

# Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin

Sirpa Manderoos

Fysioterapian pro gradu –tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Terveystieteiden laitos

Syksy 2006

## TIIVISTELMÄ

---

Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin

Manderoos Sirpa

Jyväskylän yliopisto, Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, Terveystieteiden laitos, 2006  
Fysioterapian pro gradu -tutkielma, 38 sivua, 2 liitettä.

Ohjaajat: Prof. Esko Mälkiä, Jyväskylän yliopisto, erikoistutkija Sirkka Aunola LitT, Kansanterveyslaitos, Terveyden ja toimintakyvyn osasto, erikoistutkija Sirkka-Liisa Karppi ft, Elv, LitM, Kela, Tutkimusosasto.

---

*Tausta:* Ketteryydesti on kehitetty Kelan tutkimus- ja kehitysyksikössä mittaamaan työikäisten motorista taitoa. Sopivia ketteryyttä ja koordinaatiota mittaavia, luotettavia ja riittävän toistettavia menetelmiä on ollut vähän fysioterapeuttien kliinisessä käytössä. Siksi kerättiin Kelan nykyisen tutkimusosaston ja nykyisen Kansanterveyslaitoksen Väestöntutkimuslaboratorion toimesta laaja työikäisten tutkimusaineisto (165 miestä ja 196 naista), jolla ketteryydestin ominaisuuksia pyrittiin selvittämään.

*Tarkoitus:* Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää lihasten voimaominaisuuksien ja demograafisten tekijöiden yhteyttä ketteryydestin tuloksiin.

*Menetelmät:* Ketteryydestin tuloksia verrattiin vertikaalihyppyn, vauhdittoman pituushyppyn, 20 m:n juoksun ja anaerobista polkemisteho mittaavan testin tuloksiin. Lisäksi tutkittiin sukupuolen, iän, painon ja pituuden vaikutusta ketteryydestin tuloksiin.

Tulokset: Miehillä juoksunopeus ( $r=0,50$ ) ja ikä ( $r=0,33$ ) sekä naisilla vauhditon pituushyppy ( $r=-0,50$ ) ja ikä ( $r=0,26$ ) korreloivat voimakkaimmin ketteryydestin tuloksiin. Nopeusvoimaominaisuudet (hyppykorkeus, vauhditon pituushyppy ja juoksunopeus) ( $p=0,001$ ), ikä ( $p=0,007$ ) ja pituus ( $p=0,038$ ) selittivät miehillä 26 % ja naisilla anaerobinen polkemisteho ( $p=0,002$ ) ja paino ( $p=0,000$ ) selittivät 25 % ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelusta. Naiset olivat ketteryydestissä nopeampia ( $p=0,001$ ) ja tekivät vähemmän virheitä ( $p=0,018$ ) kuin miehet. 28–43 -vuotiaat miehet ja 27–42 -vuotiaat naiset suoriutuivat nopeammin ketteryydestistä kuin 44–69 -vuotiaat miehet ja 43–60 -vuotiaat naiset. Virheiden lukumäärässä ei eri ikäryhmissä ollut merkitsevää eroa.

*Johtopäätökset:* Nopeusvoimaominaisuudet korreloivat merkitsevästi ketteryyteen miehillä ja naisilla. Miesten ja naisten tulosten eroavaisuuksien perusteella voidaan olettaa, että Kelan ketteryydesti mittaa ketteryyden lisäksi laajemmin motoriikan hallinnan osa-alueita. Kelan ketteryydesti soveltuu kliniseen käyttöön mittaamaan työikäisen väestön ketteryyttä. Testin käyttöä rajoittavia tekijöitä tulisi kuitenkin vielä tutkia.

---

Asiasanat: nopeusvoima, mittaaminen, motoriikan hallinta, työikäiset

## ABSTRACT

---

The connection between power-type strength of muscles and the results of the agility test.  
Manderoos Sirpa

University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences, Department of Health Sciences, 2006

Pro gradu dissertation on physiotherapy, 38 pages, 2 appendices.

Supervisors: Professor Esko Mälkiä, University of Jyväskylä, Special Researcher Sirkka Aunola PhD (Sport and Health Sciences), National Public Health Institute, Department of Health and Functional Capacity, Special Researcher Sirkka-Liisa Karppi, Specialized Physiotherapist, MSc (Sport and Health Sciences), Social Insurance Institution, Research Department.

---

*Background:* The agility test has been designed at the Research Department of the Social Insurance Institution to measure the motor skills of middle-aged men and women. There have been few reliable and reproducible enough tests measuring agility and motor coordination available for clinical use for physiotherapists. The Research Department of the Social Insurance Institution and the Laboratory for Population Research of the National Public Health Institute therefore collected an extensive sample of middle-aged men and women (165 males and 196 females) in order to study the characteristics of the agility test.

*Aim:* The purpose of this study is to analyse the connection between the power-type strength characteristics of muscles and some demographic factors and the results of the agility test.

*Methods:* The results of the agility test were compared with the indices of power-type strength of muscles (height in vertical squat jump, length in standing long jump, 20 metre running time and maximal anaerobic cycling power). In addition, the effects of the subjects' age, weight and height on the test results were analysed.

*Results:* Among men the 20 metre running time ( $r=0.50$ ) and age ( $r=0.33$ ) correlated most strongly with the results of the agility test whereas among women the results of standing long jump ( $r=-0.50$ ) and age ( $r=0.26$ ) correlated most strongly with the results of the agility test. Power-type strength characteristics (vertical squat jump, standing long jump and running time) ( $p=0.001$ ), age ( $p=0.007$ ) and height ( $p=0.038$ ) explained 26 % of the variation of the results of the agility test among men. Among women the maximal anaerobic cycling power ( $p=0.002$ ) and weight ( $p=0.000$ ) explained 25 % of the variation of the results of the agility test. Women were faster ( $p=0.001$ ) and made less mistakes ( $p=0.018$ ) than men. 28–43 -year-old men and 27–42 -year-old women were faster in the agility test than 44–69 -year-old men and 43–60 -year-old women. The number of mistakes in agility test did not differ between the young and old age groups.

*Conclusions:* The connection between the power-type strength characteristics and agility was significant among both men and women. Judging by differences in the test results between men and women it can be assumed that the agility test measures the different sectors of motor skills in more detail than expected. Therefore it can be concluded that the test is suitable for clinical use to measure the agility of the middle-aged population. The factors restricting the use of the test should still be studied more closely.

---

Keywords: power-type strength, measuring, motor control, middle-aged

# SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 LIHASTEN VOIMAOMINAISUUKSIEN YHTEYS TOIMINTAKYKYYN.....</b>	<b>2</b>
<b>3 MOTORIIKAN HALLINTA .....</b>	<b>4</b>
3.1 Ketteryys .....	4
3.2 Tasapaino .....	5
3.3 Koordinaatio.....	6
3.4 Reaktiopesus .....	7
3.5 Motoriikan hallinnan mittareita .....	8
3.5.1 Ketteryyttä mittaavia testejä .....	8
3.5.2 Toiminnallista tasapainoa mittaavia testejä .....	10
3.5.3 Koordinaatiota mittaava testi.....	10
<b>4 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT .....</b>	<b>12</b>
<b>5 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....</b>	<b>12</b>
5.1 Koehenkilöt ja tutkimusasetelma.....	12
5.2 Mittausmenetelmät .....	13
5.2.1 Ketteryys .....	13
5.2.2 Alaraajojen voimaominaisuudet .....	13
5.2.3 Maksimaalinen anaerobinen energiantuotto .....	14
5.3 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät .....	14
<b>6 TULOKSET .....</b>	<b>16</b>
6.1 Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin .....	16
6.2 Sukupuolen, iän, painon ja pituuden yhteys ketteryydestin tuloksiin.....	19
<b>7 POHDINTA.....</b>	<b>21</b>
7.1 Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin .....	21
7.2 Sukupuolen, iän, painon ja pituuden yhteys ketteryydestin tuloksiin.....	24
7.3 Tutkimusaineisto ja menetelmät .....	26
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>28</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>29</b>
<b>MUUT LÄHTEET .....</b>	<b>38</b>
<b>LIITE 1 Kelan ketteryydesti .....</b>	<b>39</b>
<b>LIITE 2 Ketteryydestin virheen vaikutuksen tarkastelu. ....</b>	<b>40</b>

## ESIPUHE

Tämä tutkimus on tehty Jyväskylän yliopiston terveystieteiden koulutuksen syventävien opintojen opinnäytetyönä pääaineena fysioterapia. Tutkimus on osa Kansanterveyslaitoksen Terveiden ja toimintakyvyn osaston Väestötutkimuslaboratorion laajempaa lihasten koordinaatiota ja voimantuottoa käsittelevää tutkimusohjelmaa, jonka tavoitteena on ollut kehittää lihasten voimantuoton nopeutta kuvaavia mittaamenetelmiä sekä tutkia nopeusvoimatyypisen harjoitteluohjelman tehokkuutta ja soveltuvuutta keski-ikäisillä miehillä ja naisilla.

Olen tehnyt tätä tutkimusta tiiviissä yhteistyössä Jyväskylässä terveystieteitä opiskelevan Terhi Pihlajaniemen kanssa, koska Kelalla kehitetyn ketteryystestin ominaisuuksia on tutkittu meidän molempien tutkimuksissa. Molemmissa tutkimuksissa on ketteryyttä, tasapainoa ja koordinaatiota määrittelevät teoriaosuudet yhtenevät, koska ne on laadittu yhdessä Pihlajaniemen kanssa professori Esko Mälkiän suosituksesta. Pihlajaniemen kanssa tehdyn yhteistyön ansiosta molemmat työt etenivät hyvässä aikataulussa.

Kiitän Kansanterveyslaitoksen Terveiden ja toimintakyvyn osaston Väestötutkimuslaboratorion tarjoamasta mahdollisuudesta osallistua tähän tutkimukseen. Suuret kiitokset esitän ohjaajilleni liikuntatieteen tohtori Sirkka Aunolalle (KTL) ja liikuntatieteen maisteri Sirkka-Liisa Karpille (Kela). Sirkka Aunola auttoi minua kärsivällisesti ehkäisten harhailemasta tieteellisen tutkimuksen mutkaisilla poluilla ja ohjasi minut kohti tämän tutkimuksen päämäärää. Ilman Sirkka-Liisa Karpin tarmoa yhä uudelleen palata tieteellisen kirjoittamisen perusasioihin, en olisi selvinnyt työni kieliasuongelmista. Erityiskiitokset osoitan ohjaajalleni professori Esko Mälkiälle. Hän jaksoi uskoa “ketteryyteen” ja kannusti minua siinäkin kohtaa, kun “ketteryys” oli luisumassa käsistäni. Ohjaajieni laajaa asiantuntemusta olen voinut hyödyntää käymissämme keskusteluissa, joista olen saanut myös lisää energiaa työn tekemiseen. Tilastotieteen saloista ja taulukoiden tekemisestä en olisi selvinnyt ilman ystäväni, järjestelmäkehittäjä Timo Nordblomin asiantuntemusta ja auttavaa, kannustavaa suhtautumista.

Lopuksi kiitän läheisiäni ymmärtämyksestä ja kärsivällisyydestä sekä toivon tyttäreni Marian, poikieni Niklaksen ja Mikaelin sekä mieheni Timon unohtavan ne hetket, jolloin olin fyysisesti läsnä, mutta aistini olivat “hukuttautuneet” johonkin syvälle eikä minusta kuulunut kuin tietokoneen kohina ja näppäimistön naputusääni ilta toisensa perään. Ikimuistoinen oli se hetki, kun voin kertoa heille tämän työn olevan valmis.

## 1 JOHDANTO

Henkilön anatomiset, fysiologiset ja ympäristötekijät sekä fyysinen aktiivisuus vaikuttavat hänen lihasvoimaominaisuuksiinsa (Frontera ym. 2000). Ikääntyessä nopeat lihassolut surkastuvat ensin (Larsson ym. 1979, Aniansson ym. 1986, Häkkinen ym. 1998), tasapaino heikkenee (Shumway-Cook ym. 1997) ja fyysinen aktiivisuus vähenee (Mälkiä ym. 1994). Näiden seurauksena toimintakyky heikkenee ja mm. kaatumisriski kasvaa (Shumway-Cook ym. 1997). Tästä seuraa yhteiskunnalle mm. taloudellisia rasitteita tulevana vuosina, kun ikäihmisten määrä kasvaa.

Kehon hallinta on motorista taitoa. Motorisen taidon osa-alueista ketteryyttä on tutkittu mm. fyysisen suorituskyvyn (Ortiz ym. 2005) ja alaraajojen toimintakyvyn kuntoutusohjelmien vaikutuksen arvioimiseksi (Ross ym. 2002). Tutkimuksissa on mitattu nuorien, usein palloilulajeja harrastavien henkilöiden juoksunopeutta, nopeutta vaihtaa liikettä ja muuttaa liikkeen suuntaa sekä nopeutta kiihdyttää tai hidastaa liikettä. Näitä ominaisuuksia esiintyy ketteryuden määrittelyssä. (Little & Williams 2005.)

Työikäisillä on tutkittu motorisen taidon osa-alueista eniten toiminnallista tasapainoa. Työikäisten ketteryyttä ja koordinaatiota käsittelevät tutkimukset ovat kohdistuneet ammattiryhmiin, joiden työympäristöt asettavat erityisvaatimuksia selviytyä työstä turvallisesti ja tehokkaasti (Louhevaara ym. 1994). Fysioterapeuttien kliinisessä käytössä on vähän työikäisille suunnattuja toistettavia ketteryys- ja koordinaatiotestejä. Työikäisen väestön keski-ikä nousemalla fysioterapeutit tarvitsevat luotettavia ja riittävän toistettavia toiminnallisia testejä, joissa mitataan useita motorisen taidon osa-alueita samassa testissä ja harjoitusmenetelmiä, joilla näitä osa-alueita voidaan tarkoituksenmukaisesti ylläpitää ja edistää.

Tämä tutkimus on osa Kansanterveyslaitoksen (KTL) Terveiden ja toimintakyvyn osaston Väestötutkimuslaboratorion laajempaa lihasten koordinaatiota ja voimantuottoa käsittelevää tutkimusohjelmaa. Tutkimuksissa “Nopeusvoima — lihaskunnan avain?” ja “Nopeusvoimaharjoittelu — uusi menetelmä aikuisväestön liikunnalliseen kuntoutukseen” on käytetty Kansaneläkelaitoksen (Kela) tutkimus- ja kehitysyksikössä kehitettyä ketteryystestiä mittaamaan terveiden työikäisten henkilöiden motorista taitoa.

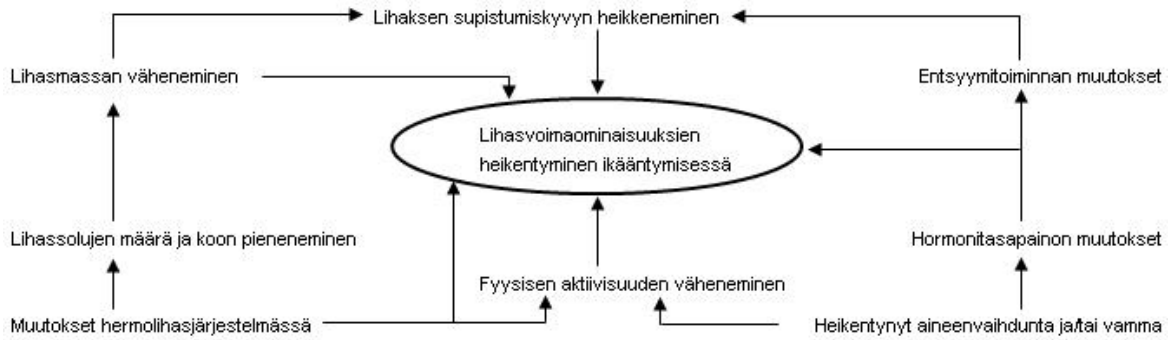
Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää lihasten voimaominaisuuksien ja demograafisten tekijöiden yhteyttä ketteryystestin tuloksiin hyödyntäen edellä mainittuja tutkimusaineistoja.

## 2 LIHASTEN VOIMAOMINAISUUKSIEN YHTEYS TOIMINTAKYKYYN

Toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden kansainvälisen luokituksen, ICF:n (International Classification of Functioning, Disability and Health) mukaan toimintakykykäsite kattaa kehon toiminnot ja ruumiin rakenteet sekä suorittamisen ja osallistumisen. Yksilön suorituskyvyn taso ja laajuus määräytyvät hänen lääketieteellisen terveydentilansa sekä ympäristö- ja yksilötekijöiden dynaamisen vuorovaikutuksen tuloksena. (Stakes 2005, 3, 18–19, 208.) ICF-luokituksen laajempaa käyttöä ja soveltamista ollaan kehittämässä fysioterapeuttien kliiniseen käyttöön potilaiden toimintakyvyn arviointivälineeksi.

Lihassoiman vaikutusta henkilön toimintakykyyn voidaan tarkastella arvioimalla yksilöllisten anatomisten, fysiologisten ja ympäristötekijöiden vaikutusta lihasvoimaan. Vuosittainen lihasvoiman väheneminen vaihtelee 0,8 %:sta 5 %:iin riippuen sukupuolesta, iästä, lihasryhmästä, staattisesta tai dynaamisesta lihastyötavasta, fyysisestä aktiivisuudesta tai kroonisesta sairaudesta (Lindle ym. 1997, Bassey 1998, Frontera ym. 2000, Samson ym. 2000).

Ikääntyminen muuttaa hermolihassjärjestelmän rakennetta ja toimintaa (kuvio 1) (Vandervoort 1998). Isometrinen maksimivoima ja nopeusvoima heikkenevät 30 ikävuodesta alkaen ja 60 ikävuoden jälkeen heikkeneminen nopeutuu (Frontera ym. 2000). Isometrinen voima heikkenee 1–2 % (Mälkiä 1983, Skelton ym. 1994, Frontera ym. 2000) ja nopeusvoima 2–4 % vuodessa (Mälkiä 1983, Skelton ym. 1994). Myös Macaluso ja De Vito (2003) ovat todenneet, että ikääntyminen heikentää nopeusvoimaa enemmän kuin isometristä voimaa. Tämä ero johtuu osittain iän suuremmasta vaikutuksesta nopeisiin, tyypin II lihassoluihin kuin hitaisiin, tyypin I lihassoluihin (Porter ym. 1995, Häkkinen ym. 1998). Lisäksi Porterin ym. (1995) mukaan nopeiden lihassolujen määrä ja koko pienenevät sekä niiden supistumisnopeus heikkenee iän myötä (Ng & Kent-Braun 1999). Iän hormonitasapainoon tuomien muutosten on todettu erityisesti naisilla edistävän lihasmassan vähentymistä ja lihasvoiman heikentymistä (Häkkinen & Pakarinen 1993). Ikääntyminen heikentää lihasvoimaa ja samalla fyysisen aktiivisuuden määrä on tutkimusten mukaan vähentynyt (Mälkiä ym. 1994, Rantanen ym. 1999).



**Kuvio 1** Lihassoimaominaisuuksiin vaikuttavat tekijät ikääntymisessä (Vandervoort 1998).

Naisten lihasvoima on lihasryhmästä riippuen keskimäärin noin 52–86 % miesten lihasvoimasta (Mälkiä 1993, Bassey 1998). Naisilla heikentyvät iän myötä alaraajojen lihasten supistumisominaisuudet enemmän kuin yläraajojen. Miehillä ei vastaavaa eroa ole havaittu. (Lynch ym. 1999.) Lisäksi naisilla alkaa voiman heikkeneminen aikaisemmin ja on nopeampaa kuin miehillä (Tiainen ym. 2005). Landersin ym. (2001) mukaan vanhemmilla naisilla (60–75 v.) on 23 % vähemmän voimaa polven ojentajissa kuin nuoremmilla naisilla (23–34 v.). Tracy ja Enoka (2002) ovat todenneet, että maksimaalinen lihastyö oli vanhemmilla henkilöillä 33 % heikompi kuin nuorilla henkilöillä sukupuolesta riippumatta.

Iäkkäillä heikentyneiden voima- ja nopeusvoimaominaisuuksien tiedetään olevan yhteydessä heikentyneeseen toimintakykyyn. Ikääntyvillä heikentyneen nopeusvoiman tiedetään ennustavan 2–3 kertaa suuremmalla todennäköisyydellä liikunta- ja toimintakyvyn rajoitteita kuin heikentyneen maksimivoiman (Bean ym. 2003). Lihassoiman tutkiminen etenkin naisilla on tärkeää, koska naisten osuus vanhoissa ikäryhmissä on huomattavasti suurempi kuin miesten. Liikunta- ja toimintakyvyn rajoitteita esiintyy siis naisilla enemmän kuin miehillä. (Tiainen ym. 2005.) Lisäksi lihasvoimatason ja lihasvoiman heikkenemisnopeuden sukupuolien välisistä eroista johtuen, naisilla on lihasvoima miehiä lähempänä raja-arvoa, jonka alapuolella heikentynyt lihasvoima rajoittaa päivittäisiä toimintoja (Foldvari ym. 2000, Tiainen ym. 2005). Iäkkäiden henkilöiden hyvä lihasvoima, erityisesti alaraajojen hyvä räjähtävän voiman tuottokyky, edistää heidän kävelyään, helpottaa istumasta seisomaan nousemista ja ehkäisee kompastumisia sekä kaatumisia (Thelen ym. 1996, Izquierdo ym. 1999).



Tiainen ym. (2005) ovat kaksosia tutkiessaan todenneet perimällä olevan merkittävä osuus selitettävässä yli 63 -vuotiaiden naisten lihasvoimaeroja. Isometrisellä polven ojentajavoimalla ja alaraajojen ojentajalihasten voimantuottoteholla havaittiin olevan yhteinen geneettinen tekijä. Samainen tutkimus toteaa myös suotuisan ympäristön edistävän lihasvoiman ylläpitoa ja parantamista. Lapsena opittu positiivinen asenne liikkumiseen säilyy suurella todennäköisyydellä myös myöhemmällä iällä edistäen liikunta- ja toimintakykyä (Pohjonen & Töyry 2001, Tiainen ym. 2005).

### **3 MOTORIIKAN HALLINTA**

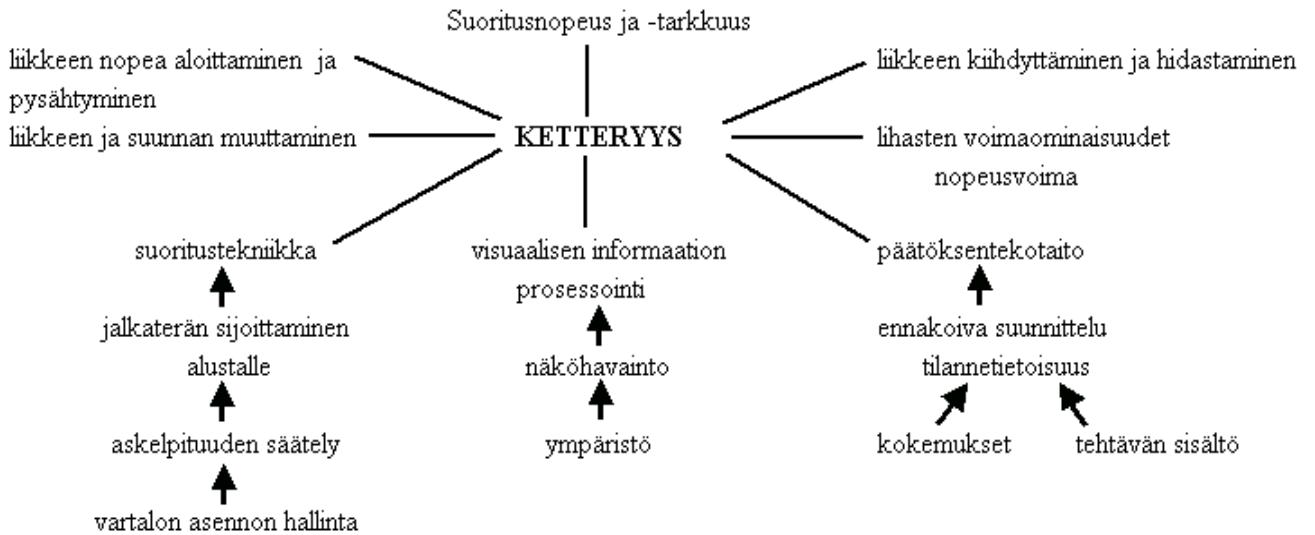
Liikkeiden hallinta erilaisissa toiminnoissa on motorista taitoa. Motorinen taito edellyttää henkilöltä tasapainoa, koordinaatiota, reaktio- ja liikenopeutta, nopeusvoimaa ja lihaskestävyyttä, nivelten liikkuvuutta sekä motivaatiota suorittaa liike tai tehtävä. (Higgins 1991, Punakallio 1994.) Näiden ominaisuuksien avulla liike tapahtuu tehtäväkeskeisesti haluttuun aikaan ja suuntaan sekä halutulla voimalla. Tarkoituksenmukaiseen liikesuoritukseen vaikuttavat henkilön motorisen oppimisen taso, fyysiset ominaisuudet ja ympäristön asettamat rajoitukset. (Higgins 1991, Punakallio 1994, Schumway-Cook & Woollacott 1995, 38–41.) Motoriikan hallinta on tavoitteellista toimintaa, jossa yksilön, ympäristön ja tehtävän välillä on jatkuva vuorovaikutus (Schumway-Cook & Woollacott 1995, 3–4).

#### **3.1 Ketteryys**

Ketteryys on motorista taitoa. Se ymmärretään taitona nopeasti, mutta hallitusti aloittaa ja lopettaa liike, hidastaa ja kiihdyttää liikettä sekä vaihtaa liikettä tai liikkeen suuntaa. Ketteryys vaatii lisäksi kykyä tuottaa suurin mahdollinen voima lyhyessä ajassa tehtävän vaatimalla tavalla ja kykyä reagoida nopeasti ympäristön ärsykkeisiin. (Barnes & Attaway 1996, Parsons ym. 1998, Young ym. 2001, Young ym. 2002, Little & Williams 2005.) Henkilön nopeuteen vaihtaa liikettä tai muuttaa liikkeen suuntaa on oletettu liittyvän erityisiä kiihtyvyyden- ja maksiminopeusominaisuuksia (Bangsbo 1994).

Ketteryyden määrittäminen on vaikeaa (Young ym. 2001), eikä sille ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää (Little & Williams 2005). Young ym. (2002) ovat kuvanneet ketteryyttä suunnan muutoksen, nopeuden, suoritustekniikan, näköhavainnon prosessoinnin ja päätöksenteko-

taitojen avulla kuvion 2 mukaisesti. Määritelmä on kehitetty pallopeleissä tapahtuvien liikesuuntien muutoksiin vaadittavien ominaisuuksien pohjalta.



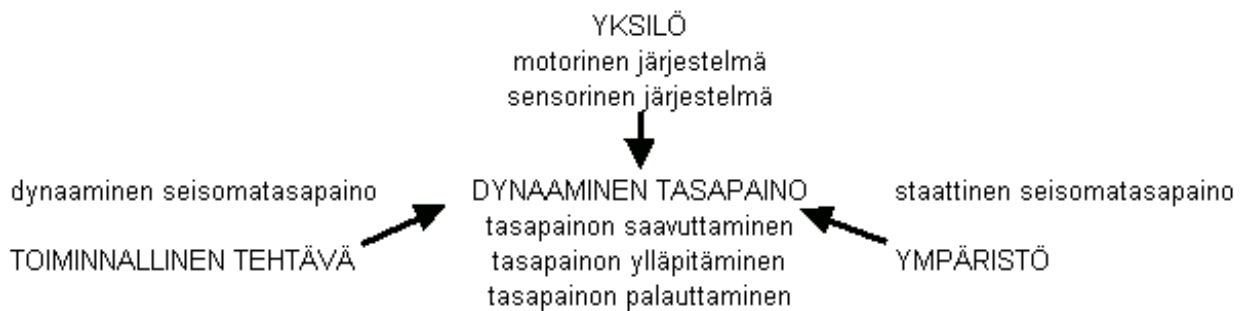
**Kuvio 2** Ketteryys laajemmin (Young ym. 2002, muunneltu)

ICF-luokitus selventää ketteryyden ja toimintakyvyn yhteyttä. Ketteryys motorisen taidon yhtenä ominaisuutena sijoittuu ICF-luokituksen mukaan 'Ruumiin/kehon toiminnot' -osa-alueelle (Smolander ym. 2004). Ketteryysominaisuuksia vaativa liike tai tehtävä voidaan kuvata 'Suoritukset ja osallistuminen' -osa-alueiden mukaisesti pääluokka neljässä, joka on nimetty 'Liikkumisen' -aihealueeksi (Stakes 2005, 123, 137–139). Kelan ketteryystesti sijoittuu tarkemmin alaluokkaan 'Käveleminen ja liikkuminen', jossa se voidaan luokitella kohtaan 'Hyppääminen' (d4553). Hyppääminen kuvataan liikkumiseksi paikasta toiseen muualla tavoin kuin kävellen kuten hyppely, jossa ponnistetaan alaraajoilla ylöspäin irti maasta. (Stakes 2005, 143–144.)

### 3.2 Tasapaino

Fysioterapiassa käytetään yleisesti käsitettä tasapaino, vaikka sille ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää (Pollock ym. 2000). Tasapainon hallintaa kuvataan taidoksi säilyttää painopisteen projektio tukipinnalla. Tasapainon säätelyyn osallistuvat kehon motorinen ja sensorinen järjestelmä. Tasapaino on kaikkien tahdonalaisten motoristen taitojen perusta. (Pollock ym. 2000, Huxman ym. 2001.)

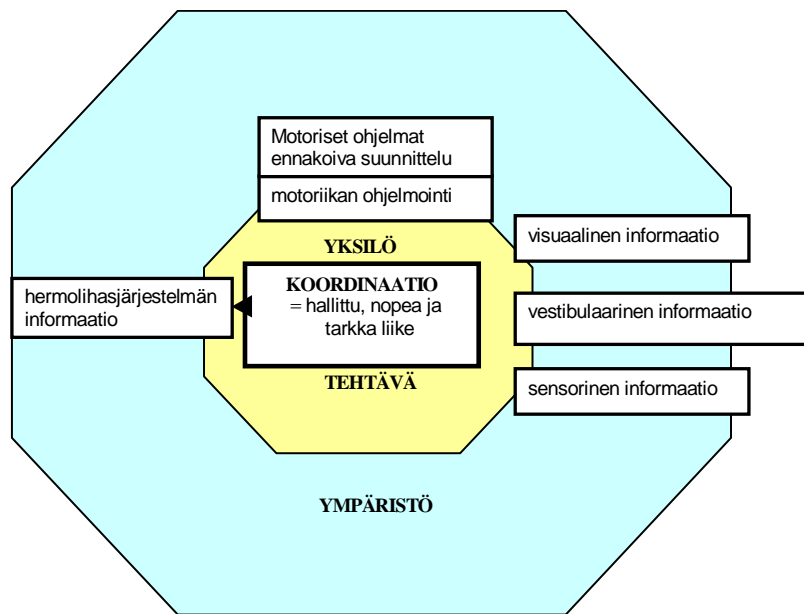
Seisomatasapainon hallinta on joko staattista tai dynaamista. Toiminnallista dynaamista tasapainoa arvioidaan henkilön suoriutumisenä toiminnallisesta tehtävästä (kuvio 3), joka edellyttää vestibulaarisen järjestelmän, lihas-, jänne- ja ihoreseptoreiden aktiivista toimintaa sekä lihasvoimaa säilyttää asento. (Gribble & Hertel 2003.) Toiminnallinen tasapaino on liikkeen ja tehtävän aikaista asennon saavuttamista, ylläpitämistä ja palauttamista suoritusympäristössä (Pollock ym. 2000). Tasapainon hallinta vaatii liikkeen ennakoivaa suunnittelua. Tämä edellyttää näköaistin osallistumista liikkeen tuottamiseen. (Hollands & Marple-Horvat 2001.)



**Kuvio 3** Toiminnallinen dynaaminen tasapaino yksilön ominaisuuksien, toiminnallisen tehtävän ja ympäristön vaikutuskentässä (Schumway-Cook & Woollacot 1995, 3–4, Pollock ym. 2000, Huxman ym. 2001, Gribble & Hertel 2003, muunneltu)

### 3.3 Koordinaatio

Koordinaatio voidaan määritellä henkilön toimintakyvyn ja tehtävän sisällön väliseksi tasapainotilaksi (Burgess-Limerick ym. 2001). Koordinaatio on eri aisti- ja hermolihasjärjestelmien yhteistyötä suoritettaessa motorista tehtävää sujuvasti ja tarkasti (kuvio 4). Koordinaatiota tarvitaan sekä yksittäisen liikkeen että liikesarjojen suorittamiseen. Yksittäisen liikkeen koordinaation säätely perustuu liikkeen ennakoivaan suunnitteluun, joka tapahtuu keskushermostoon tallentuvien motoristen ohjelmien avulla aiemmin opitun perusteella. Liikesarjojen koordinoitumisessa korostuu näön, hermolihasjärjestelmän, sensorisen ja vestibulaarisen järjestelmän avulla liikeosioista saatava palauteinformaatio, jonka perusteella keskushermosto säätelee liikettä tai liikkeitä tarkoituksenmukaisiksi koko liikesuorituksen ajan. (Schmidt & Lee 1999, 97, 206, 221–222, Burgess-Limerick ym. 2001.)



**Kuvio 4** Koordinaatio; yksilön aisti- ja hermolihasjärjestelmien sekä keskushermoston yhteistyötä suhteessa tehtävään ja ympäristöön (Schmidt & Lee 1999, 97, 206, 221–222, Burgess-Limerick ym. 2001, muunneltu)

Koordinaatio jaetaan karkeasti silmä-pää-käsi -koordinaatioon ja raajojen väliseen koordinaatioon. Näön merkitys on tärkeä koordinaatiota vaativissa liikkeissä. Näköaisti osallistuu liikkeen ohjelmointiin suoritusta aloitettaessa. Suorituksen aikana visuaalista informaatiota käytetään liikkeen kontrollointiin. (Schmidt & Lee 1999, 101, 206–207, 221–222.) Tämä perustuu vestibulo-oculaari -refleksin toimintaan, jonka avulla katseen tarkoituksenmukainen kohdistaminen mahdollistuu liikkumisen aikana. Samalla tapahtuu liikkeen ennakoivaa suunnittelua. (Vickers 1996, Lappe ym. 1999, Patla & Vickers 2003, Hollands & Marple-Horvat 2001.)

### 3.4 Reaktionopeus

Reaktionopeus kuvaa ärsykkeen jälkeistä aikaa, jonka henkilö käyttää liikkeen ja toiminnan suunnitteluun ennen varsinaista liikkeen alkua. Se kuvaa keskushermoston premotorisessa ja motorisessa aivokuoressa tapahtuvaan liikkeen suunnitteluun, liikkeen aloituskäskyyn ja tähän liittyvään lihasten aktivoitumiseen kuluvaan aikaan. Motorinen aika kuvaa itse liikesuoritukseen kuluvaan aikaan. (Magill 2003, 19–20.)

### 3.5 Motoriikan hallinnan mittareita

Kirjallisuudessa suositellaan alaraajojen motoriikan hallinnan mittaamiseen ketteryyttä, toiminnallista tasapainoa sekä koordinaatiota mittaavia testejä (taulukko 1). Yleisemmin on puhuttu toiminta- tai suorituskykytesteistä, joilla arvioidaan alaraajojen toimintakykyä ennen harjoitteluinterventiota ja sen jälkeen tai alaraajojen toimintakyvyn edistymistä vamman tai toimenpiteen jälkeen.

#### 3.5.1 Ketteryyttä mittaavia testejä

Danielin ym. (1982) kehittämällä kahdeksikkojuoksutestillä on tutkittu terveiden miesjalkapalloilijoiden ja polven eturistisidevamman saaneiden jalkapalloilijoiden nopeutta ja suunnan muuttamista. Terveet jalkapalloilijat selviytyivät käännöksistä loukkaantuneita pelaajia nopeammin (Tegner ym. 1986). Tätä testiä on käytetty myös työikäisten naisten ketteryyden ja dynaamisen tasapainon mittaamiseen (Heinonen ym. 1996, Uusi-Rasi ym. 2003, Uusi-Rasi ym. 2004).

Työterveyslaitoksella on mitattu kotipalveluhenkilöstön motorista taitoa ketteryys –nimisellä testillä. Testi edellyttää nopeita liikesuunnan muutoksia, tasapainoa ja kehon hallintaa sekä lihaskestävyyttä, nopeutta ja riittävää nivelten liikelaajuutta. Testissä henkilö nostaa 20 puupalikkaa yksitellen jalkojen vierestä oikealla kädellä hyllylle mahdollisimman nopeasti. Ketteryydestin tulokset korreloivat ylä- ja alaraajojen kestävyteen, selän liikkuvuuteen ja dynaamiseen tasapainoon. (Punakallio 1994, Pohjonen ym. 1995,15,44.) Hyvä reisilihasvoima, dynaaminen tasapaino ja tutkittavan oma arvio työkyvystään suhteessa työn fyysisiin ominaisuuksiin selittää 46 % ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelusta. Keskimääräistä painavimmat henkilöt ovat selviytyneet ketteryydestistä merkittävästi heikommin kuin kevyemmät henkilöt. (Punakallio 1994.)

Ageberg ym. (1998) tutkivat fyysisesti aktiivisilla nuorilla aikuisilla yhden jalan hyppytestin toistettavuutta. Käytetty testi on muunnelma Tegnerin ym. (1986) alaraajojen suorituskykytestistön yhden jalan hyppytestistä. Henkilö hyppää yhdellä jalalla mahdollisimman pitkälle käsillä vauhdittaen. Tutkimus osoitti yhden jalan hyppytestin toistettavaksi ( $r=0,96$ ).

Toistettavan alaraajojen toimintakykytestin kehittäminen kliiniseen käyttöön on ollut myös Vandermeulen ja muiden (2000) tutkimuksen tarkoitus. Testissä henkilö hyppää merkkiviivalta sekä oikealla että vasemmalla jalalla eteenpäin ja sivulle. Henkilön on säilytettävä tasapaino viiden sekunnin ajan jalan tultua maahan. Testi oli hyvin toistettava miehillä ja naisilla (ICC 0,83–092).

Pauole ja muut (2000) tutkivat alaraajojen nopeusvoiman, nopeuden ja ketteryyden yhteyttä ketteryystestin (T-testi) tuloksiin nuorilla aikuisilla miehillä ja naisilla. Henkilö juoksi T-muotoisen radan (9,14 m x 9,14 m) mahdollisimman nopeasti. Fyysisesti aktiivisimmat selviytyivät nopeimmin T-testissä. T-testin tulosten vaihtelua selitti voimakkaimmin 40 jaardin juokсутesti sekä naisilla että miehillä. Vertikaalihyppy, 40 jaardin juoksu ja Hexagon -ketteryystesti selittävät naisilla 62 % ja miehillä 48 % T-testin tulosten kokonaisvaihtelusta.

UKK-Instituutissa on arvioitu työikäisten motorista taitoa ja ketteryyttä testistöllä, jonka yksi osa on tarkkuutta vaativa hyppytesti. Koehenkilö hyppää viivalta mahdollisimman tarkasti 50 cm, 75 cm ja 100 cm etäisyyksillä oleville lattiamerkeille. Kun testattavan kantapää osuu kunkin merkkiviivan päälle, saa hän suorituspisteen. (Rinne ym. 2001.)

Noyes ym. (1991) kehittivät neljä erilaista yhden jalan hyppyä sisältävän testistön. Siihen kuuluu yhden jalan pituushyppy, pituushyppy kolmella perättäisellä yhden jalan hypyllä, kolme perättäistä sivulta sivulle hyppyä sekä hyppely yhdellä jalalla 6 m:n pituisella matkalla. Kolmesta ensimmäisestä osiosta mitataan hyppyetäisyys ja neljännessä osiosta suoritus aika. Ross ym. (2002) ovat tutkimuksessaan todenneet testistön olevan luotettava menetelmä kliiniseen käyttöön arvioimaan alaraajojen suorituskykyä harjoitus- tai kuntoutusohjelmien vaikutusten seurannassa.

Ortiz ja muut (2005) ovat tutkineet nuorilla urheilua harrastamattomilla ja urheilevilla nuorilla aikuisilla naisilla viisiosaisen hyppyjä sisältävän fyysisen suorituskykytestistön luotettavuutta. Siihen kuuluu yhden jalan hyppely 5 m:n pituisen kahdeksikkoradan läpi, ylös-alashyppely 20 cm:n korkuiselle korokkeelle, 30 cm leveän alueen puolelta toiselle hyppely, yhden jalan Hexagon -hyppytesti sekä ZigZag -juokсутesti (3 x 4,85 cm). Urheilijat suorittivat kaikki testiosiot paremmin kuin urheilua harrastamattomat henkilöt. ZigZag -juokсутestiä on suositeltu jalkapalloilijoiden ketteryyden arviointiin (Little & Williams 2005).

### 3.5.2 Toiminnallista tasapainoa mittaavia testejä

Työikäisten henkilöiden toiminnallista tasapainoa arvioiva viivakävely -testi kuuluu UKK-Instituutin motorista taitoa mittaavaan testistöön. Tutkittava kävelee 6 m:n pituisesta viivasta pitkin (tandem) ensin eteenpäin ja sitten taaksepäin mahdollisimman nopeasti. Kolmesta suorituksesta valitaan se, jossa aika on paras (s). Molemmissa testeissä I ja II testauskerran välillä havaittiin oppimisen vaikutusta. Ensimmäisellä testauskerralla suoritus-aika oli merkittävästi hitaampi kuin toisella kerralla. (Rinne ym. 2001.)

Räty ja muut (2002) tutkivat dynaamisen tasapainon hallintaa käyttämällä Kelan kehittämää tasapainotestiä, jossa testirata on 41,5 cm leveä ja 5 m pitkä. Tutkittavien ikä korreloi testin suoritus-aikaan, joka kasvoi 6,6 s jokaista vuosikymmentä kohden. Keskimääräistä kevyemmät ja fyysisesti aktiivisemmat henkilöt, joilla oli lisäksi pienempi BMI (body mass index = painoindeksi) ja vertikaalihypyn ponnistus korkea, suoriutuivat nopeammin myös dynaamisesta tasapainotestistä.

Palomiesten toiminnallista dynaamista tasapainoa on tutkittu lankukävelytestillä. Henkilö kävelee 2,5 m:n pituisella ja 0,9 cm levyisellä lankulla. Suorituksesta lasketaan virheet ja mitataan aika. Tulokset ovat osoittaneet, että hyvä suoriutuminen toiminnallisesta tasapainotestistä on suhteessa työliikkeiden sisältämiin tasapainovaatimuksiin. (Punakallio 2003, Punakallio 2004.) Punakallio (2003) vertasi palomiesten, rakennustyömiesten, kodinhoitajien ja sairaanhoitajien toiminnallista tasapainoa ja totesi, että kaikissa ammattiryhmissä nuoret alle 49 -vuotiaat suorittivat testin nopeammin ja tekivät vähemmän virheitä kuin yli 50 -vuotiaat.

### 3.5.3 Koordinaatiota mittaava testi

Kelassa kehitettiin koordinaatiotesti, jossa henkilö kävelee lankua pitkin ensin takaperin ja kääntyy merkityllä alueella, minkä jälkeen hän kävelee lankulla kasvot menosuuntaan. Tästä henkilö jatkaa askelkuvion mukaisesti, kääntyy, jatkaa askelkuvion mukaisesti takaisin lankulle ja kävelee lankulla kuten testin alussa. Testissä mitataan suoritus-aika ja virheet. Testiä on käytetty työikäisten aikuisten koordinaation mittaamiseen. (Vaara & Karppi 2003.)

**Taulukko 1** Motoriikan hallinnan mittareita

Tutkijat Vuosi	Motoriikan hallinnan mittarit	Toistettavuus (n)	Tutkijat Vuosi	Motoriikan hallinnan mittarit	Toistettavuus (n)
Daniel ym. 1982 Rinne 2005	Kahdeksikko- juoksu	Toistettavuus hyvä	Ross ym. 2002	4-osainen hyppytesti	ICC <sup>1</sup> =0,92...0,97 (test-retest) <sup>2</sup> (18)
Punakallio 1994	Ketteryystesti	r=0,94 (test-retest) (140)	Räty ym. 2002	Kelan tasa- painotesti	Aika r=0,90 Virheet r=0,71 (105/966)
Ageberg 1998	Yhden jalan hyppytesti	r=0,91...0,97 (test-retest) (36/39)	Vaara & Karppi 2003	Kelan koordi- naatiotesti	Aika r=0,77 Virheet r=0,63 (test-retest) (113)
Vander- meulen ym. 2000	Yhden jalan hyppytesti	ICC =0,83...0,92 (17/29)	Punakallio 2004	Lankulla kävely	Aika + Virheet ICC=0,70...0,96 (29)
Pauole ym. 2000	T-testi Hexagon- testi	r=0,98 (IC) r=0,95 (IC) (152/152)	Ortiz ym. 2005	5-osainen hyppytesti	ICC≥0,76 (ei urh.) ICC=0,48...0,99 (urh.) (25/25)
Rinne ym. 2001	Hyppytesti (kinesteettinen erottelukyky)	K <sup>3</sup> =0,22 (test-retest)			
	Viivakävely eteenpäin Viivakävely taaksepäin	ICC=0,91 (test-retest) ICC=0,85 (test-retest) (14/11)			

<sup>1</sup> = luokkien välinen korrelaatio<sup>2</sup> = toistomittaukset<sup>3</sup> = kappakerroin



## 4 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lihasten voimaominaisuuksien ja demograafisten tekijöiden yhteyttä ketteryystestin tuloksiin.

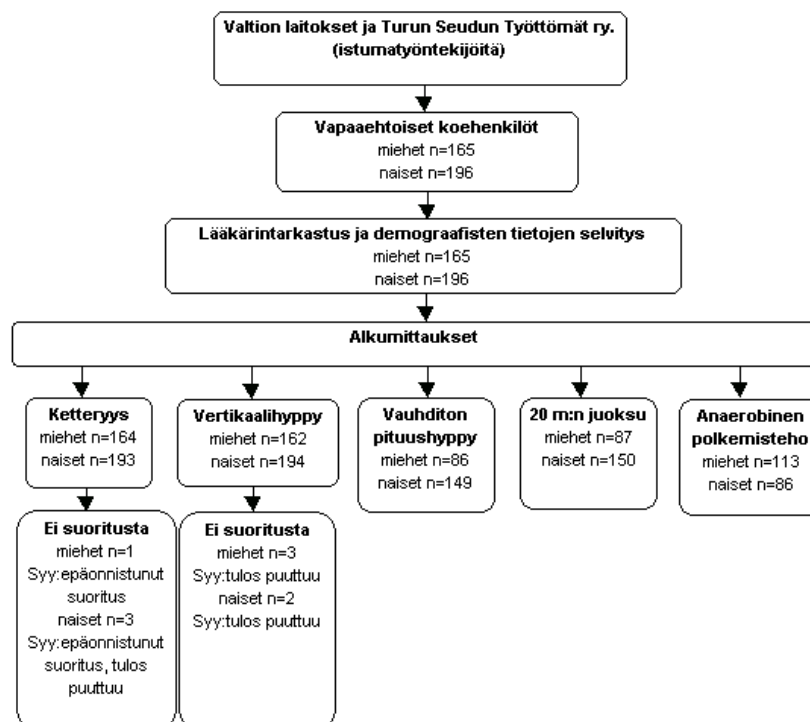
Tutkimusongelmat olivat:

1. Onko henkilön lihasten voimaominaisuuksilla yhteyttä ketteryystestin tuloksiin?
2. Onko henkilön sukupuoli, iällä, painolla ja pituudella yhteyttä ketteryystestin tuloksiin?

## 5 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

### 5.1 Koehenkilöt ja tutkimusasetelma

Tutkimusaineiston muodostivat “Nopeusvoima — lihaskunnan avain?” ja “Nopeusvoimaharjoittelu — uusi menetelmä aikuisväestön liikunnalliseen kuntoutukseen” –tutkimuksiin osallistuneet lääkärintarkastuksessa hyväksytyt 165 tervettä, vapaaehtoista 28–69 -vuotiasta miestä ja 196 tervettä, vapaaehtoista 27–60 -vuotiasta naista. Koehenkilöt olivat pääosin istumatyöntekijöitä ja työskentelivät valtion laitoksissa. Osa koehenkilöistä tuli Turun Seudun Työttömät ry:n kautta (kuvi 5).



**Kuvio 5** Tutkimusaineiston muodostuminen

Tutkimuksessa verrattiin henkilöiden vertikaalihypyn-, vauhdittoman pituushypyn-, 20 m:n juoksu- ja polkupyöraergometritestin tulomuuttujia ketteryystestin tuloksiin sekä tutkittiin sukupuolen, iän, painon ja pituuden vaikutusta ketteryystestin tuloksiin. Tutkittavien miesten ja naisten iän, pituuden, painon ja BMI:n keskiarvo ja -hajonta näkyvät taulukossa 2.

**Taulukko 2** Tutkittavien iän, pituuden, painon ja BMI:n keskiarvo ja -hajonta miehillä ja naisilla

	Miehet		Naiset	
	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n
Ikä (v)	43 $\pm$ 7	165	43 $\pm$ 7	196
Pituus (cm)	179 $\pm$ 6	151	165 $\pm$ 6	188
Paino (kg)	84 $\pm$ 13	151	67 $\pm$ 12	188
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26 $\pm$ 4	151	25 $\pm$ 4	188

## 5.2 Mittausmenetelmät

### 5.2.1 Ketteryys

Ketteryystesti on kehitetty Kelan tutkimus- ja kehitysyksikössä (Karppi 2004). Testirata on 10,45 m pitkä (liite 1). Henkilö hyppää ristin päälle yhdellä jalalla, vasemmalla, jos merkki on keskiviivan vasemmalla puolella ja oikealla jalalla, jos merkki on keskiviivan oikealla puolella. Neliön päälle hypätään molemmin jaloin yhtäaikaan riippumatta siitä kummalla puolella keskiviivaa merkki on. Suorituksesta mitattiin aika ja laskettiin virheet.

Ketteryystesti osoittautui toistettavaksi lyhyellä aikavälillä (1 vko) sekä miehillä että naisilla (ICC >0,80). Keskipitkällä aikavälillä (10–22 vko) testi oli miehillä toistettava (ICC=0,80), mutta naisilla sen toistettavuus oli heikko (ICC=0,32). Pitkällä aikavälillä (54 vko) ketteryystestin toistettavuus oli kohtalainen (ICC=0,76); koehenkilöt olivat miehiä. (Pihlajaniemi 2006.)

### 5.2.2 Alaraajojen voimaominaisuudet

Vertikaalihyppytestillä (Vertical Squat Jump) mitattiin alaraajojen ojentajalihasten räjähtävää, ylöspäin suuntautuvaa voimaa. Testi tehtiin kontaktimatolla (Newtest powertimer®, Suomi). Hyppymaton digitaalinen näyttölaite näytti kokonaislentoajan, joka muutettiin hyppykorkeu-

deksi (cm). Henkilö hyppäsi staattisesta alkuasennosta (polvikulma 100°) kädet lanteilla. Testi sisälsi kolme suoritusta. Suoritusten välinen aika oli 1–3 min. Paras tulos kolmesta suorituksesta valittiin tilastomatemattisiin analyysiin. (Surakka 2005.) Korkeita toistettavuuskertoimia (ICC 0,91–0,94) ovat raportoineet mm. Moir ym. (2004) ja Markovic ym. (2004).

Vauhdittomalla pituushypyllä (Standing Long Jump) mitattiin alaraajojen lihasten räjähtävää voimaa. Hyppy suoritettiin seisoma-asennosta. Käsien heilautus ja alaraajojen esikevennysliike sallittiin vauhdittamaan ponnistusta. Henkilö teki kolme hyppyä, joista parasta tulosta (cm) käytettiin tulosten käsittelyssä. (Surakka 2005.) Markovic ja muut (2004) tutkivat testin toistettavuutta (ICC=0,95) fyysisesti aktiivisilla opiskelijanuorilla.

Juoksunopeutta ja alaraajojen anaerobista voimaa mitattiin 20 m juoksutestillä (Maximal Anaerobic Running Test). Testi tehtiin lentävällä lähdöllä viiden metrin kiihdytyksellä. Henkilöllä oli kolme suoritusta. Suoritusten välinen aika oli 1–3 min. Paras kolmesta suorituksesta valittiin mittaustulokseksi, jota käytettiin tuloksia käsiteltäessä. (Surakka 2005.) Fyysisesti aktiivisilla miehillä 20 m juoksutestin reliabiliteettikertoimet olivat 0,91–0,92 (Nummela ym. 1996, Moir ym. 2004).

### **5.2.3 Maksimaalinen anaerobinen energiantuotto**

Alaraajojen maksimaalinen anaerobinen polkemisteho mitattiin polkupyöraergometrillä (Rodby Ergometer RE 820, Södertälje, Sweden; sen kuormitus on viritetty yltäväksi 1000W:iin). Testi on modifioitu Ruskon ja muiden (1993, 1996) kehittämästä maksimaalisesta anaerobisesta juoksutestistä. Testi aloitettiin 5 minuutin kevyellä verryttelyllä ergometrillä. Tämän jälkeen oli 2 minuutin tauko. Varsinainen testi koostui 2 minuutin jaksoista, joissa polkemisaika oli 20 s ja lepoaika satulassa istuen 1 minuuti 40 s.

## **5.3 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät**

Aineiston tarkastelu aloitettiin tarkastelemalla muuttujien arvojen jakautumista havaintoaineistossa. Muuttujien normalisuus testattiin käyttämällä Kolmogorov-Smirnovin testiä. Koehenkilöiden demograafisten tietojen kuvauksissa keskilukuna käytettiin keskiarvoa (mean) ja hajontalukuna keskiarvon keskihajontaa (SD). Tutkimuksessa käytettyjen muuttu-

jien lineaarista riippuvuutta tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Kahden ryhmän keskiarvojen yhtäsuuruuden testaukseen käytettiin t-testiä.

Miesten ja naisten ketteryydestin tuloksista laskettiin keskiarvoaika virheen lukumäärien mukaisessa järjestyksessä. Keskiarvoaikoja verrattiin naisten ja miesten virheettömien suoritusten keskiarvoaikoihin. Vertailusta tehtiin johtopäätös, että yhden virheen keskimääräinen vaikutus on 1 % suoritusajasta (liite 2). Virheen vaikutuksen laskenta perustuu oletukselle, että terveillä henkilöillä virheiden lukumäärän ja suoritusajan välillä vallitsee lineaarinen negatiivinen riippuvuus, kun henkilön optimaalinen suoritusnopeus ylittyy. Tulosten käsitteilyä jatkettiin korjatulla ketteryysajalla.

Vertikaalihypyn, vauhdittoman pituushypyn ja 20 m:n juoksutestin Cronbach`n alfa -kerroin oli 0,88. Maksimaalisen anaerobisen polkemistehon ja polkemisen huippumomentin Cronbach`n alfa -kerroin oli 0,96. Koska em. muuttujat mittasivat voimakkaasti samoja ominaisuuksia, mutta mittausskaalat olivat erilaiset, vertikaalihypyn, vauhdittoman pituushypyn ja 20 m:n juoksutestin muuttujista standardoitiin yksi nopeusvoimamuuttuja sekä anaerobisen polkemistehon ja polkemisen huippumomentin muuttujista standardoitiin yksi anaerobinen polkemistehomuuttuja. Em. muuttujien muuntaminen normaaliksi eli standardointi laskettiin SPSS -ohjelman avulla. Standardoitavat muuttujat laskettiin keskiarvoon nolla ja varianssiin yksi. Näin muuttujat saatiin samalle asteikolle ja ne noudattivat normaalijakaumaa.

Regressioanalyysiä käytettiin kuvaamaan muuttujien välistä riippuvuutta ja sillä pyrittiin löytämään paras mahdollinen selittävien muuttujien yhdistelmä ennustamaan ketteryydestin tulosten vaihtelua. Regressioanalyysiin sijoitettiin selitettäväksi muuttujaksi ketteryydestin korjattu aika ja selittäviin muuttujiin lihasvoimaominaisuuksia mittaavista muuttujista nopeusvoima- ja anaerobinen polkemistehomuuttujat sekä demograafisista tekijöistä ikä, paino ja pituus.

Aineiston käsittelyssä käytettiin "SPSS 12.0 for Windows" -ohjelmaa, joka oli saatu käyttöön Jyväskylän yliopiston atk-keskuksesta.

## 6 TULOKSET

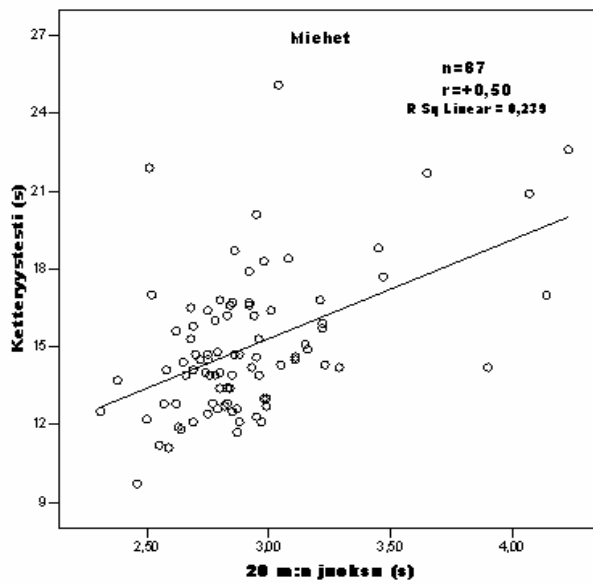
### 6.1 Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin

Miehillä nopeusvoimaominaisuudet (hyppykorkeus  $r=-0,39$  , vauhditon pituushyppy  $r=-0,47$  , juoksunopeus  $r=+0,50$ ) ja anaerobinen polkemisteho (huippumomentti  $r=-0,30$  , maksimiteho  $r=-0,33$ ) korreloivat merkitsevästi ( $p<0,01$ ) ketteryydestin korjattuun suoritus aikaan (taulukko 3). Naisilla ketteryydestin tuloksiin korreloivat merkitsevästi ( $p<0,01$ ) nopeusvoimaominaisuudet (hyppykorkeus  $r=-0,35$  , vauhditon pituushyppy  $r=-0,50$  , juoksunopeus  $r=+0,49$ ) (taulukko 3). Miesten juoksunopeus ja naisten vauhditon pituushyppy korreloivat voimakkaimmin ketteryydestin korjattuun aikaan (kuviot 6 ja 7).

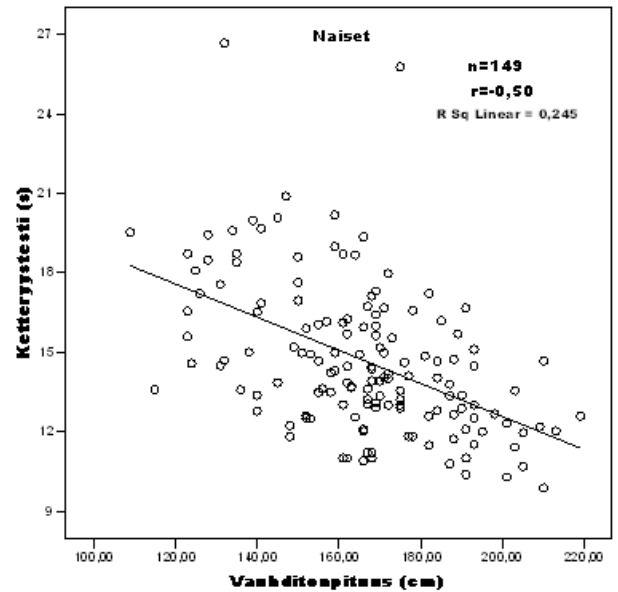
**Taulukko 3** Iän, painon, pituuden, ketteryydestin, nopeusvoimaominaisuuksien (squat, vauhditon pituushyppy, 20 m:n juoksu) ja anaerobisen polkemistehon (huippumomentti, maksimiteho) väliset korrelaatiokertoimet miehillä ja naisilla (tärkeimmät tummennettu).

Muuttuja	Ikä	Paino	Pituus	Ketteryydestin testi	Squat	Vauhditon pituus	20 m:n juoksu	Huippumomentti
<b>Miehet</b>								
Ikä								
Paino	-0,07							
Pituus	-0,13	0,48**						
Ketteryydestin	<b>0,33**</b>	0,11	0,06					
Squat	-0,30**	-0,29**	-0,03	-0,39**				
Vauhditon pituus	-0,42**	-0,19	0,07	<b>-0,47**</b>	0,73**			
20m:n juoksu	0,47**	0,18	0,05	<b>0,50**</b>	-0,68**	-0,73**		
Huippumomentti	-0,36**	0,48**	0,25 **	-0,30**	0,31**	0,54**	-0,52**	
Maksimiteho	-0,40**	0,43**	0,23 *	-0,33**	0,35**	0,45**	-0,53**	0,93**
<b>Muuttuja</b>								
	Ikä	Paino	Pituus	Ketteryydestin testi	Squat	Vauhditon pituus	20 m:n juoksu	Huippumomentti
<b>Naiset</b>								
Ikä								
Paino	0,12							
Pituus	-0,06	0,48**						
Ketteryydestin	<b>0,26**</b>	<b>0,24**</b>	0,01					
Squat	-0,40**	-0,40**	-0,13	-0,35**				
Vauhditon pituus	-0,42**	-0,37**	0,01	<b>-0,50**</b>	0,76**			
20m:n juoksu	0,45**	0,47**	0,06	<b>0,49**</b>	-0,79**	-0,84**		
Huippumomentti	-0,29**	0,31**	0,24*	-0,09	0,35**	0,44**	-0,44**	
Maksimiteho	-0,39**	0,17	0,29**	-0,22*	-0,49**	0,56**	-0,59**	0,90**

\*\* =  $p < 0,01$ , \* =  $p < 0,05$



**Kuvio 6** Miesten 20 m:n juoksun suhde ketteryysestin korjattuun aikaan



**Kuvio 7** Naisten vauhdittoman pituushypyn suhde ketteryysestin korjattuun aikaan

Miehillä nopeusvoima selitti ketteryysestin tulosten kokonaisvaihtelusta 19 % ( $\beta=-0,431$ ,  $p=0,000$ ) (taulukko 4). Regressioyhtälö kirjoitetaan seuraavasti:

$$\text{ketteryys} = 16,16 + (-1,41) \times \text{nopeusvoima}$$

Nopeusvoima ( $\beta=-0,324$ ,  $p=0,001$ ), ikä ( $\beta=0,251$ ,  $p=0,007$ ) ja pituus ( $\beta=0,179$ ,  $p=0,038$ ) selittivät 26 % miesten ketteryysestin tulosten kokonaisvaihtelusta (taulukko 4).

Regressioyhtälö kirjoitetaan tästä mallista seuraavasti:

$$\text{ketteryys} = -4,41 + (-1,06) \times \text{nopeusvoima} + 0,10 \times \text{ikä} + 0,09 \times \text{pituus}$$

Miesten ikäryhmällä, 28–43 -vuotiaat, nopeusvoima selitti ( $\beta=-0,297$ ,  $p=0,024$ ) vain 9 % ketteryysestin tulosten kokonaisvaihtelusta, mutta miesten vanhemmalla ikäryhmällä (44–69 -vuotiaat) nopeusvoima selitti voimakkaasti ( $\beta=-0,470$ ,  $p=0,000$ ) ketteryysestin korjattua aikaa; selitysaste oli 22 % (taulukko 4). Regressioyhtälöt ovat seuraavat:

$$\text{ketteryys} = 15,68 + (-0,92) \times \text{nopeusvoima (nuoret miehet)}$$

$$\text{ketteryys} = 16,38 + (-1,71) \times \text{nopeusvoima (vanhat miehet)}$$

Anaerobinen polkemisteho ( $\beta=-0,312$ ,  $p=0,002$ ) ja paino ( $\beta=0,455$ ,  $p=0,000$ ) selittivät naisten ketteryysestin tulosten kokonaisvaihtelusta 25 % (taulukko 4). Regressioyhtälö on seuraava:

$$\text{ketteryys} = 6,24 + (-0,97) \times \text{anaerobinen polkemisteho} + 0,13 \times \text{paino}$$

Kun naisten ryhmässä tehtiin askeltava regressioanalyysi ikäryhmille 27–42 ja 43–60 -vuotiaat, naisten vanhemmalla ikäryhmällä osoittautui nopeusvoima ( $\beta=-0,436$ ,  $p=0,004$ ) merkittäväksi ketteryydestin suoritusaikaa selittäväksi tekijäksi. Tämän mallin selitysaste oli 19 % (taulukko 4). Regressioyhtälö on seuraava:

$$\text{ketteryys} = 15,26 + (-1,40) \times \text{nopeusvoima}$$

**Taulukko 4** Ketteryydestin tuloksen korjattua testiaikaa selittävät tekijät ja 1-3 muuttujaa käsittävien regressiomallien selitysvoima erikseen miehillä (n=164) ja naisilla (n=193).

Sukupuoli Malli	Selittävä(t) tekijä(t)	$\beta$ -kerroin	p-arvo	Estimaatin keskivirhe
<b>Miehet/Kaikki</b>				
Malli 1	Nopeusvoima	-0,431	0,000	2,66
Malli 2	Nopeusvoima, ikä ja pituus	-0,324 / 0,251 / 0,179	0,001 / 0,007 / 0,038	2,57
<b>Miehet nuoret 28 - 43 v.</b>				
Malli 1	Nopeusvoima	-0,297	0,024	2,51
<b>Miehet vanhat 44 - 69 v.</b>				
Malli 1	Nopeusvoima	-0,470	0,000	2,81
<b>Naiset/Kaikki</b>				
Malli 3	Paino	0,400	0,000	2,75
Malli 4	Anaerobinen polkemisteho ja paino	-0,312 / 0,455	0,002 / 0,000	2,61
<b>Naiset nuoret 27 - 42 v.</b>				
Malli 3	Paino	0,354	0,025	2,58
<b>Naiset vanhat 43 - 60 v.</b>				
Malli 1	Nopeusvoima	-0,436	0,004	2,78

## 6.2 Sukupuolen, iän, painon ja pituuden yhteys ketteryydestin tuloksiin

Ketteryydestin ajat, virheet, korjatut ketteryysajat, vertikaalihypyn, vauhdittoman pituushypyn, 20 m:n juoksun ja anaerobisen polkemistehon keskiarvo ja -hajonta sekä p-arvot miehillä ja naisilla on esitetty taulukossa 5. Naisten ketteryydestin suoritus aika oli lyhyempi ( $p=0,001$ ) ja virheiden lukumäärä oli pienempi ( $p=0,018$ ) kuin miehillä. Nopeusvoimaominaisuuksia ja anaerobista polkemistehoa mittaavissa testeissä miehet suoriutuivat paremmin ( $p=0,000$ ) kuin naiset.

**Taulukko 5** Ketteryydestituloksen ja alaraajojen lihasten voimaominaisuuksia kuvaavien suureiden keskiarvo ja -hajonta ( $\bar{x} \pm SD$ ) miehillä (M) ja naisilla (N) sekä sukupuolten välisen eron merkitsevyys (p -arvo).

Suku- puoli	Ketteryydesti		Ketteryydesti Korjattu aika s	Hyppy- korkeus cm	Vauhditon pituus- hyppy cm	20m:n juoksu s	Anaerobinen polkemisteho		
	Aika s	virhe kpl					Huippu- momentti kpm	Maksimi- teho W	
<b>M</b>	$\bar{x}$	15,33	3,57	15,88	28,86	225,72	2,91	9,16	527,00
	<b>SD</b>	$\pm 2,92$	$\pm 2,38$	$\pm 3,12$	$\pm 5,28$	$\pm 25,22$	$\pm 0,35$	$\pm 1,46$	$\pm 91,12$
<b>N</b>	$\bar{x}$	14,30	2,94	14,72	18,85	165,74	3,65	6,78	363,96
	<b>SD</b>	$\pm 2,61$	$\pm 2,31$	$\pm 2,75$	$\pm 4,02$	$\pm 22,42$	$\pm 0,43$	$\pm 1,08$	$\pm 56,21$
<b>p-arvo</b>		0,001	0,018	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

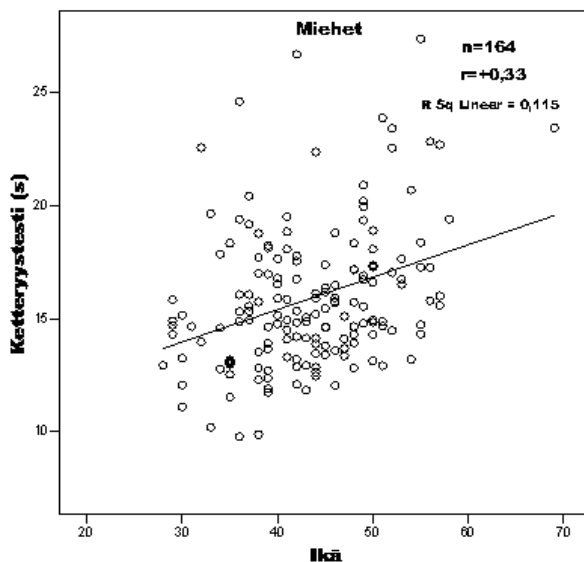
Ketteryydestin suoritus aikoja tarkasteltiin miehillä ikäryhmissä 28–43 ja 44–69 -vuotiaat. Naisilla vastaavat ikäryhmät olivat 27–42 ja 43–60 -vuotiaat. Suoritus aikojen keskiarvo ja -hajonta sekä p-arvot esitetään taulukossa 6. Nuoremmat miehet suoriutuivat nopeammin ( $14,70 \pm 2,87$ ;  $p=0,003$ ) ketteryydestistä kuin vanhemmat miehet ( $15,96 \pm 2,84$ ), samoin nuoremmat naiset nopeammin ( $13,61 \pm 2,33$ ;  $p=0,000$ ) kuin vanhemmat naiset ( $15,00 \pm 2,70$ ). Virheiden lukumäärässä ei eri ikäryhmissä ollut merkitsevää eroa.



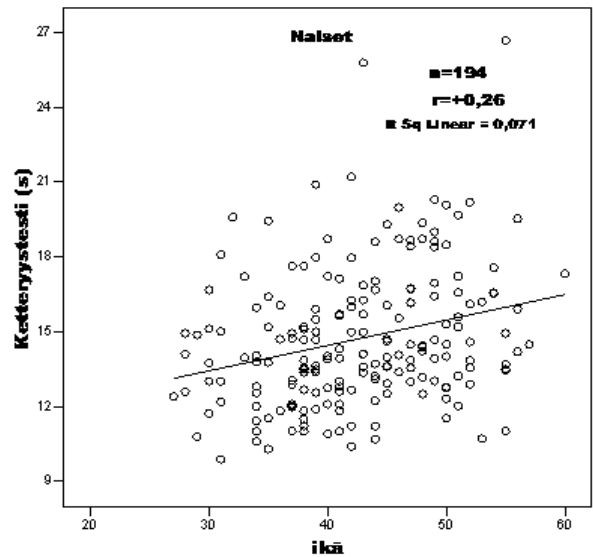
**Taulukko 6** Ketteryysestien suoritusaikojen ja virheiden keskiarvo ja -hajonta ( $\bar{x} \pm SD$ ) sekä p-arvot miesten ikäryhmien (28–43 ja 44–69 -vuotiaat) sekä naisten ikäryhmien (27–42 ja 43–60 -vuotiaat) välillä.

Sukupuoli Ikäryhmä	Ketteryysesti aika s	virhe kpl	Ketteryysesti Korjattu aika s
<b>Miehet</b>			
nuoret 28–43 v.	14,70 $\pm$ 2,87	3,59 $\pm$ 2,28	15,23 $\pm$ 3,02
vanhat 44–69 v.	15,96 $\pm$ 2,84	3,54 $\pm$ 2,49	16,54 $\pm$ 3,10
<b>p-arvo</b>	0,003	0,885	0,004
<b>Naiset</b>			
nuoret 27–42 v.	13,61 $\pm$ 2,33	2,75 $\pm$ 2,29	13,98 $\pm$ 2,43
vanhat 43–60 v.	15,00 $\pm$ 2,70	3,13 $\pm$ 2,32	15,47 $\pm$ 2,87
<b>p-arvo</b>	0,000	0,199	0,000

Miehillä ikä ( $r=+0,33$ ) korreloi merkitsevästi ( $p<0,01$ ) ketteryysestien korjattuun suoritus-aikaan (kuvio 8). Naisilla ikä ( $r=+0,26$ ; kuvio 9) ja paino ( $r=+0,24$ ) korreloivat merkitsevästi ( $p<0,01$ ) ketteryysestien tuloksiin.



**Kuvio 8** Miesten iän suhde ketteryysestien korjattuun aikaan



**Kuvio 9** Naisten iän suhde ketteryysestien korjattuun aikaan

Naisilla paino ( $\beta=0,400$ ) selitti merkitsevästi ( $p=0,000$ ) ketteryystestin tulosten kokonaisvaihtelua. Selitysaste oli 16 % (taulukko 4). Regressioyhtälö kirjoitetaan seuraavasti:

$$\text{ketteryys} = 7,32 + 0,11 \times \text{paino}$$

Kun naisten ryhmässä tehtiin askeltava regressioanalyysi ikäryhmille 27–42 ja 43–60 -vuotiaat, naisten nuoremmalla ikäryhmällä osoittautui paino ( $\beta=0,354$ , 13%) merkitseväksi ( $p=0,025$ ) ketteryystestin tulosten kokonaisvaihtelua selittäväksi tekijäksi (taulukko 4).

Regressioyhtälö on seuraava:

$$\text{ketteryys} = 7,17 + 0,11 \times \text{paino}$$

Miehillä pituus ( $\beta=0,179$ ) nousi iän ja nopeusvoimaominaisuuksien kanssa merkitseväksi ( $p=0,038$ ) ketteryystestin tulosten kokonaisvaihtelua selittäväksi tekijäksi; selitysaste oli 26% (taulukko 4). Naisten pituudella ei ollut yhteyttä ketteryystestin tuloksiin.

## 7 POHDINTA

### 7.1 Lihasten voimaominaisuuksien yhteys ketteryystestin tuloksiin

Tämän tutkimuksen ensisijainen tarkoitus oli tutkia lihasten voimaominaisuuksien yhteyttä ketteryystestin tuloksiin. Miehillä juoksunopeuden korrelaatiokerroin ketteryystestin tuloksiin oli vahvin kaikista nopeusvoimamittareista. Hyppykorkeus ja vauhditon pituushyppy korreloivat miehillä ketteryystestin korjattuun aikaan lähes yhtä voimakkaasti kuin juoksunopeuskin (ks. taulukko 3). Nopeusvoimamittareista vauhditon pituushyppy korreloi naisilla voimakaimmin ketteryystestin suoritusajaksi. Juoksunopeuden ja hyppykorkeuden korrelaatiot olivat naisilla lähes yhtä vahvat (ks. taulukko 3). Saman suuntaisiin tuloksiin tulivat Pauole ym. (2000) tutkiessaan miehillä ja naisilla 40 jaardin juoksutestin, vertikaalihypyn ja T-ketteryystestin yhteyksiä. Miehillä juoksunopeus ( $r=0,55$ ) korreloi T-testin tuloksiin, samoin vertikaalihyppy ( $r=-0,49$ ). Myös naisilla juoksunopeus ja vertikaalihyppy ( $r=0,73$  ja  $r=-0,55$ ) korreloivat T-testin tuloksiin merkitsevästi. Tosin Kelan ketteryystesti ja T-testi eroavat toisistaan siinä, että ensin mainittu mittaa todennäköisesti laajemmin motoriikan hallinnan osa-alueita ja jälkimmäinen pääasiassa juoksunopeutta. Lisäksi Pauolen ja muiden (2000) tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat nuorempia ja fyysisesti aktiivisempia kuin tässä tutkimuksessa. Nämä seikat vaikeuttavat näiden kahden ketteryystestin suoranaista vertailua.

Vertikaalihyppy ja vauhditon pituushyppy sekä 20 m:n juoksu ovat kirjallisuudessa usein esiintyviä nopeusvoimaominaisuuksia mittaavia testejä, joista on raportoitu korkeita toistettavuuskertoimia (Markovic ym. 2004, Moir ym. 2004). T-ketteryydestiin vaadittavien suoritusominaisuuksien yhteyksien tarkastelussa pohdittiin sitä, oliko vertikaalihyppy paras testi mittaamaan alaraajojen nopeusvoimaa. Vertikaalihypyn tilalle ehdotettiin Margarian ym. (1966) kehittämää porrasjuokсутestiä. (Pauole ym. 2000.) Sitä on käytetty alaraajojen lihasten nopean voimantuoton mittaamiseen. Margarian porrasjuokсутestin käyttö tuskin ratkaisevasti toisi uutta tietoa Kelan ketteryydestin suoritukseen vaikuttavista ominaisuuksista.

Korrelatiivisen analyysin perusteella voisi päätellä, että juoksunopeus ja alaraajojen nopeusvoima vaikuttavat osaltaan Kelan ketteryydestistä suoriutumiseen. Tässä ja Pauole ym. (2000) tutkimuksissa juoksunopeuden ja nopeusvoiman korrelaatiokertoimet suhteessa ketteryyteen eivät olleet kovin korkeita. Tämän perusteella voidaan olettaa, että Kelan ketteryydesti ja T-testi mittaisivat laajemmin motoriikan hallintaa. Ketteryyden ja juoksunopeuden sekä alaraajojen nopeusvoiman välisiä saman suuruisia merkitseviä korrelaatiokertoimia on esitetty aikaisemmissa tutkimuksissa (Negrete & Brophy 2000, Cochrane ym. 2004). Tämä tarkoittaisi mahdollisesti sitä, että ketteryydessä on osittain kysymys ominaisuuksista, jotka olisivat suhteellisen riippumattomia. Tätä ajatusta tukee johtopäätös, että jos korrelaatiokerroin jää alle 0,71, se viittaisi muuttujien sisällön rakentuvan erityisistä ominaisuuksista tai muuttujat ovat suhteellisen riippumattomia luonnostaan (Young ym. 2001). Samansuuntaiseen johtopäätökseen tulivat Young ja työtoverit (2002) tutkiessaan alaraajojen nopeusvoiman vaikutusta juoksunopeutta ja suunnan muutosnopeutta mittaavaan ketteryydestiin. Tutkimuksessa ei voitu vakuuttavasti osoittaa, että alaraajojen nopeusvoimalla olisi merkittävää yhteyttä ( $r = -0,45 - 0,04$ ) ketteryydestin tuloksiin. Johtopäätöksenä oli, että kehitettäessä ketteryysominaisuuksia, siinä tarvitaan kaikkia lihasvoimalajeja, tekniikkaa ja tarkkaavaisuutta suhteessa ketteryyttä vaativaan suoritukseen. Myös Little ja Williams (2005) jalkapalloilijoille tekemässään tutkimuksessa totesivat kiihtyvyyden, maksiminopeuden ja ketteryyden olevan suhteellisen riippumattomia ominaisuuksia, joiden parantamiseksi tarvitaan erityisiä harjoitteita.

Askeltavan regressioanalyysin tulosten perusteella jäivät molempien sukupuolien lihasten nopeusvoimaominaisuuksien selitysasteet suhteellisen pieniksi ( $r^2 = 0,09 - 0,26$ ) osittain siitä syystä, että miehillä nousivat selittäviksi tekijöiksi myös ikä ja pituus sekä naisilla paino.

Toisaalta miesten ja naisten selitysmalleissa estimaatin keskivirheluvut jäivät suhteellisen mataliksi (2,51–2,81), mikä tarkoittaisi sitä, ettei virhetermien hajonta olisi kovin suuri ja analyysissä käytettävien selitysmallien selitysvoimat olisivat kohtuullisen hyviä. Pauole ja muut (2000) saivat korkeampia selityksasteita tutkimuksessaan. T-testin tulosten kokonaisvaihtelua selittävien tekijöiden, juoksunopeuden, alaraajojen nopeusvoiman ja ketteryyden selityksaste oli miehillä 48 % ja naisilla 62 %. Yhdeksi selittäväksi tekijäksi oli valittu toinen ketteryydesti, mikä osin vaikuttaa suurempien selityksasteiden esiintymiseen. Todennäköisesti tämän tutkimuksen selityksasteet olisivat olleet korkeammat, jos selittäviin tekijöihin olisi ollut käytettävissä lisäksi joku muu motoriikan hallintaa mittaava testi. Punakallion käyttämän (1994) ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelua selittivät hyvä reisilihhasvoima, dynaaminen tasapaino ja koehenkilön oma arvio työkyvystään suhteessa työn fyysisiin vaatimuksiin ( $r^2=0,46$ ). Tässä testissä korostuu motoriikan hallinnan osa-alueista mm. silmä–käsi –koordinaatio. Kelan ketteryydesti sen sijaan edellyttää mm. silmä-alaraajakoordinaatiota, mikä vaikeuttaa näiden kahden ketteryydestin suoranaista vertailua. Anaerobisen polkemistehon yhteyttä ketteryyteen ei löytynyt aikaisemmista tutkimuksista.

Aiemmissa tutkimuksissa esiintyvät ketteryydestit ja Kelan ketteryydesti mittaavat ketteryyden lisäksi oletettavasti laajemmin motoriikan hallintaa kuten dynaamista tasapainoa, koordinaatiota ja reaktionopeutta, mutta näiden ominaisuuksien vaikutusten suuruus jää tulevien tutkimusten mahdollisiksi aiheiksi. Tässä tutkimuksessa osa ketteryydestin suoritukseen vaikuttavista ominaisuuksista jäi selvittämättä. Lord ja muut (1999) ovat todenneet reaktioajalla olevan merkitsevä vaikutus vanhempien henkilöiden seisomatasapainoon.

Karinkanta työryhmänsä (2005) kanssa raportoi, että reaktioaika ei merkitsevästi korreloinut ikäihmisten dynaamiseen tasapainoon kahdeksikkojuoksutestissä. Kahdeksikkojuoksutesti mittaa todennäköisesti pääasiassa juoksunopeutta. Kelan ketteryydestin suorituksessa vaadittavia ominaisuuksia ajateltaessa voidaan olettaa reaktionopeuden vaikuttavan enemmän ketteryydestin suoritukseen, koska testi sisältää monipuolisemmin liikkeen ja liikesuuntien muutoksia kuin kahdeksikkojuoksutesti.

Kelan ketteryydestin suoritukseen vaikuttavien tekijöiden selvittäminen laajemmin olisi ollut mielenkiintoista. Aikaisemmissa tutkimuksissa esitettiin käytössä olevista motoriikan hallinnan mittareista suhteellisen korkeita toistettavuuskertoimia (mm. Punakallio 1994, Pauole ym. 2000, Rinne ym. 2001, Ross ym. 2002, Rätty ym. 2002), mutta mittarien tarkempi sisällön

tutkiminen toisi mahdollisesti lisää tarpeellista tietoa testien suorittamiseen vaadittavista ominaisuuksista. Pauole ja muut (2000) ovat todenneet tutkiessaan T-testin ja Hexagon-ketteryydestin validiutta, että ensin mainittu testi näyttää mittaavan tulosten perusteella lähinnä juoksunopeutta ja jälkimmäinen osoittautui lähinnä nopeuden mittariksi, koska suunnan muutokset Hexagon -testissä tapahtuvat suhteellisen lyhyin etäisyyksin. Ketteryyteen vaikuttavien ominaisuuksien selvittämistä vaikeuttaa se, että ketteryydestä ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Olemassa olevan määritelmän perusteella herää ajatus, että kuinka suurella kognitiivisten ominaisuuksien osuudella voitaisiin Kelan ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelua selittää?

## **7.2 Sukupuolen, iän, painon ja pituuden yhteys ketteryydestin tuloksiin**

Miehet suorittivat testin hitaammin ja he tekivät myös enemmän virheitä kuin naiset. Kertooko tämä ero jotakin testin luonteesta? Motorista oppimista on todettu tapahtuvan motorisen taidon osa-alueita mittaavien testien suorituksissa (Rinne ym. 2001, Ross ym. 2002, Punakallio 2004). Tässä tutkimuksessa ei selvitetty motorisen oppimisen yhteyttä ketteryydestin tuloksiin, mutta sukupuolien välistä eroa ketteryydestin suoritukseen voidaan argumentoida aiemmin opitun liikesuorituksen perusteella. On todennäköisempää, että naiset ovat harrastaneet nuoruudessaan miehiä enemmän ja monipuolisemmin motoriikan hallintaa vaativaa liikuntaa, jossa saattaa olla tai on samankaltaisia ominaisuuksia kuin Kelan ketteryydestin testissä, esim. ruutuhyppely. Singer (1976, 462–464) on todennut aiemmin opitun motorisen taidon säilyväksi ominaisuudeksi, joka palautuu liikemuistista muutamalla toistosuorituksella, vaikka kyseistä taitoa ei olisi vuosikausiin harjoitellutkaan. Kelan ketteryydestin testistä suoriutumiseen saattaa vaikuttaa jo lapsuuden suotuisat liikuntaympäristöt ja siellä opitut motoriset taidot.

Tutkimuksia, joissa arvioidaan työikäisten demograafisten tekijöiden vaikutusta alaraajojen ketteryyteen tai koordinaatioon, on vähän. Tässä tutkimuksessa ikä selitti miehillä merkittävästi ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelua. Iän yhteyttä motorisia taitoja mittaavien testien tuloksiin tukevat tutkimustulokset, joiden mukaan huojunta seisoma-asennossa on lisääntynyt iän myötä sekä miehillä että naisilla. Sukupuolten välisiä eroja ei todettu. (Hageman ym. 1995, Punakallio 2003.) Ikääntymisen myötä kehon hallinta heikkenee merkittävämmän työkyvyn kannalta 40 ikävuoden jälkeen (Punakallio ym. 1997). Kun iän

vaikutusta Kelan ketteryydestin tuloksiin tarkasteltiin miehillä 28–43 ja 44–69 -vuotiaiden ja naisilla 27–42 ja 43–60 -vuotiaiden ikäryhmien välillä, niin odotetusti nuoremman ikäryhmän koehenkilöt suoriutuivat merkitsevästi nopeammin ketteryydestistä kuin vanhemman ikäryhmän henkilöt sekä miesten että naisten ikäryhmissä. Iän myötä nopeusvoima heikkenee isometristä voimaa enemmän (Macaluso & De Vito 2003). Tämä toteamus selittää osin vanhempien henkilöiden heikomman suoritusajan Kelan ketteryydestissä. Virheiden määrän suhteen ei iällä ollut merkitsevää eroa. Myös ikä ( $\beta=0,210-0,291$ ) on osoittautunut naisilla kahdeksikkojuoksun tuloksia ennustavaksi tekijäksi (Carter ym. 2001, Karinkanta ym. 2005). Kotipalveluhenkilöstölle suunnitellun ketteryydestin tuloksia ennusti myöskin ikä. Tämän tutkimuksen koehenkilöt olivat naisia. (Punakallio 1994.) Muissa iän vaikutuksesta raportoivissa tutkimuksissa on testattu henkilöiden dynaamista tasapainoa (Räty ym. 2002, Punakallio 2003, Punakallio 2004).

Naisilla paino ( $r^2=0,16$ ) ennusti merkitsevästi Kelan ketteryydestin tuloksia. Paino ja anaerobinen polkemisteho yhdessä selittivät neljäsosan naisten ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelusta. Naisten ikäryhmällä, 27–42 -vuotiaat, paino ( $r^2=0,13$ ) osoittautui ketteryydestin suoritusajaa selittäväksi tekijäksi. Painon vaikutus jäi ehkä odotettua pienemmäksi. Naisten ryhmässä ei ollut paljon keskimääräistä painavampia henkilöitä, mikä vaikuttaneen tässä tutkimuksessa painon vähäisempään vaikutukseen ketteryydestin tuloksiin. Punakallion käyttämässä (1994) ketteryydestissä keskimääräistä painavimmat työikäiset henkilöt ovat saaneet huonomman suoritusajan kuin keskimääräistä kevyemmät henkilöt. Nämä tulokset naisten osalta olivat samansuuntaiset tämän tutkimuksen kanssa. Kevyempi paino on ollut yhteydessä hyvään suoritusajaan Kelan tasapainotestissä (Räty ym. 2002). Myös Kuh ja työtoverit (2005) ovat todenneet keskimääräistä suuremman kehon painon olevan yhteydessä huonompaan toiminnalliseen tasapainoon sekä miehillä että naisilla. Em. tutkimustulosten perusteella naisten keskimääräistä suurempi paino vaikeuttanee motoriikan hallintaa vaativien tehtävien suorittamista todennäköisesti enemmän kuin miesten keskimääräistä suurempi paino.

Miehillä pituus ( $\beta=0,179$ ) nousi yhdessä iän ja nopeusvoimaominaisuuksien kanssa merkitseväksi ketteryydestin tulosten kokonaisvaihtelua selittäväksi tekijäksi ( $r^2=0,26$ ), mutta naisten pituudella ei ollut yhteyttä ketteryydestin tuloksiin. Aiemmissa tutkimuksissa on todettu henkilön pituudella olevan vaikutusta motorisia taitoja mittaavien testien suoritukseen.

Pidemmät henkilöt ovat saaneet testeissä parempia tuloksia. (Punakallio 1994, Carter ym. 2001.) Kuh työtovereineen (2005) on todennut, että naisilla pituus korreloi tasapainotestin tuloksiin. Suoritus aika parani 16,2 % jokaista 10 pituussenttimetriä kohden. Miehillä ei todettu pituudella olevan vaikutusta tasapainotestin tuloksiin. Yleisesti demograafisten tekijöiden, iän, painon ja pituuden korrelaatiot ja selityksasteet jäivät tässä tutkimuksessa suhteellisen pieniksi.

### 7.3 Tutkimusaineisto ja menetelmät

Aikaisemmissa tutkimuksissa koehenkilöiden määrä oli yleensä noin 20 henkilöä. Vastaavia otoskokoja kuin tässä tutkimuksessa (miehiä 165, naisia 196) esiintyi Punakallion (1994), Pauolen ja muiden (2000), Rädyn ym. (2002) sekä Vaaran ja Karpin (2003) tutkimuksissa. Aikaisempien tutkimusten koehenkilöt olivat pääosin fyysisesti aktiivisia nuoria aikuisia tai urheilijoita. Tämän tutkimuksen koehenkilöt edustivat hyvin perusjoukkoa. Henkilöt olivat tavallisia varsinaissuomalaisia työkäisiä, jotka eivät olleet fyysisesti erityisen aktiivisia.

Kelan ketteryystestin kaltaista motorista tehtävää on kuvattu yksittäiseksi (discrete), lyhytkestoiseksi tehtäväksi, jossa on selkeä alku ja loppu (Schmidt & Wrisberg 2000, 5–7). Ketteryystesti on vaativa, useita motoriikan hallinnan osa-alueita mittaava tehtävä. Ketteryystesti ei kuitenkaan ole fyysisesti raskas. Testirata on 10,45 m pitkä ja lattiamerkkien pitkätkö etäisyys toisistaan lisää vaativuutta suoritukseen. Testin suorittaminen vaatii reaktiokykyä lähtökäskyyn reagoitaessa, silmä-alaraaja-koordinaatiota ja kykyä nopeisiin liikkeen ja liikesuunnan muutoksiin kehon tasapainoa menettämättä sekä keskittymiskykyä liikesarjana tuotetussa hyppelyssä. Testin suorituksessa on apua myös hyvästä liikerytmistä. Ketteryystestin suoritusta heikentäviä tekijöitä ovat oletettavasti mm. työpäivän tai muiden kiireiden aiheuttama väsymys tai keskittymiskyvyn puute, koska ne vähentävät ketteryystestin suorituksessa vaadittavaa tarkkuutta.

Tämän tutkimuksen mukaan ketteryystesti soveltuisi terveille aikuisille henkilöille. Eri potilasryhmien selviytyminen tästä testistä turvallisesti on kyseenalaista osin testin pituudesta ja lattiamerkkien pitkien etäisyyksien vuoksi. Testin soveltumista muille kohderyhmille pitäisi selvittää jatkotutkimuksella. Lisäksi testirata vaatii suhteellisen suuren fysioterapiatilaa. Usein fysioterapialaitokset ovat 1–3 työntekijän yksiköitä, joissa harvemmin löytyy testin vaatimaa lattiatailaa.

Ketteryydestin tulosten tulkintaan liittyy ongelmia. Virheen vaikutusta suoritukseen on äärimmäisen vaikea arvioida realistisesti suoritusajan arvioinnin rinnalla. Eri virheluokkia tarkastelemalla päädyttiin yhden prosentin "sakkoon" virhettä kohden (liite 2). Oletuksena on, että terveillä henkilöillä virheiden lukumäärän ja suoritusajan välillä vallitsee negatiivinen riippuvuus, kun henkilön optimaalinen suoritusnopeus ylittyy. Ongelmana oli lisäksi se, että koehenkilöiden lukumäärät jäivät virheluokissa pieniksi. Yhden prosentin lisääminen suoritusajaan virhettä kohden on oletettavasti koehenkilöiden kannalta oikeudenmukaisempi ratkaisu kuin 1 sekunnin lisääminen suoritusajaan virhettä kohden kuten Punakallion (2003, 2004) käyttämissä lankkukävelytestien tulosten käsittelyissä on tehty. Tosin virheen vaikutus on myös satunnaista. Virheen vaikutusta ei voida kokonaan unohtaa, koska sillä on merkitystä mm. koehenkilön suorituksen tarkkuuteen. Ketteryydestin virheen vaikutuksen merkitystä tulisikin selvittää isommalla aineistolla.

Yleisesti ketteryyden mittaaminen esim. kahdeksikkojuoksu- ja seitsemäskävelytestillä on katsottu tarkoituksenmukaisemmaksi menetelmäksi arvioida erityisesti ikäihmisten toiminnallista tasapainoa kuin mittaaminen staattisilla mittausmenetelmillä. Kahdeksikkojuoksu- ja seitsemäskävelytestin suorittamisessa vaadittavat ominaisuudet ovat lähempänä kävelyä ja muita päivittäisiä toiminnallisia tehtäviä. (Karinkanta ym. 2005.) Myös Carter työryhmänsä (2002) kanssa on todennut ketteryyden mittaamisen olevan potentiaalinen menetelmä arvioimaan henkilöiden heikentyneitä tasapainoa. Kahdeksikkojuoksu- ja seitsemäskävelytestillä ja seisoma-asennon hallinnalla oli vahva yhteys toisiinsa. Em. tutkimukset yhdessä tämän tutkimuksen kanssa vahvistavat käsitystä ketteryyden mittaamisen tarpeellisuudesta ja käyttökelpoisuudesta osana toimintakyvyn arviointia. Kehitystyötä ja lisätutkimuksia tarvitaan vielä Kelan ketteryydestin käyttöä rajoittavien tekijöiden selvittämiseksi, jotta se kaikilta osin olisi käyttökelpoinen kliiniseen käyttöön mittaamaan työikäisten ketteryyttä. Tarkoituksenmukaisten ja toistettavien työikäisille suunnattujen ketteryys- ja koordinaatiotestien kehittäminen on tulevaisuuden haaste.



## **8 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Nopeusvoimaominaisuudet korreloivat merkitsevästi ketteryyteen miehillä ja naisilla. Miesten ja naisten tutkimustulosten eroavaisuuksien perusteella voidaan olettaa, että Kelan ketteryystesti mittaa ketteryyden lisäksi laajemmin motoriikan hallinnan osa-alueita.

Ketteryyden mittaaminen on osoittautunut tarpeelliseksi menetelmäksi osana toimintakyvyn arviointia. Kelan ketteryystesti soveltunee kliiniseen käyttöön mittaamaan työikäisen väestön ketteryyttä. Kehitystyötä ja lisätutkimuksia tarvitaan vielä Kelan ketteryystestin käyttöä rajoittavien tekijöiden selvittämiseksi.

## LÄHTEET

Ageberg E, Zätterström R, Moritz U. Stabilometry and one-leg hop test have high test-retest reliability. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8:198–202.

Aniansson A, Hedberg M, Henning G, Grimby G. Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve* 1986;9:585–591.

Bangsbo J. The physiology of soccer: with special reference to intense physical exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 1994;619:1–155.

Barnes M, Attaway J. Agility and conditioning of the San Francisco 49ers. *Strength Cond J* 1996;18:10–16.

Bassey EJ. Longitudinal changes in selected physical capabilities: muscle strength, flexibility and body size. *Age Ageing* 1998;27(Suppl 3):12–16.

Bean JF, Leveille SG, Kiely DK, Bandinelli S, Guralnik JM, Ferrucci L. A comparison leg power and leg strength within the InChianti study: which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:728–733.

Burgess-Limerik R, Shemmel J, Barry BK, Garson RG, Abernethy B. Spontaneous transitions in the coordination of a whole body task. *Hum Mov Sci* 2001;20:549–562.

Carter ND, Khan KM, Petit MA, Heinonen A, Waterman C, Donaldson MG, Janssen PA, Mallinson A, Riddell L, Kruse K, Prior JC, Flicker L, McKay HA. Results of a 10 week community based strength and balance training programme to reduce fall risk factors: a randomised controlled trial in 65–75 year old women with osteoporosis. *Br J Sports Med* 2001;35:348–351.

Carter ND, Khan KM, Mallinson A, Janssen PA, Heinonen A, Petit MA, McKay HA. Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older community-dwelling women with osteoporosis. *Gerontology* 2002;48:360–368.

Cochrane DJ, Legg SJ, Hooker MJ. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res* 2004;18:828–832.

Daniel D, Malcom L, Stone ML. Quantification of knee stability and function. *Contemp Orthop* 1982;5:83–91.

Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, Pu CT, Hausdorff JM, Fielding RA, Fiatarone Singh MA. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:192–199.

Frontera WR, Hughes VA, Fielding A, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* 2000;88:1321–1326.

Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2003;7:89–100.

Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D. Age and gender effects on postural control measures. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:961–965.

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

Higgins S. Motor skill acquisition. *Phys Ther* 1991;71:123–137.

Hollands MA, Marple-Horvat DE. Coordination of eye and leg movements during visually guided stepping. *J Mot Behav* 2001;33:205–216.

Huxman FE, Goldie PA, Patla AE. Theoretical considerations in balance assesment. *Aust J Physiother* 2001;47:89–100.

Häkkinen K, Alen M, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mäikiä E, Kraemer WJ, Newton RU. Muscle crosssectional area, force production, and neural activation of leg extensor muscles during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *J Aging Phys Act* 1998;6:232–247.

Häkkinen K, Pakarinen A. Muscle strength and serum testosterone, cortisol and SHBG concentrations in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 1993;148:199–207.

Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;79:260–267.

Karinkanta S, Heinonen A, Sievänen H, Uusi-Rasi K, Kannus P. Factors predicting dynamic balance and quality of life in home-dwelling elderly women. *Gerontology* 2005;51:116–121.

Kuh D, Bassey EJ, Butterworth S, Hardy R, Wadsworth MEJ, Musculoskeletal Study Team. Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of british men and women: Associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:224–231.

Landers KA, Hunter GR, Wetzstein CJ, Bamman MM, Weinsier RL. The interrelationship among muscle mass, strength, and the ability to perform physical tasks of daily living in younger and older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56:443–448.

Lappe M, Bremmer F, van den Berg AV. Perception of self-motion from visual flow. *Trends Cogn Sci* 1999;3:329–336.

Larsson L, Grimpy G, Karlsson J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol: Respir Environ Exerc Physiol* 1979;46:451–456.

Lindle RS, Metter EJ, Lynch NA, Fleg JL, Fozard JL, Tobin J, Roy TA, Hurley BF. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20–93 yr. *J Appl Physiol* 1997;83:1581–1587.

Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2005;19:76–78.

Lord SR, Rogers MW, Howland A, Fitzpatrick R. Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47:1077–1081.

Louhevaara V, Soukainen J, Lusa S, Tulppo M, Tuomi P, Kajaste T. Development and evaluation of a test drill for accessing physical work capacity of fire-fighters. *Ind Ergon* 1994; 13:139–146.

Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin J, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol* 1999;86:188–194.

Macaluso A, De Vito G. Comparison between young and older women in explosive power output and its determinants during a single leg-press action after optimisation of load. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:458–463.

Magill RA. *Motor learning and control*. 7 th edition. McGrawHill, 2003.

Margaria R, Aghemo P, Rovelli E. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol* 1966;21:1662–1664.

Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res* 2004;18:551–555.

Moir G, Button C, Glaister M, Stone MH. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res* 2004;18:276–280.

Mälkiä E. Muscular performance as a determinant of physical ability in Finnish adult population. Finland. Publications of the Social Insurance Institution AL 23. Turku Finland 1983.

Mälkiä E. Strength and aging: patterns of change and implications for training. Teoksessa Harms-Ringdahl Karin (toim.) Muscle strength. Singapore: Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd, 1993:141–166.

Mälkiä E, Impivaara O, Heliövaara M, Maatela J. The physical activity of healthy and chronically ill adults in Finland at work, at leisure and during commuting. *Scand J Med Sci Sports* 1994;4:82–87.

Negrete R, Brophy J. The relationship between isokinetic open and closed chain lower extremity strength and functional performance. *J Sport Rehabil* 2000;9:46–61.

Ng AV, Kent-Braun JA. Slowed muscle contractile properties are not associated with a decreased EMG/force relationship in older humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54:452–458.

Nummela A, Alberts M, Rijntjes RP, Luhtanen P, Rusko H. Reliability and validity of the Maximal Anaerobic Running Test. *Int J Sports Med* 1996;17:97–102.

Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 1991;19:513–518.

Ortiz A, Olson SL, Roddey TS, Morales J. Reliability of selected physical performance tests in young adult women. *J Strength Cond Res* 2005;19:39–44.

Parsons LS, Jones MT. Development of speed, agility and quickness for tennis athletes. *Strength Cond J* 1998;20:14–19.

Patla AE, Vickers JN. How far ahead do we look when required to step on specific locations in the travel path during locomotion? *Exp Brain Res* 2003;148:133–138.

Pauole K, Madole K, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in collage-aged men and women. *J Strength Cond Res* 2000;14:443–450.

Pihlajaniemi T. Ketteryystestin toistettavuus. Syventävien opintojen opinnäytetyö. Jyväskylän yliopisto, 2006.

Pohjonen T, Punakallio A, Louhevaara V, Korhonen Olli. Tutkimus työkykyä ylläpitävästä toiminnasta kotipalvelutyössä. Yksilöllisten voimavarojen ja työn kehittäminen. Työterveyslaitos ja työsuojelurahasto. Helsinki: Nykypaino Oy, 1995.

Pohjonen T, Töyry A. Liikunta työkykyä edistävänä toimintana. Teoksessa Kukkonen R, Hanhinen H, Ketola R, Luopajarvi T, Noronen L, Helminen P (Toim.) Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi. Työterveyslaitos. Helsinki: Vammalan Kirjapaino 2001:243–251.

Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000;14:402–406.

Porter MM, Myint A, Kramer JF, Vandervoot AA. Concentric and eccentric knee extension strength in older and younger men and women. *Can J Appl Physiol* 1995;20:429–439.

Punakallio A. Motorinen taito sekä tuki- ja liikuntaelinten oireet 21–59 -vuotiailla kodinhoitajilla ja kotiaavustajilla. *Fysioterapia* 1994;8:56–60.

Punakallio A, Lusa-Moser S, Louhevaara V, Korhonen O, Luukkonen R. Eri ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky. Osa II: Fyysinen toimintakyky suhteessa työn vaatimuksiin ja yksilöllisiin ominaisuuksiin. Työterveyslaitos. Helsinki, 1997.

Punakallio A. Balance abilities of different-aged workers in physical demanding jobs. *J Occup Rehabil* 2003;13:33–43.

Punakallio A. Trial-to-trial reproducibility and test-retest stability of two dynamic balance tests among male firefighters. *Int J Sports Med* 2004;25:163–169.

Rantanen T, Guralnik JM, Sakari-Rantala R, Leveille S, Simonsick EM, Ling S, Fried LP. Disability, physical activity, and muscle strength in older women: the Women's Health and Aging Study. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:130–135.

Rinne MB, Pasanen ME, Miilunpalo SI, Oja P. Test-retest reproducibility and inter-rater reliability of a motor skill test battery for adults. *Int J Sports Med* 2001;22:192–200.

Ross MD, Langford B, Whelan PJ. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests. *J Strength Cond Res* 2002;16:617–622.

Rusko H, Nummela A, Mero A. A new method for the evaluation of anaerobic power in athletes. *Eur J Appl Physiol* 1993;66:97–101.

Rusko HK, Nummela A. Measurement of maximal and submaximal anaerobic performance capacity: concluding chapter. *Int J Sports Med* 1996;17:125–129.

Räty HP, Impivaara O, Karppi S-L. Dynamic Balance in former elite male athletes and in community control subjects. *Scand J Med Sci Sports* 2002;12:111–116.

Samson MM, Meeuwssen IB, Crowe A, Dessens JA, Duursma SA, Verhaar HJ. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age Ageing* 2000;29:235–242.

Schmidt R, Lee T. *Motor control and learning. A behavioral emphasis*. Champaign (IL): Human Kinetics, 1999.

Schmidt R, Wrisberg C. *Motor learning and performance. A problem-based learning approach*. Second Edition. Champaign (IL): Human Kinetics, 2000.



Schumway-Cook A. & Woollacott M. Motor control theory and practical applications. Baltimore (MD): Lippincott Williams and Wilkins, 1995.

Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys Ther* 1997;77:46–57.

Singer R. Motor learning and human performance. An application to physical education skills. Second Edition. Florida State University. New York: MacMillan, 1976.

Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of health people aged 65–89 years. *Age Ageing* 1994;23:371–377.

Smolander J, Hurri H; PETO-työryhmä. Toiminta- ja työkyvyn fyysisten arviointi- ja mittausmenetelmien kartoittaminen ICF-luokituksen aihealueella ”Liikkuminen”. Toiminta- ja työkyvyn edellytyksiä arvioiva testistö – viitekehyksenä WHO:n kansainvälisen toimintakykyluokituksen (ICF) ”Suoritukset” –osa-alue (ACTIVITIES). Helsinki: Stakesin monistamo, 2004.

Stakes. ICF –Toimintakyvyn, toimintarajoitteiden ja terveyden kansainvälinen luokitus. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimus- ja kehittämiskeskus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2005.

Surakka J. Power-type strength training in middle-aged men and women. Publications of the National Public Health Institute A2. Helsinki: Hakapaino Oy, 2005.

Tegner Y, Lysholm J, Lysholm M, Gillquist J. A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1986;14:156–159.

Thelen DG, Schultz AB, Alexander NB, Ashton-Miller JA. Effects of age on rapid ankle torque development. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996;51:226–232.

Tiainen K, Sipilä S, Alen M, Heikkinen E, Kaprio J, Koskenvuo M, Tolvanen A, Pajala S, Rantanen T. Shared genetic and environmental effects on strength and power in older female twins. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:72–78.

Tracy BL, Enoka RM. Older adults are less steady during submaximal isometric contraction with the knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 2002;92:1004–1012.

Uusi-Rasi K, Kannus P, Cheng S, Sievänen H, Pasanen M, Heinonen A, Nenonen A, Halleen J, Fuerst T, Genant H, Vuori I. Effect of alendronate and exercise on bone and physical performance of postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Bone* 2003;33:132–143.

Uusi-Rasi K, Sievänen H, Heinonen A, Kannus P, Vuori I. Effect of discontinuation of alendronate treatment and exercise on bone mass and physical fitness: 15-month follow-up of a randomized, controlled trial. *Bone* 2004;35:799–805.

Vaara M, Karppi S-L. Reliability of novel coordination and balance tests. 14 th International WCPT Congress 07.12.2003 Barcelona, Spain. Abstract & Poster.

Vandervoort AA. Aging and muscle strength & power. Teoksessa Häkkinen Keijo (toim.) Conference book: International conference on weightlifting and strength training. Finland: Gummerus, 1998:31–36.

Vandermeulen DM, Birmingham TB, Forwell LA. The test-retest reliability of a novel functional test: the lateral hop for distance. *Physiother Can* 2000;50–55.

Vickers JN. Control of visual attention during the basketball free throw. *Am J Sports Med* 1996;24:93–97.

Young WB, McDowell MH, Scarlett BJ. Specificity of sprint and agility training methods. *J Strength Cond Res* 2001;15:315–319.

Young WB, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42:282–288.

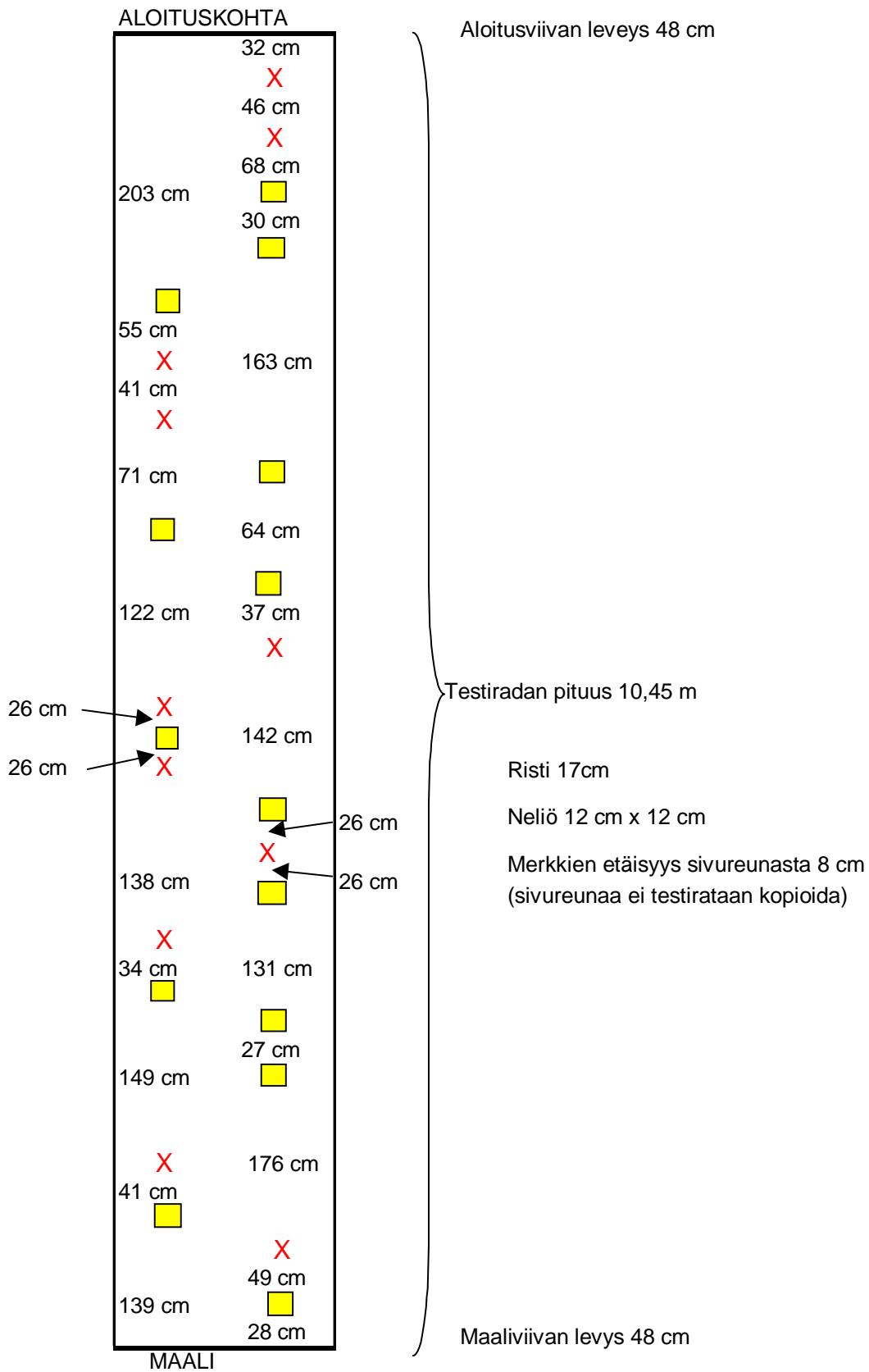
**MUUT LÄHTEET**

Karppi S-L. Suullinen tiedonanto. 9/2004.

Rinne MB. Henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse. 4/2005.

## LIITE 1

## Kelan ketteryysetesti



## LIITE 2 Ketteryystestin virheen vaikutuksen tarkastelu

Ketteryystestin suoritusluokat	Ketteryystestin suoritus aika $\bar{x} \pm SD$	Ketteryystestin suoritusajan $\bar{x} - (x \text{ virheen } \bar{x}) / \text{virheen}$ lukumäärä (s)	n
<b>Miehet</b>			
Koko aineisto	15,33 $\pm$ 2,92		164
Virheetön suoritus	15,09 $\pm$ 2,16		16
1-virheen suoritus	15,17 $\pm$ 3,00	0,16	20
2-virheen suoritus	15,43 $\pm$ 2,79	-0,05	22
3-virheen suoritus	14,83 $\pm$ 2,54	0,17	33
4-virheen suoritus	15,01 $\pm$ 2,30	0,08	19
5-virheen suoritus	16,56 $\pm$ 3,32	-0,25	13
6-virheen suoritus	14,31 $\pm$ 2,55	0,17	21
7-virheen suoritus	15,08 $\pm$ 2,29	0,04	10
8-virheen suoritus	19,83 $\pm$ 3,70	-0,56	6
9-virheen suoritus	16,83 $\pm$ 7,34	-0,17	3
10-virheen suoritus	18,80		1
<b>Naiset</b>			
Koko aineisto	14,30 $\pm$ 2,61		193
Virheetön suoritus	14,22 $\pm$ 2,46		33
1-virheen suoritus	14,32 $\pm$ 2,60	-0,02	22
2-virheen suoritus	14,22 $\pm$ 2,52	0,04	43
3-virheen suoritus	13,77 $\pm$ 2,38	0,18	27
4-virheen suoritus	14,29 $\pm$ 2,27	0,00	20
5-virheen suoritus	14,24 $\pm$ 2,25	0,01	20
6-virheen suoritus	13,33 $\pm$ 1,81	0,16	10
7-virheen suoritus	16,33 $\pm$ 3,33	-0,29	10
8-virheen suoritus	18,33 $\pm$ 5,15	-0,50	4
9-virheen suoritus	13,03 $\pm$ 2,61	0,14	4

