–102.)

Lihassolut on mahdollista jakaa eri tyyppihin niiden supistumisnopeuden ja histokemiallisten ominaisuuksien perusteella (Kivelä 2000, 8). Lihassyt jakautuvat joko hitaisiin tai nopeisiin lihassyihin. Erityyppiset lihassyt ovat lihaksissa yleensä sekaisin. Hitaita lihassyitä on pääasiassa hitaissa, mutta kestävässä punaisissa lihaksissa ja ne sisältävät paljon mitokondrioita sekä myoglobiinia. Ilmeisesti pitkäaikaisessa supistuksessa lihas käyttää myoglobiiniin varastoitunutta happea. Hitait lihassyt polttavat ravintoaineita hapen avulla, eli tuottavat energiansa aerobisesti. Paljon nopeita lihas-syitä on vaaleissa lihaksissa, jotka reagoivat ja väsyvät nopeasti. Nopeat lihassyt tuottavat adensiinitrifosfaattia (ATP) pääasiassa anaerobisen glykolyysin

avulla. Energiaa on käytettävissä vähemmän kuin hitaissa lihassyissä. (Nienstedt ym. 2004, 144.)

Lihaskoostuu neljästä erilaisesta lihassolusta, joista käytetään nimityksiä tyyppi I (hiitaat solut), tyyppi IIA (nopeat oksidatiiviset), tyyppi IIB (nopeat glykolyttiset) ja tyyppi IIC (nopeat välityypinsolut). Solut voidaan erottaa toisistaan käyttämällä myofibrillaariseen ATPaasi aktiivisuuteen perustuvaa histokemiallista värjäystä. Emäksisessä liuoksessa tyyppi II solut värjäytyvät tummiksi ja tyyppi I solut jäävät vaaleiksi. Happamassa liuoksessa solut värjäytyvät päinvastaisesti. II-tyypin solut A, B ja C voidaan erottaa toisistaan esi-inkuboimalla näytteitä eri pH-asteisissa liuoksissa, jolloin ne värjäytyvät keskenään eri tavalla. (Kivelä 2000, 8.)

Myosiini on toinen lihaksen supistumiseen tarvittava pääproteiini. Se rakentuu kahdesta raskasketjusta (Myosin Heavy Chain, MHC) ja niihin liittyneistä kevytketjuista (Myosin Light Chain, MLC). Myosiinin kolmen eri tyypin raskasketjut vastaavat lihassolujen tyyppiä I, IIA ja IIB. (Kivelä 2000, 8.) Raskasketjuista käytetään nimityksiä MHC I, MHC IIA ja MHC IIX. Jokaisella raskasketjulla on sille erityinen supistumisnopeus ja ATPaasi aktiivisuus. MHC profiilin määrittäminen pidetäänkin mahdollisena kudostyyppien erilaisuuksien markkerina. Pitkäaikaisen harjoittelun seurauksena MHC profiili voi merkittävästi muuttua. (Puhke, Aunola, Ailanto, Alev, Venojärvi, Rusko & Seene 2006, 350.)

### 2.5.3 Lihaksen energiantuotto

Lihassupistumiseen vaaditaan kalsiumioneja ja adenosiniinifosfaattista eli ATP:n pilkkoutumisesta vapautuvaa energiaa. ATP on lihasten välitön energianlähde. (Seeley ym. 2005, 164.) ATP:tä on lihaksessa vain vähän ja se riittää ainoastaan muutaman sekunnin pituiseen lihastyöhön. Muiden energianlähteiden avulla elimistölle on kehittynyt järjestelmä, jonka kautta adenosinidifosfaattia (ADP) voidaan muuttaa takaisin ATP:ksi. (Iländer 2006, 48.) Lihaksiin on varastoituneena osa välillisistä energianlähteistä, kun taas osa on vapaana verenkierrossa. ATP:n lisäksi energiaa saadaan lihasten fosfokreatiininvarastoista tilanteessa, jolloin lihas supistuu nopeasti useita kertoja. (Fogelholm 2006, 20–21.) Lihasten fosfokreatiininvarastot ovat



kuitenkin rajalliset ja niiden tuottamalla energialla lihas voi supistua vain 50–100 kertaa. Rajallisen fosfokreatiinimäärän vuoksi ATP:tä pitää myöhemmin tuottaa muista lähteistä joko hapen avulla tai ilman. (Rehunen 1997, 31.)

Lihaksissa on glykokeenin muodossa varastoituneita hiilihydraatteja, joiden käyttö ei vaadi happea. Tällöin kyseessä on anaerobinen glykolyysi, eli anaerobinen energia-aineenvaihdunta. (Seeley ym. 2005, 168; 500.) Tällä tavalla energiantuotto on nopeaa, mutta tehottomampaa kuin fosfokreatiinin avulla tuotettuna. Anaerobisessa glykolyysissä glukoosi pilkkoutuu eri vaiheiden kautta palorypälehapoksi ja siitä edelleen laktiikiksi eli maitohapoksi. (Seeley ym. 2005, 500; Fogelholm 2006, 21.)

Suurin osa ATP:stä tuotetaan hapen avulla (Ilander 2006, 49). Aerobisessa glykolyysissä energian tuotto tapahtuu mitokondrioissa. Lähtöaineena käytetään verenkierrassa olevaa glukoosia tai glykokeenia. Glykokeenivarastot ovat kuitenkin lihaksissa rajalliset, joten pelkästään niiden avulla tuotettu energia riittää korkeintaan kahdeksi tunniksi. (Fogelholm 2006, 22.) Aerobinen glykolyysi voidaan jakaa neljään vaiheeseen: Glykolyysiin, asetyylikoentsyymi A:n muodostukseen, sitruunahappokiertoon ja elektronikuljetusketjuun. Aerobisen glykolyysin lopputuotteena syntyy ATP:tä, hiilidioksidia ja vettä. (Seeley ym. 2005, 500; Ilander 2006, 49.)

Mitokondrioissa rasvahapot pilkotaan beta-oksidaatiossa asetyyliryhmiksi, jotka siirtyvät sitruunahappokiertoon asetyylikoentsyymi A:n muodossa. Triglyseridit on pilkottava rasvahapoiksi ja glyseroliksi lipolyysin avulla, ennen kuin rasvaa voidaan käyttää energiantuotannossa. (Ilander 2006, 49.) Elimistö saa energiaa solujen sisällä olevista triglyserideistä, mutta yleensä suurin osa hapetettavista rasvoista päätyy lihaksiin veressä kiertävistä vapaista rasvahapoista. Veressä kiertävät rasvahapot ovat peräisin rasvakudoksesta. Rasvojen hapettaminen on hidasta, mutta rasvarastot eivät tästä juuri vähene. (Fogelholm 2006, 22.)

Proteiineista peräisin olevia aminohappojen hiilirunkoja käytetään energiantuottoon joko suoraan tai muokattuna glukoosiksi ja rasvahapoiksi. Deaminaatiossa energiantuotantoon osallistuvat aminohapot luovuttavat aminoryhmänsä. Glukokeeniset

aminohapot muuttuvat pääosin pyruvaatiksi ja siirtyvät energiantuotantoon. Ne voivat osallistua energiantuotantoon myös muuttumalla ensin glukoosiksi. Ketogeenisten aminohappojen hiilirungoista muodostetaan asetyyliryhmiä. Asetyyliryhmät siirtyvät energiantuotantoon liittymällä koentsyymi A:han. Ketogeeniset aminohapot voivat osallistua energiantuotantoon myös muodostamalla ensin rasvahappoja. (Ilander 2006, 49.)

#### 2.5.4 Lihasten energianlähteiden käyttö

Ihminen on istuessaan tai maatessaan fyysisesti passiivinen ja saa tasaisesti energiaa veren rasvahapoista ja glukoosista. Kevyessä fyysisessä aktiivisuudessa ihminen ei hengästy eikä hikoile ja sykekin nopeutuu vain vähän lepotilaan verrattuna. Tällöin etenkin veren vapaiden rasvahappojen käyttö energiaksi tehostuu. Samanaikaisesti glukoosin käyttö energianlähteenä vähenee lihasten palautusjärjestelmän toimesta. (Fogelholm 2006, 24.)

Rasvojen käyttö energianlähteenä on suurta kohtalaisessa fyysisessä aktiivisuudessa, mutta kuitenkin pienempää kuin kevyessä aktiivisuudessa (Fogelholm 2006, 24; Marniemi & Ilander 2006, 63). Oleellista on, että lihasten sisäisiä rasva- ja glykogeenivarastoja aletaan käyttää energianlähteenä enemmän kuin kevyessä fyysisessä aktiivisuudessa. Liikunnan terveysvaikutusten kannalta tällä on positiivinen merkitys. (Fogelholm 2006, 24.)

Liikunnan muuttuessa raskaaksi rasvoja käytetään energianlähteenä yhä vähemmän ja lihasten glykogeenin käyttö tehostuu. Tämä sen vuoksi, että ATP-varastot tyhjenevät nopeasti eikä rasvoista ja veren glukoosista saada tarpeeksi nopeasti energiaa varastojen täydentämiseen. Energiantuotannosta anaerobisen glykolyysin osuus alkaa myös lisääntyä. Rasvahappojen vapautuminen rasvakudoksesta vähenee muodostuvan maitohapon vuoksi, joka edelleen lisää glykogeenin käyttöä energianlähteenä. Rasvojen käyttö energianlähteenä kovassa liikunnassa onkin todella vähäistä. Suorituksen kesto, ravitsemustila, perimä ja harjoittelutausta vaikuttavat liikunnan kuormittavuuden lisäksi lihasten energialähteiden valintaan. Liikunnan kestolla on

merkitystä ainoastaan silloin, kun kuormittavuus on kohtalaista tai raskasta. (Fogelholm 2006, 24–25.)

Liikunnan aikainen energianlähteiden käyttö ei tutkimusten mukaan vaikuta koko vuorokauden energianlähteiden käyttöön, kokonaisenergiankulutukseen tai painonhallintaan. Jo vähäinenkin fyysinen aktiivisuus harjoittelemattomilla henkilöillä tehostaa aerobista aineenvaihduntaa, mikä johtaa moniin myönteisiin muutoksiin pitkäaikais-sairauksien riskitekijöissä. (Fogelholm 2006, 25–26.)

## 2.6 Liikunnan vaikutukset elimistöön

Liikuntaa pidetään merkittävänä osana terveellistä elämäntapaa (Borodulin 2006, 15). Säännöllinen liikunta edistää terveyttä ja ehkäisee monien eri sairauksien syntymistä (Sakari-Rantala 2004, 14; Alen & Rauramaa 2005, 30–31). Liikunta ylläpitää hengitys-, verenkierto- ja ruoansulatuselimistön sekä munuaisten toimintaa. Se myös vahvistaa ja parantaa kehon fyysisiä ominaisuuksia. Motoriset taidot, luiden ja jänteiden lujuus sekä lihasvoima ja kestävyys parantuvat. Erityisesti liikunta vaikuttaa niihin elimiin ja elinjärjestelmiin, jotka kuormittuvat liikunnan aikana. Vaikutus kohdistuu luihin, niveliin, lihaksiin, jänteisiin, keuhkoihin, sydämeen ja verisuonistoon. (Alen & Rauramaa 2005, 30–31; Niemi 2007, 7.) Liikunta vaikuttaa myös niihin kudoksiin ja elimiin, jotka säätelevät hormonaalisia ja hermostollisia toimintoja sekä rasva-, valkuais- ja sokeriaineenvaihduntaan. (Virtanen & Vitikka 2001, 3; Alen & Rauramaa 2005, 30–31.) Liikunnalla on paljon positiivisia vaikutuksia myös henkiseen terveyteen (Alen & Rauramaa 2005, 31; Vuori 2006, 12).

### 2.6.1 Kuntosaliharjoittelu

Kuntosaliharjoittelu on lihaskuntoharjoittelua, jonka tavoitteina voi olla kehon muokkaus, suorituskyvyn parantaminen tai yleisesti terveyden ja hyvinvoinnin edistäminen. Lihaskuntoharjoittelulla voidaan kehittää lihaskuntoa, voimaa tai lihasmassaa, mutta myös parantaa ryhtiä ja lihastasapainoa. Siitä on apua myös painonhallinnassa, kehon kiinteytyksessä, verenpaineongelmien ja diabeteksen hoidossa sekä vammojen kuntouttamisessa. Lihaskuntoharjoittelu on oiva tapa purkaa

stressiä ja sen avulla voidaan vahvistaa myös itseluottamusta, kehonhallintaa ja minäkuvaa parantuneen fyysisen kunnon kautta. (Aalto 2005 b, 10–11.) Lihaskuntoharjoittelu on kasvattanut suosiotaan erityisesti ikääntyvässä väestössä. Sen on todettu parantavan ikääntyvien liikuntaelimestön toimintakykyä kestävyysliikuntaa tehokkaammin. (Suni 2006, 44).

Lihaskuntoharjoittelu vaikuttaa terveyteen monin eri tavoin. Se kasvattaa lihaksia ja voimaa. Tämän on todettu parantavan elämänlaatua. Lihaskuntoharjoittelu lisää luumassaa, ja se on tehokas tapa ehkäistä osteoporoosia. Suoja osteoporoosia vastaan on sitä parempi, mitä aikaisemmin harjoittelu on aloitettu. (Hall 2003, 64.) Kehossa rasvattoman lihaskudoksen määrä lisääntyy ja aineenvaihdunta kiihtyy (Aalto 2005 b, 11; Hall 2003, 64). Glukoositaso paranee, koska harjoittelu vähentää rasvaa erityisesti vyötärön seudulta. Tällöin myös 2 tyypin diabeteksen riski pienenee. Polven ja lantion nivelten lihasvoima lisääntyy, jolloin tasapaino kehittyy ja kaatumisen riski vähenee. Harjoittelun ansiosta yleiskunto nousee ja arkiaskareet tuntuvat kevyemmiltä. (Hall 2003, 64.)

Lihaskuntoharjoittelu kannattaa suunnitella turvallisesti ja tehokkaaksi (Suni 2006, 45). Kehon kaikkia suurimpia lihasryhmiä tulee harjoittaa tasapuolisesti ja symmetrisesti. Liikkeitä ja koko ohjelmaa vaihdellaan tarpeeksi usein: keho välttyy rasitusvammoilta ja lihasepätasapainolta. Harjoittelun tehoa lisätään asteittain joko lisäämällä painoja tai toistojen määrää. Liikkeet kannattaa tehdä hitaasti ja loppuun asti keskittyen tekniikkaan. (Hall 2003, 65.) Turvallinen lihaskuntoharjoittelu sisältää kaksi harjoittelukertaa viikossa ja käsittää vartalonlihakset, alaraajojen ojentajalihakset ja hartiansseudun. Harjoittelukerroilla suositellaan tehtäväksi 8-10 liikettä, joita toistetaan joka sarjassa 8-15 kertaa. (Suni 2006, 45.)

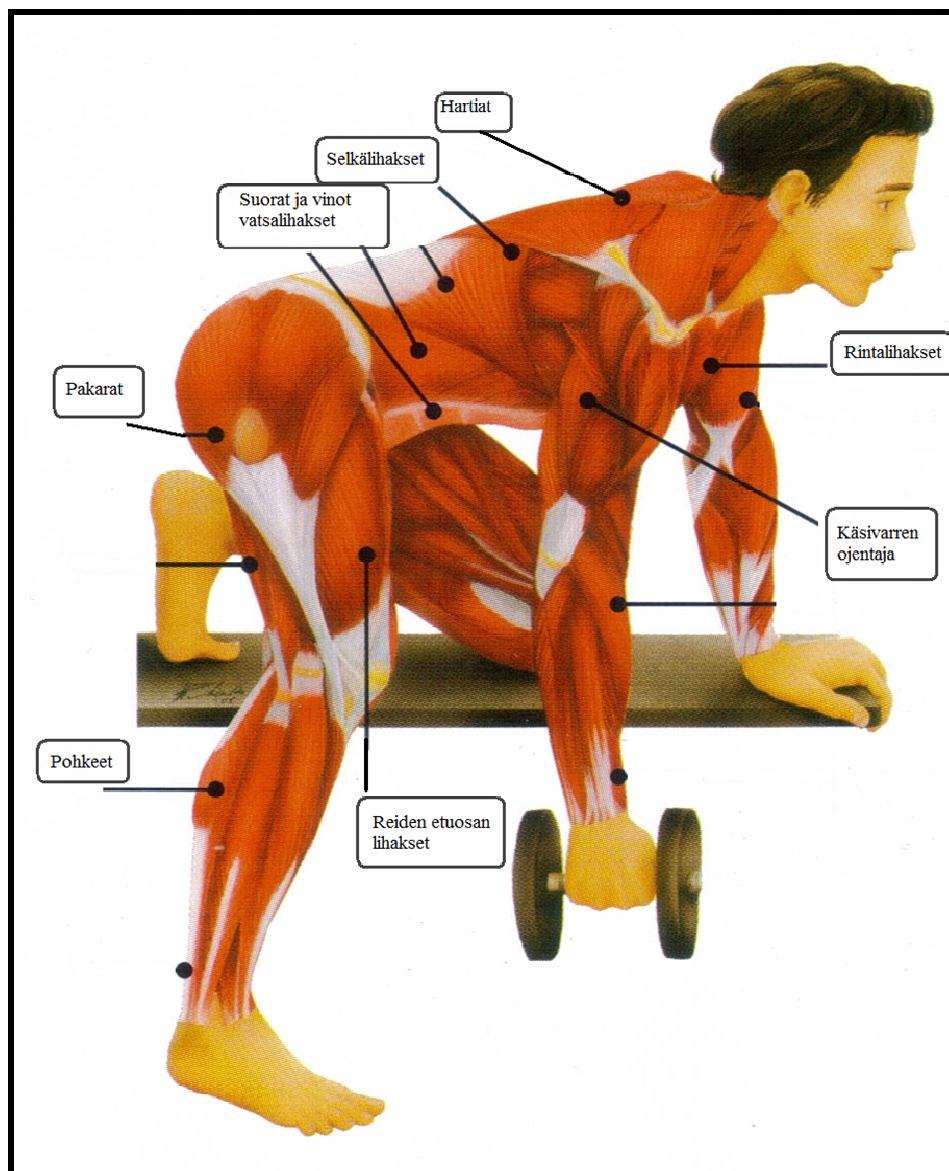
### 2.6.2 Sauvakävely

Sauvakävely on perusliikuntamuoto ja on siksi sopiva ja turvallinen jokaiselle. Se on helpoimpia tapoja kohentaa kestävyyskuntoa. Rajoitteita harjoittelulle ei juuri ole; sitä voi siis harrastaa missä vain ja itselle sopivana ajankohtana. Sauvakävelyssä käytetään pääasiassa jalkojen, lantionalueen ja keskivartalon suuria lihasryhmiä. (Kantaneva

2006, 12; Knight 2008, 54–59.) Kävelyä tuetaan sauvojen avulla olkanivelestä lähtevällä liikkeellä (Kantaneva 2006, 12).

Aerobisessa liikunnassa, kuten sauvakävelyssä, sydämen pumppausteho sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta paranevat (Aalto 2005 a, 22; Kantaneva 2006, 23). Harjoittelu suurentaa sydämen kokoa ja kammioiden tilavuutta, jolloin sydämen iskutilavuus kasvaa ja leposyke laskee. Myös rasvan käyttö energianlähteenä tehostuu. (Aalto 2005 a, 23; Alen & Rauramaa 2005, 40.) Hapenottopinta-ala kasvaa keuhkorakkuloiden määrän lisääntyessä ja hengitys tehostuu (Aalto 2005 a, 23).

Sauvakävellessä pääliharyhmien kunto kohenee. Tällöin harjoitetaan tehokkaasti käsivarsien, selän, vatsan, kylkien, lantionseudun ja jalkojen lihaksistoa (kuva 4). Tehokkaalla sauvakävelyharjoittelulla voidaan saavuttaa kuntosalin kiertoarjoittelua vastaavia tuloksia. (Kantaneva 2006, 23.) Sauvakävely nostaa oikein suoritettuna energiankulutusta noin 20 % kävelyyn verrattuna, mutta sitä ei kuitenkaan koeta kävelyä raskaammaksi (Knight 2008, 54–55). Harjoittelu parantaa ryhtiä ja auttaa niska- ja hartiasseudun ongelmiin (Ahonen & Huovinen 2001, 54). Sauvakävely on hyvä liikuntamuoto ylipainoisille, koska se kuormittaa polviniveä tavallista kävelyä vähemmän. Se sopii myös sydänkuntoutuspotilaille ja katkokävelystä kärsiville. (Kantaneva 2006, 9.)



*Kuva 4. Mukailtu Kantaneva 2006, 23 mukaan. Sauvakävelyssä harjoitettavat lihasryhmät.*

Säännöllinen sauvakävely parantaa veren rasva-arvoja ja samalla myös kehon koostumusta. Se vaikuttaa suotuisasti myös lepoverenpaineeseen, luiden lujuuteen sekä mielialaan. Sauvakävelyn aikana kehon perusaineenvaihdunta kolminkertaistuu lepotilaan verrattuna ja harjoitteluun käytetty energia on verrannollinen kävelyvauhtiin ja kehon painoon. (Kantaneva 2006, 15; Knight 2008, 16–17.)

### **3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSTEHTÄVÄT**

#### **3.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia vaikuttaako 12 viikon harjoitusohjelma kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden perusaineenvaihduntaan ja onko ryhmien välisissä tuloksissa eroa. Tarkoituksena oli myös selvittää, miten kyseiset liikuntamuodot vaikuttavat perusaineenvaihduntaan. Tämän lisäksi on vertailtu myös vyötärön ympäryksen ja kehon rasvamassan muutoksia ennen ja jälkeen 12 viikon harjoittelujakson.

Tutkimuksen tavoitteena on tarjota uutta lisätietoa terveydenhuollon ammattilaisille. Näin he osaisivat kannustaa erityisesti tyypin 2 diabeteksen riskiryhmään kuuluvia henkilöitä muuttamaan elämäntapojaan pysyvästi. Terveydenhuollossa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota vyötärön ympäryksen mittaamiseen, sillä se on hyvä tapa arvioida henkilön sairastumisriskiä tyypin 2 diabetekseen. Tavoitteena on saada ihmiset ymmärtämään painonhallinnan ja säännöllisen liikunnan tärkeys. Toisaalta tutkimus antaa tietoa liikunnan myönteisistä vaikutuksista silloin, kun ruokavaliota ei muuteta ja syödään vanhojen ruokatottumusten mukaan.

#### **3.2 Tutkimustehtävät**

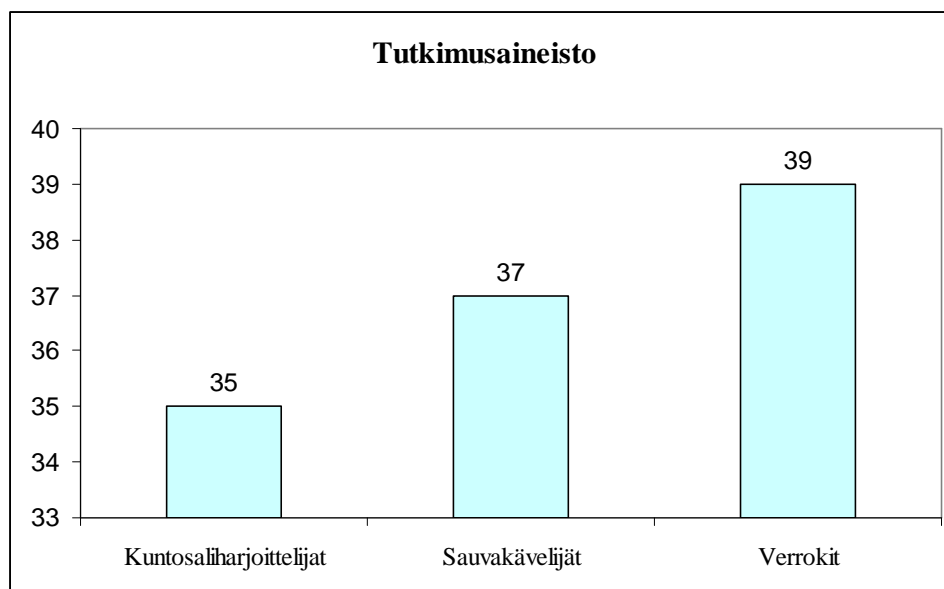
Opinnäytetyössämme on kolme tutkimustehtävää:

1. Vaikuttaako kuntosaliharjoittelu perusaineenvaihduntaan?
  - a) Jos vaikuttaa, niin miten?
2. Vaikuttaako sauvakävely perusaineenvaihduntaan?
  - a) Jos vaikuttaa, niin miten?
3. Onko kyseisten liikuntamuotojen vaikutusten välillä eroa?

## 4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

### 4.1 Opinnäytetyön toteutus

Tutkimus toteutettiin yhdessä lehtori Mika Venojärven kanssa, joka toimi myös työn ohjaavana opettajana. Tutkimusaineisto muodostui NowaStep-tutkimuksen aineistosta (2007–2008). Tutkimukseen valittiin 144 tutkittavaa, jotka satunnaistettiin kolmeen ryhmään arpomalla. Tähän tutkimukseen valittiin 111 tutkittavaa (Kuvio 1), joista oli saatavilla riittävät tiedot perusaineenvaihdunnan kannalta. Kaikki tutkittavat olivat 40–65-vuotiaita miehiä, joiden painoindeksi (BMI) oli seulontamittauksessa välillä 25.1–34.9, ja joiden verensokeriarvo oli 5.6–6.9 mmol/l tai 2. h sokeriarvo 7.8–11.0 mmol/l. Tutkittavat rekrytoitiin suurista työterveyshuolloista Helsingin ja Turun alueilta sekä lehti-ilmoitusten avulla. Kuntosaliharjoittelijoilla ja sauvakävelijöillä oli ohjatut harjoitustunnit kolmesti viikossa. Verrokeille ei järjestetty ohjattua liikuntaa, mutta he saivat suulliset ohjeet liikunnan harrastamisesta. Mikään ryhmä ei saanut ruokavalio-ohjausta.

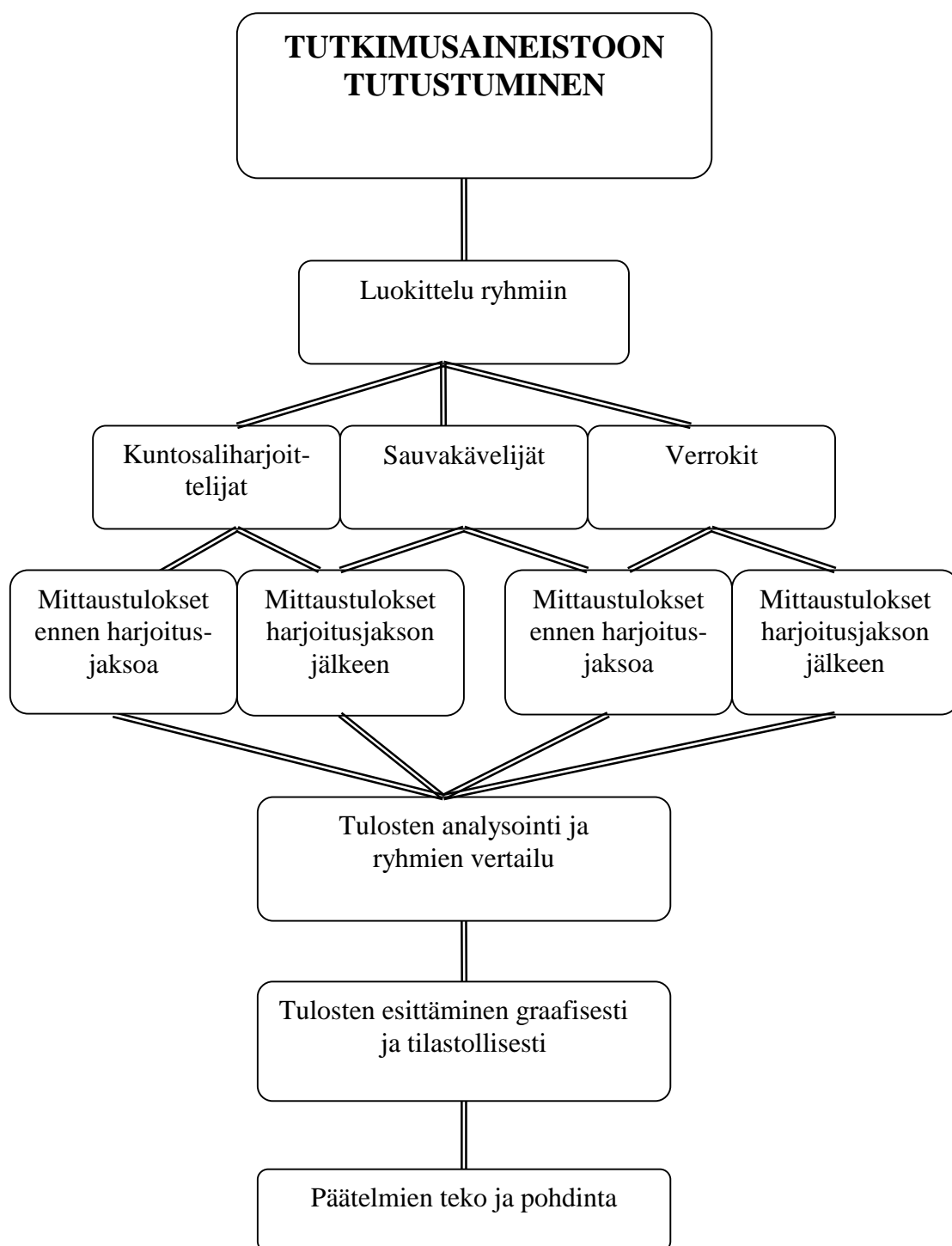


Kuvio 1. Tutkimusaineisto.



Tutkittavilta mitattiin kehonkoostumus ja vyötärön ympärysmitta ennen paastoverikoetta 0 ja 12 viikon kohdalla (Liite 2.). Kehon koostumus-mittauksesta saatua rasvattoman painon arvoa käytettiin PAV:n ja kokonaisenergiankulutuksen arvioimiseen. Tutkimuksessa analysoitiin ja taulukoitiin kehonkoostumus-mittauksesta saatuja tuloksia ennen ja jälkeen 12 viikon harjoittelujakson. Tulosten avulla tutkijat määrittivät päivittäisen perusaineenvaihdunnan (PAV) ja kokonaisenergiankulutuksen käyttäen tutkittavien omia aktiivisuuskertoimia.

Perusaineenvaihdunta ja kokonaisenergiankulutus määritettiin kaavoilla:  $PAV = 4.18 \times (370 + 21.6 \times \text{rasvaton paino}) = \text{kJ/vrk}$  ja kokonaisenergiankulutus = aktiivisuuskerroin  $\times PAV = \text{kJ/vrk}$  (InBody-kehon koostumusesite 2009). Aineiston käsittely, raportointi ja kirjoitusprosessi ajoittuivat alkuvuoteen 2009. Opinnäytetyö valmistui toukokuussa 2009. Toimeksiantosopimus (Liite 3.) tehtiin ohjaavan opettajan ja koulutuspäällikkö Leila Tiilikan kanssa. Tutkimus toteutettiin kaavion 1 mukaisesti.



*Kaavio 1. Opinnäytetyön tutkimusosan eri vaiheet.*

## 4.2 Opinnäytetyön metodologiset lähtökohdat

Opinnäytetyö edustaa perinteistä empiiristä ja kvantitatiivista lähestymistapaa. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa on positivistinen tutkimusote. Se korostaa, että kaikki tieto on peräisin suorista aistihavainnoista ja loogisista näihin havaintoihin perustuvista päättelyistä. Kvantitatiivinen tutkimustyyppi perustuu luonnontieteisiin ja sitä käytetään yleisesti sosiaali- ja yhteiskuntatieteen aloilla. Lähestymistavassa korostetaan yleispäteviä syyn ja seurauksen lakeja ja taustalla onkin realistinen ontologia, jossa todellisuus rakentuu objektiivisesti todettavista tosiasioista. (Hirsjärvi 2007, 135.)

Kvantitatiivisessa lähestymistavassa ominaista on johtopäätösten tekeminen jo tehdyistä tutkimuksista sekä tutustuminen aikaisemmin esitettyihin teorioihin. Tärkeää on myös esittää väittämiä, oletuksia ja selventää lukijalle tutkimuksessa käytettäviä keskeisiä käsitteitä. Aineiston keruussa ja koehenkilöiden valinnassa on tiettyjä kriteereitä. Havaintoaineiston on sovelluttava määrälliseen numeeriseen mittaamiseen. Tutkittavia valittaessa on tehtävä tarkkoja suunnitelmia, jotta saadaan tutkimuksen kannalta sopivia koehenkilöitä ja tarpeeksi kattava otos. Kvantitatiiviselle tutkimukselle ominaista on myös aineiston taulukointi, luokittelu ja tilastollisten analyysien suorittaminen päätelmien tekoa varten. (Hirsjärvi 2007, 136.) Edellä mainitut kvantitatiivisen tutkimuksen ominaisuudet ovat täyttyneet tässä opinnäytetyössä.

## 4.3 Opinnäytetyön eettiset näkökohdat

Tutkijat ovat pohtineet tutkittaviin ja aineistoon liittyviä eettisiä kysymyksiä ja ottaneet kyseiset tekijät huomioon. Tutkijat ovat tutkimusaineiston toissijaisia tutkijoita, jotka eivät ole olleet tekemisissä suoraan tutkittavien kanssa, vaan analysoivat ainoastaan heidän tutkimustuloksiaan.

Aineistoa käsiteltiin huolellisesti ja pyrittiin estämään tietojen tuhoutuminen, muuttuminen tai joutuminen väärin käsiin. Tutkimusaineisto on tarkoitettu vain tutkimuskäyttöön, joten sitä ei luovutettu ulkopuolisille tahoille. (Kuula 2006, 113; 115.) Tästä opinnäytetyöstä saatuja tutkimustuloksia ei luovuteta ulkopuolisille ja ne säilytetään oikeaoppisesti, kunnes ne sovitun ajan kuluttua tuhoetaan.

Tutkimusta tehdessä tulee kunnioittaa ihmisten itsemääräämisoikeutta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tutkittavat saavat itse päättää tutkimukseen osallistumisesta ja heillä on mahdollisuus saada tutkimuksesta tarpeeksi tietoa. (Kuula 2006, 61; Hirsjärvi 2007, 25.) Tutkijan tulee siis saada vapaaehtoinen, kirjallinen suostumus tutkittavilta. Suostumus on voimassa koko tutkimuksen ajan ja tutkittavan on mahdollista perua osallistumisensa milloin tahansa ilman perusteluja. (Kuula 2006, 87; Hirsjärvi 2007, 25.) Tutkittavien yksityisyyttä kunnioitetaan ja suojellaan oikeudellisin säännöksin eli tutkittavilla on tietosuojaja. Tutkittavilla on oikeus päättää mitä tietoja heistä laitetaan tutkimukseen. Tutkimustekstit kirjoitetaan siten, että niistä ei voida tunnistaa yksittäisen tutkittavan tietoja tai tuloksia. Tutkittavat saavat tiedot aineiston käyttäjistä, käyttö-ajasta ja -tavoista sekä säilyttämisestä jo siinä vaiheessa, kun he allekirjoittavat tutkimuksen suostumuslomakkeen. (Kuula 2006, 64.) Tässä opinnäytetyössä tutkijoiden ei ole tarvinnut edellä mainittuja asioita pohtia, sillä ensisijainen tutkija on hoitanut asiat eettisesti oikein.

Henkilötietolakiin sisältyy velvoitteita, joiden mukaan tutkimusaineistoja käyttävien on toimittava. Huolellisuusveloitteen mukaan henkilötietoja sisältäviä tutkimusaineistoja käsitellään laillisesti ja huolellisesti niin, että tutkittavien yksityisyyden suoja ei vaarannu. Lisäksi henkilötietojen käsittely on suunniteltua ja asiallisesti perusteltua. Käyttötarkoitussidonnaisuus henkilötietojen käsittelyssä otetaan huomioon: tavoitteena on ehkäistä ihmisiä koskevien tietojen käyttäminen muuhun kuin kyseiseen tutkimukseen. (Kuula 2006, 87–88.) Tutkijat ovat itse taulukoineet osan ensisijaisen tutkijan tutkimustuloksista ja käsitelleet henkilötietoja sisältäviä lomakkeita henkilötietolain velvoittamalla tavalla. Aineistossa tutkittavat oli identifioitu tutkimusnumeroilla, joten tutkimuksen aikana tai sen jälkeen tutkijoilla ei ollut henkilötietoja sisältävää materiaalia hallussaan.

Tutkimuksen teossa tulee noudattaa hyvää tieteellistä käytäntöä (Hirsjärvi 2007, 23). Tämä tutkimus tehtiin hyvien tieteellisten käytäntöjen mukaan. Tutkimusryhmä on saanut tutkimukseen eettisen luvan Helsingin ja Uudenmaan sairaan-hoitopiiriin

eettiseltä toimikunnalta ja koulutusjohtaja Kaija Lindiltä. Lisäksi NowaStep-tutkimuksessa noudatettiin Kansanterveyslaitoksen (KTL) eettisiä ohjeita.

## 5 TUTKIMUSTULOKSET

### 5.1 Tutkimustulosten tilastollinen käsittely

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin tutkittavien ryhmien muuttujien eli perusaineenvaihdunnan (PAV), kokonaisenergiankulutuksen, vyötärönympäryksen ja kehon rasva-massan tulosten muutoksia ennen ja jälkeen 12 viikon harjoittelujakson. Muuttujia vertailtiin sekä tutkittavien ryhmien sisäisinä että ryhmien välisinä muutoksina. Aineiston käsittely tehtiin käyttäen SPSS-tilasto-ohjelmaa.

Aineiston käsittely aloitettiin laskemalla tunnusluvut muuttujille ryhmittäin. Lasketut tunnusluvut olivat keskiarvo (KA), keskihajonta (SD), keskivirhe (SE) ja vaihteluväli. Normaalijakaumat testattiin Shapiro-Wilkin testillä. Muuttujat jakautuivat normaalisti lukuun ottamatta sauvakävelijöiden ja verrokkien 0 viikon kokonaisenergiankulutuksen tuloksia. Koska kaikki muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneita, ryhmien sisäisten muutosten vertailut suoritettiin käyttäen ei-parametrista, jakaumasta vapaata Wilcoxonin järjestystestiä. Wilcoxonin järjestystestistä saatiin ryhmille myös p-arvot, joista nähtiin, onko tulosten välillä tapahtunut muutos tilastollisesti merkitsevä. Kaikkien kolmen tutkittavan ryhmän muuttujien tuloksia vertailtiin ei-parametrisella Kruskal-Wallis testillä. Testin p-arvoilla pystyttiin päättämään, onko muuttujien 0-12 viikon tuloksissa ryhmien välisiä eroja.

P-arvon tulisi olla  $< 0,05$ , jotta tuloksen voidaan ajatella oleva tilastollisesti merkitsevä. Tulos on oireellinen, kun  $0,05 \leq p < 0,10$ ; melkein merkitsevä, kun  $0,01 \leq p < 0,05$ ; merkitsevä, kun  $0,001 \leq p < 0,01$ ; erittäin merkitsevä, kun  $p < 0,001$ . (Ernvall, Ernvall & Kaukkila 2002, 111.)

### 5.2 Tutkimustulokset ja niiden arviointi

Taulukossa 2. on kuvattu tutkimusryhmissä tapahtuneet perusaineenvaihdunnan muutokset. Nollahypoteesina oli oletus, että perusaineenvaihdunta ei tutkittavissa ryhmissä harjoittelujakson aikana muutu. P-arvoja (0,177 ja 0,233) tarkasteltaessa

kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden perusaineenvaihdunnassa ei ole tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta ja nollahypoteesi jää voimaan. 21:llä (60 %) kuntosaliharjoittelijalla ja 12:lla (32 %) sauvakävelijällä perusaineenvaihdunta oli hieman suurentunut 12 viikon aikana, mutta sillä ei ole tilastollisesti merkitystä, kuten p-arvosta huomattiin. Verrokeilla ei odotetusti tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta perusaineenvaihdunnassa (p-arvo 0,599). 16:lla (41 %) se oli kuitenkin suurentunut ja 3:lla (8 %) pysynyt ennallaan. Verrokkien keskuudessa tapahtunut muutos perusaineenvaihdunnassa voi selittyä esimerkiksi omaehtoisella liikunnan lisäämisellä tai ruokavalion muutoksella.

*Taulukko 2. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset perusaineenvaihdunnassa 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.*

		KA	SD	SE	Vaihteluväli	p-arvo
Kuntosaliharjoittelijat n=35	PAV kJ/vrk 0 vk	7992,9	694,0	117,3	6286,7-9419,7	0,177
	PAV kJ/vrk 12 vk	8024,9	711,9	120,3	6304,8-9690,6	
Sauvakävelijät n=37	PAV kJ/vrk 0 vk	7893,8	614,9	101,1	6629,8-8950,2	0,233
	PAV kJ/vrk 12 vk	7893,8	610,3	100,3	6512,4-9320,4	
Verrokkit n=39	PAV kJ/vrk 0 vk	7846,2	631,6	101,1	6702,0-9392,6	0,599
	PAV kJ/vrk 12 vk	7838,7	604,9	96,9	6738,2-9230,1	
Total n=111	PAV kJ/vrk 0 vk	7908,3	643,5	61,1	6286,7-9419,7	
	PAV kJ/vrk 12 vk	7915,8	641,1	60,9	6304,8-9690,6	

Taulukosta 3. nähdään, että perusaineenvaihdunnassa tapahtuneissa muutoksissa ei ole eroa ryhmien välillä (p-arvo > 0,05).

*Taulukko 3. Muutokset perusaineenvaihdunnassa 0-12 viikossa tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.*

	PAV kJ/vrk 0 vk	PAV kJ/vrk 12 vk
p-arvo	0,505	0,282

Taulukossa 4. on tarkasteltu kokonaisenergiankulutuksessa tapahtuneita muutoksia. Nollahypoteesina oli ajatus, että tutkittavien kokonaisenergiankulutus ei suurene 12 viikon aikana. Vastahypoteesina oli, että tutkittavien kokonaisenergiankulutus suurenee. Kuten kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden p-arvoista (0,000) huomataan, erot kokonaisenergiankulutuksessa 12 viikon jälkeen ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä ja vastahypoteesi astuu voimaan. Kuntosaliharjoittelijoista 31:llä (89 %) ja sauvakävelijöistä 29:llä (78 %) kokonaisenergiankulutus oli suurentunut harjoittelujakson aikana. Verrokkien kohdalla muutosta kokonaisenergiankulutuksessa 12 viikon aikana ei tapahtunut (p-arvo 0,069). 23:lla (59 %) se oli kuitenkin suurentunut ja selityksenä saattaa olla verrokkien omaehtoinen liikunnan lisäys tai muutokset ruokavali-  
ossa.



*Taulukko 4. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset kokonaisenergiankulutuksessa 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.*

		KA	SD	SE	Vaihteluväli	p-arvo
Kuntosaliharjoittelijat n=35	Kok.energiankulutus kJ/vrk 0 vk	12557,2	1586,7	268,2	9430,1-16600,3	0,000***
	Kok.energiankulutus kJ/vrk 12 vk	13749,1	1379,0	233,1	10718,1-16491,9	
Sauvakävelijät n=37	Kok.energiankulutus kJ/vrk 0 vk	12249,7	1662,8	273,4	9944,7-17810,1	0,000***
	Kok.energiankulutus kJ/vrk 12 vk	13392,1	1444,9	237,5	11071,1-17683,7	
Verrokkit n=39	Kok.energiankulutus kJ/vrk 0 vk	12538,2	1870,9	299,6	10053,1-17593,5	0,069
	Kok.energiankulutus kJ/vrk 12 vk	13007,5	2122,2	339,8	9557,8-18022,0	
Total n=111	Kok.energiankulutus kJ/vrk 0 vk	12448,0	1706,5	162,0	9430,1-17810,1	
	Kok.energiankulutus kJ/vrk 12 vk	13369,5	1708,6	162,2	9557,8-18022,0	

\*\*\* Ero tilastollisesti erittäin merkitsevä (p-arvo < 0,001).

Taulukossa 5. on kuvattu p-arvot, joista nähdään miten kokonaisenergiankulutus on muuttunut 0-12 viikon aikana ryhmien välillä. 0 viikon kohdalla nähdään että, ryhmien välillä ei ole eroa. 12 viikon tuloksissa on tilastollisesti melkein merkitsevää eroa, p-arvo on 0,047 ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

*Taulukko 5. Muutokset kokonaisenergiankulutuksessa 0-12 viikossa tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.*

	Kokonaisenergiankulutus kJ/vrk 0vk	Kokonaisenergiankulutus kJ/vrk 12vk
p-arvo	0,464	0,047*

\* Ero tilastollisesti melkein merkitsevä ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

Taulukossa 6. on esitetty vyötärönympäryksen 0-12 viikon aikana tapahtuneet muutokset. Nollahypoteesina oli, että vyötärönympäryys ei pienene 12 viikon harjoittelujakson aikana ja vastahypoteesina, että pienenee. Kuntosaliharjoittelijoiden ja sauvakävelijöiden p-arvojen (0,010 ja 0,000) perusteella vastahypoteesi astuu voimaan eli vyötärönympäryys pieneni harjoittelujakson aikana. Kuntosaliharjoittelijoilla vyötärönympäryksen pienentyminen on tilastollisesti melkein merkitsevää kun sauvakävelijöillä se on erittäin merkitsevää. Kuntosaliharjoittelijoista 20:llä (57 %) ja sauvakävelijöistä 27:llä (73 %) vyötärönympäryys oli pienentynyt harjoittelujakson aikana. Vaikka verrokeilla ei vyötärönympäryys tilastollisesti pienentynyt (p-arvo 0,315), niin vyötärönympäryys pieneni kuitenkin 18:lla (46 %). Syynä ovat mahdollisesti verrokkien lisääntynyt liikunta tai ruokavalion muutokset.

*Taulukko 6. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset vyötärönympäryksissä 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.*

		KA	SD	SE	Vaihteluväli	p-arvo
Kuntosaliharjoittelijat n=35	Vyötärönympäryys (cm) 0 vk	107,0	9,8	1,6	77-127	0,010*
	Vyötärönympäryys (cm) 12 vk	105,4	9,4	1,6	78-120	
Sauvakävelijät n=37	Vyötärönympäryys (cm) 0 vk	105,9	9,4	1,5	87-126	0,000***
	Vyötärönympäryys (cm) 12 vk	103,9	10,1	1,7	86-125	
Verrokkit n=39	Vyötärönympäryys (cm) 0 vk	101,7	8,5	1,4	87-117	0,315
	Vyötärönympäryys (cm) 12 vk	101,3	9,3	1,5	84-117	
Total n=111	Vyötärönympäryys (cm) 0 vk	104,8	9,4	0,9	77-127	
	Vyötärönympäryys (cm) 12 vk	103,4	9,7	0,9	78-125	

\* Ero tilastollisesti melkein merkitsevää ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

\*\*\* Ero tilastollisesti erittäin merkitsevää (p-arvo  $< 0,001$ ).

Taulukosta 7. nähdään miten vyötärönympäryys on muuttunut 0-12 viikossa ryhmien välillä. Ryhmien välisissä tuloksissa on tilastollisesti melkein merkitsevää eroa 0 viikon kohdalla (p-arvo 0,025). Harjoittelujakson jälkeen tulokset eivät eroa toisistaan.

*Taulukko 7. 0-12 viikon muutokset ryhmien välisissä vyötärönympäryyksissä.*

	Vyötärönympäryys (cm) 0 vk	Vyötärönympäryys (cm) 12 vk
p-arvo	0,025*	0,135

\* Ero tilastollisesti melkein merkitsevä ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

Taulukossa 8. on kuvattu tutkittavien ryhmien rasvamassan määrän muutokset p-arvojen avulla 12 viikon harjoittelujakson jälkeen. Nollahypoteesina oli oletus, että rasvamassan määrä ei vähene ja vastahypoteesina, että se vähenee harjoittelujakson aikana. Kuntosaliharjoittelijoilla rasvamassan määrä ei ole tilastollisesti merkitsevästi vähentynyt. Yli puolella kuntosaliharjoittelijoista (54 %) se on kuitenkin vähentynyt harjoittelun aikana. Sauvakävelijöillä muutos rasvamassan määrässä on ollut tilastollisesti erittäin merkitsevä (p-arvo 0,000) eli vastahypoteesi astuu voimaan. Sauvakävelijöistä 32:lla (86 %) rasvamassan määrä oli vähentynyt harjoittelujakson aikana. Rasvamassan määrä ei verrokeilla tilastollisesti vähentynyt (p-arvo 0,084), mutta se väheni kuitenkin yli puolella johtuen todennäköisesti liikunnan lisäämisestä tai muutoksista ruokavaliossa.

*Taulukko 8. Ryhmien sisällä tapahtuneet muutokset rasvamassan määrässä 0-12 viikossa. Tunnuslukujen lisäksi taulukossa näkyvät p-arvot.*

		KA	SD	SE	Vaihteluväli	p-arvo
Kuntosaliharjoittelijat n=35	Rasvamassa 0 vk	25,4	6,7	1,1	11,2-41,5	0,293
	Rasvamassa 12 vk	24,8	6,3	1,1	10,6-36,5	
Sauvakävelijät n=37	Rasvamassa 0 vk	25,2	7,7	1,3	9,9-43,9	0,000***
	Rasvamassa 12 vk	22,9	7,8	1,3	9,1-43,1	
Verrokkit n=39	Rasvamassa 0 vk	21,9	6,6	1,1	10,9-33,2	0,084
	Rasvamassa 12 vk	21,3	6,8	1,1	10,6-34,3	
Total n=111	Rasvamassa 0 vk	24,1	7,1	0,7	9,9-43,9	
	Rasvamassa 12 vk	23,0	7,1	0,7	9,1-43,1	

\*\*\* Ero tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Taulukon 9. perusteella rasvamassan määrässä ei ole eroa ryhmien välillä (p-arvo > 0,05).

*Taulukko 9. 0-12 viikon muutokset rasvamassan määrässä tutkittavien ryhmien välillä verrattuna.*

	Rasvamassa 0 vk	Rasvamassa 12 vk
p-arvo	0,078	0,086

## 6 POHDINTA

Tässä luvussa pohditaan saatujen tutkimustulosten perusteella kuntosaliharjoittelun ja sauvakävelyn vaikutuksia perusaineenvaihduntaan ja sen eri tekijöihin sekä mahdollisten vaikutusten välisiä eroja. Lisäksi käsitellään muuttujien 0-12 viikon muutoksia niin tutkimusryhmittäin kuin niiden välillä. Lopuksi tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta ja kerrotaan mahdollisista jatkotutkimusaiheista.

Tässä opinnäytetyössä tutkimustehtävät toteutuivat. Tutkimuksessa pystyttiin selvittämään kuntosaliharjoittelun ja sauvakävelyn vaikutukset perusaineenvaihduntaan ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Lisäksi saatiin selville, miten kyseiset liikuntamuodot eroavat vaikutustavoiltaan. Saaduista tutkimustuloksista tehtiin tarvittavat tilastolliset vertailut. Tutkimustuloksista ja tilastollisista vertailuista tehtiin aiheen lähdekirjallisuuteen perustuva kirjallinen tuotos.

### 6.1 Tutkimustulosten pohdinta ja johtopäätökset

Kuntosaliharjoittelijoilla ja sauvakävelijöillä ei ole tilastollisesti tapahtunut merkittävää muutosta perusaineenvaihdunnassa 12 viikon harjoittelujakson aikana. Verrattaessa 0 ja 12 viikon keskiarvoja huomataan, että osalla kuntosaliharjoittelijoista perusaineenvaihdunta on suurentunut. Muutos ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkittävä, johon todennäköisesti siitä, että muutokset PAV:ssa ovat olleet niin vähäisiä. Keskiarvon mukaan sauvakävelijöillä PAV ei ole muuttunut harjoittelujakson aikana, vaikka se osalla olikin suurentunut. Muutokset ovat olleet kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole ollut vaikutusta keskiarvoon. Tilastollista eroa tutkittavien ryhmien kesken ei havaittu verrattaessa ryhmien perusaineenvaihdunnassa tapahtuneita muutoksia. Tutkimustulos on samankaltainen kuin aikaisemman kirjallisuuden perusteella oli odotettavissakin.

Kokonaisenergiankulutuksessa tapahtuneet tilastollisesti erittäin merkitsevät muutokset todetaan 0-12 viikon keskiarvoista sekä p-arvoista niin kuntosaliharjoittelijoilla kuin sauvakävelijöillä. 12 viikon harjoittelujakso on siis suurentanut tutkittavien kokonaisenergiankulutusta. Verrokkien kokonaisenergiankulutus ei tilastollisesti muuttunut, vaikka yli puolella se oli

suurentunut. Syitä suurenemiseen voivat olla omaehtoinen liikunnan lisääminen ja ruokavalion muuttaminen. Tutkittavien ryhmien kesken havaittiin tilastollisesti melkein merkitsevää eroa kokonaisenergiankulutuksessa 12 viikon tuloksissa. Tilastollisen eron selittää kokonaisenergiankulutuksen suureneminen kuntosaliharjoittelijoilla ja sauvakävelijöillä, mutta ei verrokeilla.

Vyötärönympäryys on pienentynyt tilastollisesti melkein tai erittäin merkitsevästi kuntosaliharjoittelijoilla ja sauvakävelijöillä. Tämä voidaan todeta sekä keskiarvoista että p-arvoista. Kuntosaliharjoittelusta ja sauvakävelystä on siis ollut tutkittaville hyötyä vyötärönympäryksen pienenemisenä. Hieman alle puolella verrokeista vyötärönympäryys pieneni seurantajakson aikana, mutta sillä ei ole ollut tilastollista vaikutusta. Tutkittavien ryhmien kesken vyötärönympäryksissä oli melkein merkitsevää eroa 0 viikon kohdalla. Ero johtuu tutkittavien epätasaisesta jakautumisesta eri seurantaryhmiin. Kuntosaliharjoitteluryhmään oli siis valikoitunut henkilöitä, joilla oli suuri vyötärönympäryys. 12 viikon jälkeen eroa vyötärönympäryksissä ei ollut enää havaittavissa ryhmien välillä.

Keskiarvon ja p-arvon perusteella kuntosaliharjoittelijoiden rasvamassan määrässä ei ole tapahtunut muutosta harjoittelujakson aikana. Yli puolella kuntosaliharjoittelijoista rasvamassan määrä oli kuitenkin vähentynyt, mutta muutos ei ole tilastollisesti merkitsevä, koska se on ollut niin pientä. Sauvakävelijöillä muutos rasvamassan määrässä on ollut tilastollisesti erittäin merkitsevä p-arvoa tulkittaessa. Muutos nähdään myös madaltuneesta keskiarvosta. Tilastollisesti rasvamassan määrä ei verrokeilla vähentynyt, vaikka se yli puolella seurannan aikana väheni. Tämä johtui luultavasti omaehtoisesta liikunnan lisäämisestä tai ruokavalion muutoksesta. Ryhmien kesken mitattuna rasvamassan määrässä ei ollut eroa.

Tutkimuksia tiettyjen liikuntalajien vaikutuksista perusaineenvaihduntaan ja sen eri tekijöihin ei ole aikaisemmin tehty. Yleisesti liikunnan ja fyysisen aktiivisuuden vaikutuksia painonhallintaan ja terveyteen on tutkittu laajasti. Alves, Gale, Mutrie, Cor-reia ja Batty [viitattu 9.3.2009] ovat tutkineet ylipainoisia ja lihavia Brasilian slummeissa asuvia, vähän liikkuvia aikuisia naisia. Harjoittelu oli ohjattua sisältäen 50

minuutin aerobisen harjoittelun kolmesti viikossa kuuden kuukauden ajan. Tutkimuksessa todettiin, että varsinaisen tutkimusryhmän naisilla paino ja painoindeksi laskivat merkittävästi 6 kuukauden harjoitusjakson aikana. Edellä mainittu tutkimus tukee tässä opinnäytetyössä saatuja tuloksia, joiden mukaan liikunta ilman ruokavalion vaikutusta nostaa kokonaisenergiankulutusta ja auttaa painonhallinnassa.

Sternfeld ym. [viitattu 9.3.2009] tutkivat 42–52 ikäisiä vaihdevuosi-iässä olevia naisia. Tutkimuksessa seurattiin kolmen vuoden aikana painon ja vyötärön ympäryksen muutoksia sekä ikääntymisen, menopaussin vaiheen ja fyysisen aktiivisuuden vaikutuksia näihin. Tutkimuksessa havaittiin, että jo vähäinenkin liikunnan lisäys vaikutti edistävästi painon laskuun ja vyötärön ympäryksen pienenemiseen. Hyötyliikunnalla on ollut sama vaikutus kuin liikunnan lisäämisellä. Tutkijat tulivat tulokseen, että vaikka keski-ikäisillä naisilla paino nousee ja vyötärön ympäryys kasvaa, niin säilyttämällä fyysisen aktiivisuustason tai lisäämällä liikuntaa, on mahdollista estää painon nousua ja vyötärön ympäryksen kasvua. Sternfeldin ym. tekemän tutkimuksen tulokset vahvistavat tämän opinnäytetyön tutkijoiden saamia tutkimustuloksia. Vyötärön ympärystä pystytään siis pienentämään jo vähäiselläkin liikunnalla.

Tutkimuksen perusteella jo 12 viikon kuntosaliharjoittelulla pystytään vaikuttamaan kokonaisenergiankulutukseen ja vyötärön ympärykseen. Harjoittelulla oli huomattava merkitys kokonaisenergiankulutuksen suurenemiseen, mutta vyötärön ympäryksen pienenemiseen se vaikutti vähemmän. Perusaineenvaihduntaan ja rasvamassan määrään 12 viikon harjoittelulla ei ollut vaikutusta.

12 viikon harjoittelujakson aikana sauvakävely vaikutti merkittävästi kokonaisenergiankulutukseen, vyötärön ympärykseen ja rasvamassan määrään. Muutokset näissä muuttujissa olivat sauvakävelyryhmän sisällä huomattavia. Perusaineenvaihduntaan 12 viikon harjoittelulla ei ollut vaikutusta.

Tutkijoiden mukaan kuntosaliharjoittelu ja sauvakävely ovat molemmat hyviä liikuntamuotoja ajatellen painonhallintaa ja tyyppin 2 diabeteksen ehkäisyä. Tämän

opinnäytetyön mukaan sauvakävelyllä on enemmän hyödyllisiä vaikutuksia edellä mainittuihin tekijöihin ja sitä voidaan siis suositella turvallisesti liikuntamuodoksi kaikille, mutta erityisesti tyyppin 2 diabeteksen riskiryhmään kuuluville. Vaikka kuntosaliharjoittelulla oli tutkimuksen mukaan vähemmän suotuisia vaikutuksia, se on kuitenkin hyvä liikuntamuoto. Kuntosaliharjoittelulla pystytään tukemaan myös sauvakävelyn terveydelle hyödyllisiä vaikutuksia ja kyseisiä harjoittelumuotoja kannattaisikin yhdistellä. Tutkimuksen lopputuloksena todettiin, että kuntosaliharjoittelu ja sauvakävely eivät suoraan vaikuta perusaineenvaihduntaan, mutta ne vaikuttavat suotuisasti perus-aineenvaihdunnan eri tekijöihin.

## 6.2 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu

Tutkimuksen luotettavuudesta kertoo se, että tutkimustulokset on esitetty totuudenmukaisina niitä vääristelemättä ja tutkijat ovat myös opinnäytetyöprosessin aikana noudattaneet hyvää tieteellistä käytäntöä. Tutkimuksen luotettavuutta lisää aineiston huolellinen käsittely ja kirjaaminen; aineistoa tilasto-ohjelmaan syötettäessä tutkijat varmistivat aineiston tulosten oikeellisuuden ristiinlukemalla ne. Tutkijat ovat yhdessä tehneet aineiston tilastolliset testaukset ja tarkistaneet niistä tulokset. Johtopäätökset tuloksista tutkijat tekivät myös yhdessä. Tutkimustulosten luotettavuutta lisää verrokkiryhmän käyttö aineistossa sekä tutkimushenkilöiden melko tasainen jakautuminen tutkimusryhmiin sekä tarpeeksi kattavat otoskoot.

Tutkimuksen luotettavuutta saattaa heikentää tutkijoiden kokemattomuus tutkimuksen teossa. Tutkimustuloksia ei voi yleistää koskemaan laajempaa joukkoa johtuen harjoittelujakson pituudesta, sillä 12 viikkoa on melko lyhyt seurantajakso. Päättökimukses- sa tutkittavia seurataan kuitenkin vielä vuoden ajan. Pidemmän jakson aikana muuttajat ja niistä saadut tulokset saattavat muuttua ihan eri tavalla. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa heikentävästi myös tutkijoiden tietämättömyys tutkittavien ruokavaliosta tai sen muutoksista sekä tutkittavien rehellisyydestä liikunta-aktiivisuuden raportoinnissa.



### 6.3 Jatkotutkimusaiheet

Tämä opinnäytetyö tarjoaa monia mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita. Tämä tutkimus antaa viitteitä eri liikuntamuotojen vaikutuksista perusaineenvaihduntaan ja siihen vaikuttaviin tekijöihin, mutta harjoittelujakson ollessa lyhyt, tutkimustuloksia ei voida yleistää koskemaan suurta joukkoa. Hyvä jatkotutkimusaihe olisi tehdä tutkimus pidemmällä, esim. 24 viikon harjoitusjaksolla tai vertailemalla muita liikuntamuotoja. Pidemmän harjoittelujakson suorittaminen on kuitenkin haastavaa, jotta tutkittavat saadaan sitoutumaan ohjattuun harjoitteluun. Mielenkiintoista olisi tutkia myös ruokavalion vaikutuksia yhdessä harjoittelun kanssa. Tutkimuksen voisi toteuttaa myös ottamalla kehon koostumuksen mittaustuloksista enemmän muuttujia mukaan, esim. painon, BMI:n ja lihasmassan.

## LÄHTEET

### Kirjalliset lähteet

Aalto, Riku 2005 a. Kuntoilijan käsikirja- opas tulokselliseen kuntoliikuntaan. Jyväskylä: Docendo.

Aalto, Riku 2005 b. Vahvista & venytä-opas parempaan lihaskuntoon. Jyväskylä: Docendo.

Ahonen, Jarmo & Huovinen, Maarit 2001. Kävelemällä terveyttä. Helsinki: WSOY.

Alen, Markku & Rauramaa, Rainer 2005. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittain. Teoksessa Vuori, Ilkka; Taimela, Simo & Kujala, Urho (toim.) Liikuntalääketiede. Helsinki: Duodecim.

Barker, Helen M. 1996. Nutrition and dietetics for health care. New York: Churchill Livingstone.

Borodulin, Katja 2006. Physical Activity, Fitness, Abdominal Obesity, and Cardiovascular Risk Factors in Finnish Men and Women- The National FINRISK 2002 Study. Helsinki: Edita.

Ernvall, Reijo; Ernvall, Sirpa & Kaukkila, Hanna-Sisko 2002. Tilastollisia menetelmiä sosiaali- ja terveysalalle. Helsinki: WSOY.

Fogelholm, Mikael & Uusitupa, Matti 1999. Liikunta, energiankulutus ja ravitseminen. Teoksessa Vuori, Ilkka & Taimela, Simo (toim.) Liikuntalääketiede. Helsinki: Duodecim.

Fogelholm, Mikael & Uusitupa, Matti 2005. Kehon koostumuksen arviointi. Teoksessa Aro, Antti, Mutanen, Marja & Uusitupa, Matti (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Duodecim.

Fogelholm, Mikael 2004. Energiankulutus ja -tarve. Teoksessa Borg, Patrik; Fogelholm, Mikael & Hiilloskorpi, Hannele (toim.) Liikkujan ravitseminen – teoriasta käytäntöön. Helsinki: Edita.

Fogelholm, Mikael 2005. Fyysisen aktiivisuuden ja liikunnan arviointi. Teoksessa Vuori, Ilkka; Taimela, Simo & Kujala, Urho (toim.) Liikuntalääketiede. Helsinki: Duodecim.

Fogelholm, Mikael 2006. Lihaksen energiantuotanto ja energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Fogelholm, Mikael & Vuori, Ilkka (toim.) *Terveysliikunta*. Helsinki: Duodecim.

Hall, Joanna 2003. *Hyvän kunnon kirja*. Hämeenlinna: Karisto.

Hirsjärvi, Sirkka 2007. Kvantitatiivinen tutkimus. Teoksessa Hirsjärvi, Sirkka; Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula (toim.) *Tutki ja kirjoita*. 13., uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Ilander, Olli 2006. Energia: Aineenvaihdunta, kulutus ja tarve. Teoksessa Ilander, Olli; Borg, Patrik; Laaksonen, Marika; Mursu, Jaakko; Ray, Carola; Pethman, Katja & Marniemi, Annikka (toim.) *Liikuntaravitsemus*. Lahti: VK-kustannus.

Kantaneva, Marko 2006. Tehokas sauvakävely-sauvakävelyn salat. Jyväskylä: Docendo.

Karhumäki, Eliisa; Lehtonen, Mari; Nieminen, Kari & Syrjäkallio-Ylitalo, Marja 2006. *Päästä varpasiin-ihmisen anatomia ja fysiologia*. Helsinki: Edita.

Knight, Lucy 2008. *Laihduttajan kuntokävely*. Helsinki: Gummerus.

Kuula, Arja 2006. *Tutkimusetiikka. Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys*. Jyväskylä: Gummerus.

Laaksonen, David & Uusitupa, Matti 2005. *Liikunta, energiankulutus ja ravitsemus*. Teoksessa Vuori, Ilkka; Taimela, Simo & Kujala, Urho (toim.) *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Duodecim.

Leppäluoto, Juhani; Kettunen, Raimo; Rintamäki, Hannu; Vakkuri, Olli; Vierimaa, Heidi & Lätti, Sole 2008. *Anatomia ja fysiologia-rakenteesta toimintaan*. Helsinki: WSOY.

Lutz, Carroll & Przytulski, Karen 2006. *Nutrition and Diet Therapy- Evidence-based Applications*. Philadelphia: F.A Davis Company.

Marniemi; Annikka & Ilander, Olli 2006. *Hiilihydraatit*. Teoksessa Ilander, Olli; Borg, Patrik; Laaksonen, Marika; Mursu, Jaakko; Ray, Carola; Pethman, Katja & Marniemi, Annikka (toim.) *Liikuntaravitsemus*. Lahti: VK-kustannus.

Mustajoki, Pertti 2007. *Ylipaino-tietoa lihavuudesta ja painonhallinnasta*. Helsinki: Duodecim.

Mutanen, Marja & Voutilainen, Eeva 2005. *Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi*. Teoksessa Aro, Antti, Mutanen, Marja & Uusitupa, Matti (toim.) *Ravitsemustiede*. Helsinki: Duodecim.

Niemi, Aleksi 2007. *Terveysliikuntaa- helppoa, hauskaa, tehokasta*. Jyväskylä: Primo Health Finland.

Nienstedt, Walter; Hänninen, Osmo; Arstila, Antti & Björkqvist Stig-Eyrik 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo. WSOY.

Rantanen, Taina 2005. Sarkopenia. Teoksessa Vuori, Ilkka; Taimela, Simo & Kujala, Urho (toim.) Liikuntalääketiede. Helsinki: Duodecim.

Rehunen, Seppo 1997. Terveys ja liikunta. Lahti: VK-kustannus.

Sakari-Rantala, Ritva 2004. Ikääntyneiden kuntosaliharjoittelu-perusteita ja käytännön ohjeita. Jyväskylä: Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES.

Seeley, Rod R., Stephens, Trent D., Tate, Philip 2005. Essentials of anatomy and physiology. New York: McGraw –Hill.

Suni, Jaana 2006. Liikuntaelimestön toimintakyky. Teoksessa Fogelholm, Mikael & Vuori, Ilkka (toim.) Terveysliikunta. Helsinki. Duodecim.

Virtanen, Susanna & Vitikka, Hanna-Kaisa 2001. Nopeusvoimatyypin kuntosaliharjoittelun vaikutukset yli 65-vuotiaan lihasvoimaan ja tasapainoon. Helsinki: Miina Sillanpään säätiö.

Vuori, Ilkka 2006. Liikunnan vaikutustapa. Teoksessa Fogelholm, Mikael & Vuori, Ilkka (toim.) Terveysliikunta. Helsinki. Duodecim.

Yki-Järvinen, Hannele 2005. Energia-aineenvaihdunnan mittaaminen. Teoksessa Aro, Antti, Mutanen, Marja & Uusitupa, Matti (toim.) Ravitsemustiede. Helsinki: Duodecim.

#### Sähköiset lähteet

Alves, G. João; Gale, R. Catharine; Mutrie, Nanette; Correia, B. Jailson & Batty, David G. 2009. American Journal of Public Health 1/2009, 76-80. [viitattu 9.3.2009]. Saatavissa

<http://web.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdf?vid=3&hid=102&sid=91f260a5-9f2b-4846-ba0c-ce56fee9080d%40sessionmgr102>.

Diabetesliitto 2009. Tyypin 2 diabetes. [viitattu 14.4.2009]. Saatavissa [www.diabetes.fi](http://www.diabetes.fi) > tietoa diabeteksestä > tyypin 2 diabetes.

Käypä hoito 2007. Diabeteksen käypä hoito-suositus. [viitattu 14.4.2009]. Saatavissa [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi) > Haku > Diabetes > Diabeteksen käypä hoito-suositus.

Kivelä, Riikka 2000. Lihassolurakenteen ja entsyymiaktiivisuuksien yhteydet isometriseen voimantuottoon, maksimijuoksunopeuteen sekä juoksun taloudellisuuteen [pdf-dokumentti]. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Liikuntafysiologia [viitattu 9.3.2009]

Saatavissa

<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/9242/rkivela.pdf?sequence=1>

Levine, James A., Lanningham-Foster, Lorraine M., McCrady, Shelly K., Krizan, Alisha C., Olson, Leslie R., Kane, Paul H., Jensen, Michael D. & Clark, Matthew M. 2005. Interindividual Variation in Posture Allocation: Possible Role in Human Obesity. *Science* 5709/2005, 584–586. [viitattu 13.3.2009]. Saatavissa <http://proquest.umi.com.ezproxy.turkuamk.fi/pqdlink?index=0&did=791693531&SrcHmde=1&sid=1&Fmt=6&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1237211894&clientId=45290>.

Milliken, Laurie A. 2003. Scientific bases of common body composition assessment techniques. *Healthy Weight Journal* 5/2003, 76–79. [viitattu 9.3.2009]. Saatavissa <http://web.ebscohost.com.ezproxy.turkuamk.fi/ehost/pdf?vid=3&hid=113&sid=07db3f0a-533f-45d5-a0ec-e6e1085b1a9d%40sessionmgr108>.

Puhke, Raivo; Aunola, Sirkka; Ailanto, Pirjo; Alev, Karin; Venojärvi, Mika; Rusko, Heikki & Seene, Teet 2006. Adaptive Changes of Myosin Isoforms in Response to Long-Term Strength and Power Training in Middle-Aged Men. *Journal of Sports Science and Medicine* 2/2006, 349-358. [viitattu 9.3.2009]. Saatavissa <http://www.jssm.org/vol5/n2/21/v5n2-21pdf.pdf>

Salmi, Jukka A. 2003. Body composition assessment with segmental multifrequency bioimpedance method. *Journal of sport science and medicine* 3/2003, 1-28. [viitattu 9.3.2009]. Saatavissa <http://www.jssm.org/suppls/3/suppl3pdf.pdf>.

Sternfeld, Barbara; Wang, Hua; Quesenberry, Jr., Charles P.; Abrams, Barbara; Everson-Rose, Susan A.; Greendale, Gail A.; Matthews, Karen A.; Torrens, Javier I. & Sowers, MaryFran 2004. Physical Activity and Changes in Weight and Waist Circumference in Midlife Women: Findings from the Study of Women's Health Across the Nation. *American Journal of Epidemiology* 9/2004, 912–922. [viitattu 9.3.2009]. Saatavissa <http://aje.oxfordjournals.org/cgi/content/full/160/9/912>

Julkaisemattomat lähteet

InBody- kehon koostumusesite 2009.

Aktiivisuuden tyyppi	Aktiivisuuden kuvaus	MET	kJ/t kg kohti	kJ/t (*)	kcal/t (*)
Liikunta	Ratsastus, keskiarvo	4	17	1176	281
Liikunta	Soutuergometri, kevyt rasitus	3,5	15	1029	246
Liikunta	Soutuergometri, kohtuullinen rasitus	6	25	1764	422
Liikunta	Soutuergometri, hyvin rasittava	12	50	3528	843
Liikunta	Squash	12	50	3528	843
Liikunta	Sulkapallo, kevyt	4,5	19	1323	316
Liikunta	Sulkapallo, raskas	7	29	2058	492
Liikunta	Tennis	8	34	2352	562
Liikunta	Tikanheitto	2,5	11	735	176
Liikunta	Uinti, rauhallinen	6	25	1764	422
Liikunta	Uinti, kohtuullinen rasitus	8	34	2352	562
Liikunta	Uinti, rasittava	10	42	2940	703
Liikunta	Venyttely	3	13	882	211
Liikunta	Vesivoimistelu	4	17	1176	281
Työ	Kevyt toimistotyö tai laboratoriotyö istuen	1,5	6	441	105
Työ	Kevyt työ seisten (baarimikko, myyjä)	2,5	11	735	176
Työ	Kohtuullisen rasittava työ, enimmäkseen seisten (sarraanhoitaja, automekaanikko)	3	13	882	211
Työ	Kokous	1,5	6	441	105
Työ	Linja-auton, trukin, nosturin yms. ohjaaminen, istuen	2,5	11	735	176
Työ	Raskas ruumiillinen työ (esineiden nostamista yms., esim. varastomies)	4	17	1176	281
Vapaa-aika	Kalastus, piikkiminen	2	8	588	141
Vapaa-aika	Kalastus, joen rannalta, sisältää kävelyä	5	21	1470	351
Vapaa-aika	Kalastus, virrassa seisten	6	25	1764	422
Vapaa-aika	Leikkiminen lasten kanssa, kevyt, enimmäkseen istuen	2,5	11	735	176
Vapaa-aika	Leikkiminen lasten kanssa, kohtuullisen rasitus, enimmäkseen kävelyä	4	17	1176	281
Vapaa-aika	Tanssi, kevyt (valssi, foxtrot)	3	13	882	211
Vapaa-aika	Tanssi, rasittava (disko, jenkka, polkka, humppa)	6	25	1764	422

Aktiivisuuden tyyppi	Aktiivisuuden kuvaus	MET	kJ/t kg kohti	kJ/t (*)	kcal/t (*)
Liikunta	Jalkapallo, peli (leikkimielinen)	7	29	2058	492
Liikunta	Jalkapallo, peli (kilpailu)	10	42	2940	703
Liikunta	Judo, karate, taekwon do	10	42	2940	703
Liikunta	Juoksu 8 km/t, hyvin rauhallinen	8	34	2352	562
Liikunta	Juoksu 10 km/t, rauhallinen	10	42	2940	703
Liikunta	Juoksu 12 km/t, kohtuullinen teho	12	50	3528	843
Liikunta	Juoksu 14 km/t, reipas	14	59	4116	984
Liikunta	Juoksu 16 km/t, kova, rasittava	16	67	4704	1124
Liikunta	Juoksu 18 km/t, hyvin kova, maksimaalinen rasitus	18	76	5292	1265
Liikunta	Koripallo, pallon heittäely koriin	4,5	19	1323	316
Liikunta	Koripallo, peli	8	34	2352	562
Liikunta	Kuntopiiri, kevyt	4	17	1176	281
Liikunta	Kuntopiiri, tehokas, hyvin rasittava	8	34	2352	562
Liikunta	Kuntosaliharjoittelu laitteilla, kevyt	3	13	882	211
Liikunta	Kuntosaliharjoittelu laitteilla, raskas	6	25	1764	422
Liikunta	Kävely, käyskentely, hyvin hidas ja rauhallinen < 3 km/t	2	8	588	141
Liikunta	Kävely, rauhallinen, 4 km/t	3	13	882	211
Liikunta	Kävely, reipas, 6 km/t	4	17	1176	281
Liikunta	Lumikenkävely	8	34	2352	562
Liikunta	Melonta, rauhallinen	4	17	1176	281
Liikunta	Melonta, kohtuullinen rasitus	7	29	2058	492
Liikunta	Melonta, rasittava	12	50	3528	843
Liikunta	Naruhypely, hidas	8	34	2352	562
Liikunta	Naruhypely, nopea	12	50	3528	843
Liikunta	Pyöräily < 16 km/t, hyvin kevyt	4	17	1176	281
Liikunta	Pyöräily 16–19 km/t, kevyt	6	25	1764	422
Liikunta	Pyöräily 19–22 km/t, kohtuullinen rasitus	8	34	2352	562
Liikunta	Pyöräily 23–27 km/t, melko rasittava	10	42	2940	703
Liikunta	Pyöräily 28–31 km/t, rasittava, lähes kilpavauhti	12	50	3528	843
Liikunta	Pyöräily > 31 km/t, kilpailuvauhtinen, maksimirasitus	16	67	4704	1124

**ALKUTUTKIMUS — I käyntikerta**

Kiitämme kiinnostuksesta tutkimukseemme!

Olemme varanneet teille alkututkimusajaksi \_\_\_\_\_,

verinäytteidenottoa ja sokerirasituskoetta varten (kesto noin 3 t). Samassa yhteydessä mittaamme myös verenpaineen ja verisuonten sisäkalvon toimintaa sekä kehon koostumuksen että pituuden, painon ja vyötärön ympärysmittan. Tuokaa mukanaan saamanne kyselylomakkeet huolellisesti täytettyinä. Samassa yhteydessä otetaan myös DNA-näyte, jos olette antaneet suostumuksen näytteen ottamiseen. Jos varaamamme aika on sopimatonta, pyydämme Teitä ottamaan yhteyttä tutkimushoitajaan uuden ajan sopimiseksi:

Helsinki: 0207 699 499

Turku: 044- 9075 479

Verinäytteet otetaan Helsingissä Arcadan tiloissa:

Arcada

Jan Magnus Janssonin aukio 1 00550 Helsinki.

Ilmoittaudu neuvonnassa.

Verinäytteet otetaan Turussa:

Turun ammattikorkeakoulu; Ruisklinikalla 5. krs

Ruiskatu 8, 20720 Turku

Ilmoittaudu neuvonnassa.

Ohjeet verinäytteiden ottoa varten:

Verinäytteet otetaan aamulla klo 7.30 – 11.00.

Tutkimukseen osallistuva tutkittava voi syödä ja juoda normaalisti edeltävä päivänä.

Näytteenottoa edeltävänä päivänä kello 22 jälkeen ei saa nauttia kahvia, teetä ja alkoholipitoisia juomia ja tupakoida. Tutkittavasta otetaan paastoa edellyttäviä verikokeita, jolloin tutkittavan pitää olla syömättä, ja juomatta näytteenottoa edeltävän päivä illasta lähtien (10–16 tuntia) ja niin, että kolmena edeltävänä päivänä ravinnon hiilihydraattimäärä on ollut tavanomainen.

Tutkittavan on oltava hereillä vähintään yksi tunti ennen näytteenottoa.

Tutkittava voi juoda aamulla lasillisen vettä.

Tutkittavan on vältettävä ruumiillista rasitusta ennen näytteenottoa.

Tutkittavan pitää istua 15 minuuttia ennen näytteenottoa verenkierron tasaamiseksi.

Tutkittavan olisi vältettävä kaikkien lääkkeiden ottoa aamulla ennen näytteenottoa, jos se on tutkittavan kannalta mahdollista.

**Oraalinen glukoosirasituskoete (OGTT)**

Paastoverinäyte otetaan natriumfluoridiputkeen plasman glukoosipitoisuuden mittausta varten, minkä jälkeen henkilö juo kolmen minuutin kuluessa liuoksen, joka sisältää yhteensä 75 g glukoosia. Viimeisen kulauksen jälkeen aika merkitään ylös minuutin tarkkuudella.

Uudet verinäytteet otetaan täsmälleen 30 minuutin, 1 ja 2 tunnin kuluttua glukoosiliuoksen nauttimisesta. Samanaikaisesti otetaan insuliininäytteet (paasto, 30 min ja 2 h).



### Verisuonen sisäkalvon toiminnan mittaaminen

Endoteelifunktiota (verisuonen sisäkalvon toimintahäiriö) voidaan arvioida ns. hyperemiatestillä. Testin aikana olka- tai kyynärvarren ympärille asetetun verenpainemansetin paine nostetaan niin korkealle, että käden valtimoverenkierto estyy. Paine ylläpidetään 5 minuutin ajan, jonka jälkeen paine nopeasti poistetaan. Seurauksena on terveessä suonistossa tehokas ja nopea verenvirtauksen lisääntyminen ja verisuonten laajeneminen. Sairas valtimo avautuu hitaammin. Verenvirtauksen mittausta tapahtuu sormen ympärille asetettavalla mittalaitteella. Sormiverenkierron muutoksilla on havaittu olevan voimakas yhteys yleiseen valtimokovettumaan, ml. sepelvaltimot. Koska endoteelidysfunktio on suhteellisen varhainen muutos sairauksissa, on se usein myös palautuva ja mittausta voidaan käyttää siten myös erilaisten hoitojen vaikutusten seurantaan. Verisuonimansetin ollessa täytettynä ilmalla, voi se aiheuttaa epämukavuutta tai lievää kivun tunnetta mittauskädessä. Verenvirtauksen taas päästessä käyntiin sormissa tuntuu pistelyä.

Omien kokemustemme mukaan vähintään 3/4 mitattavista kokee mittauksen vain hieman epämiellyttäväksi ja vain 1-2 henkilöä sadasta haluaa keskeyttää painetuntemuksen vuoksi. Vakavia jälkiseurauksia ei mittauksen liittyen ole raportoitu. Mittausta ei kuitenkaan suositella tehtäväksi, jos käytössä on verenohennuslääke (mustelmataipumus) tai on tiedossa yläraajan verenkiertohäiriö (epämukavuustuntemukset). Sormimansetista ei aiheudu haittoja.

### Kehon koostumus (bioimpedanssimittaus)

Mitattava seisoo InBody-laitteessa noin 2 minuutin ajan, ja pitää kiinni kosketuselektrodeista. Mittaukseen valmistumisohjeet ovat muuten samankaltaiset kuin verinäytteenotossakin. Tutkittavan on vältettävä diureettien käyttöä (nesteenoisto lääkkeitä) mittausta edeltävinä päivinä, ja virtsarakko on tyhjennettävä 30 minuuttia ennen mittausta. Mittaus ei sovellu henkilöille, joilla on sydämen tahdistin, raajaproteesi tai keinonivel.

Mittauksella selvitetään kehon rasvaton paino, ja rasvakudoksen määrä. Tasapainoinen kehon koostumus ehkäisee riskiä sairastua moniin sairauksiin, kuten diabetekseen ja sydän- ja verisuonitauteihin ja verenpainetautiin.

### Vyötärön ympärysmitta

Tutkittava seisoo mittauksen aikana jalkaterät 10–15 cm toisistaan erillään, paino molemmilla jaloilla, vartalo suorana ja kädet sivuilla alushousuillaan tai urheiluhousuissa. Vyötärön ympärysmitta mitataan ihoa myötäilevällä, mutta venymättömällä mittanauhalla.

Vyötärön ympärysmitta eli kapein vartalon kohta edestä katsottuna: kahdennentoista kylkiluun alapuolelta ja suoliluun harjanteen yläpuolelta (hoikilla noin navan korkeudella) ja lihavilla edellä mainittujen luustomerkkien puolivälistä (mikäli vyötärön paikka ei "näkyvissä"). Tutkittavaa pyydetään hengittämään rauhallisesti ja juuri mittaus hetkellä kevyesti ulos; lukema otetaan uloshengityksen lopussa.

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että vyötärön ympäryys on parempi lihavuuteen liittyvien terveysriskien, huonon lihaskunnan ja heikentyneen toimintakunnan ennustaja kuin painoindeksi. Mittaus kuvaa ns. viskeraalisen rasvan määrää (vatsan seudun sisäosiin kertyvää rasvaa). Ihoalainen rasva, joka kertyy tyypillisesti naisille lantion seudulle ja reisiin (päärynälihavuus) ei ole terveydellisesti yhtä haitallista kuin viskeraalirasva (omenalihavuus)

## OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTOSOPIMUS

## Sopijaosapuolet:

Toimeksiantajan nimi Turun ammattikorkeakoulu /bioanalytiikan ko.

Toimeksiantajan osoite Ruiskatu 8, 20720 Turku

Yhteyshenkilö/asema Mika Venojärvi

Yhteystiedot puh. \_\_\_\_\_ e-mail mika.venojarvi@turkuamk.fi

Opiskelija: Minna Wesen ja Sonja Huhtala

Yhteystiedot puh. \_\_\_\_\_ e-mail \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

## Osapuolet ovat tänään sopineet toimeksiannosta seuraavaa:

Opinnäytetyön aihe: Kuntosaliharjoittelun ja sauvakävelyn vaikutukset perusaineenvaihdunta:

Alkamisaika: 2. 2. 2009 Työ on valmis 28. 5. 2009

Muuta:  
Opinnäytetyö kuuluu laajempaan NovaStep-projektiin, jota toteutetaan Ruisklinikan laboratorion työtoiminnassa.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Opinnäytetyön ohjaajana Turun AMK:ssa toimii Mika Venojärvi  
Puh. \_\_\_\_\_

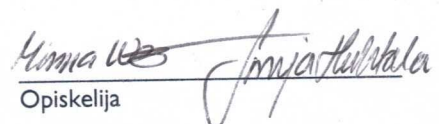
Päiväys ja allekirjoitukset:

20 1 2009

Päiväys



Toimeksiantajan edustaja



Opiskelija