

Alaraajojen voimantuottoteho, reaktionopeus ja staattinen tasapaino voima-nopeuslajien ja kestävyyslajien veteraaniyleisurheilijoilla

Antti Sillanpää

Fysioterapian pro-gradu tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Terveystieteiden laitos

Syksy 2013

## TIIVISTELMÄ

Alaraajojen voimantuotto- ja reaktionopeus- ja staattinen tasapaino-voima- ja nopeuslajien ja kestävyyslajien veteraaniyleisurheilijoilla

Antti Sillanpää

Fysioterapian pro gradu tutkielma

Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, terveystieteiden laitos

Syksy 2013

34 sivua

---

Kyky kontrolloida tasapainoa on tärkeä osa liikkumista kaikissa tilanteissa. Tasapaino-ongelmat ovat yleisiä vanhemmilla ihmisillä ja ne ovat voimakkaasti yhteydessä kasvaneeseen kaatumisriskiin. Huono tasapaino vaikuttaa kaatumisten lisäksi myös henkilön sosiaaliseen ja psyykkiseen hyvinvointiin kun liikkumista ja sosiaalisia suhteita vähennetään kaatumisen pelon vuoksi. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuotto- ja reaktionopeuden sekä staattisen tasapainon eroja eri yleisurheilun lajiryhmien (kestävyyslajit, voima- ja nopeuslajit) välillä yli 35-vuotiailla veteraaniyleisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuotto- ja reaktionopeuden yhteyksiä staattiseen tasapainoon.

Aineiston keruu suoritettiin veteraaniyleisurheilun MM-kisoissa 28.7.–8.8.2009. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja siihen saivat osallistua kaikki urheilijat jotka ottivat osaa kilpailuihin. Tasapaino- ja alaraajojen voimantuotto- mittaukset suoritettiin onnistuneesti 62 naiselle ja 66 miehelle (n=128). Reaktionopeuden mittauksiin tutkimusjoukosta osallistui 43 naista ja 54 miestä (n=97). Tutkittavien ikäjakauma oli naisilla 37 - 84 vuotta (ka 57,2, SD 12,3) ja miehillä 37 - 91 vuotta (ka 64,5, SD 15).

Ennen varsinaisia mittauksia koehenkilöiden taustatiedot selvitettiin haastattelemalla. Tutkittavat suorittivat tasapainotestit ja alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksia mittaavat hyppytestit peräkkäin ilman kenkiä voimalevyllä (Force platform FP4, HUR labs, Tampere). Tasapainomittauksen aikana laitteisto rekisteröi tutkittavan horisontaalisen huojunnan painekeskusteen muutoksena ja tallensi sen huojuntakäyrän pituutena/30sek. Alaraajojen hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mitattiin maksimaalisella kevennyshypyllä. Reaktionopeuden mittaukset suoritettiin dominoivalla kädellä, laitteella jossa oli odotusnappi ja siitä 10 senttimetrin etäisyydellä puolikaarella olevat seitsemän tavoitenappia. Reaktionopeudeksi laskettiin kokonaisaika merkkivalon syttymisestä tavoitenappin painamiseen. Reaktionopeus mitattiin sekä yksinkertaisena, että seitsenvalintaisena. Kaikkien mittausten tulokset vakioitiin analyysivaiheessa iällä.

Nopeus- ja voimalajien urheilijoilla alaraajojen maksimiteho oli miehillä tilastollisesti merkitsevästi 33% (p<.001) ja naisilla 38% (p<.001) suurempi kuin kestävyysurheilijoilla. Myös yksinkertainen reaktionopeus oli voima- ja nopeuslajeissa miehillä tilastollisesti merkitsevästi 7% (p=.034) nopeampi kuin kestävyysurheilijoilla. Naisurheilijoilla yksinkertaisen reaktionopeuden testissä tilastollisesti merkitseviä eroja ei tullut esille. Kummallakaan sukupuolella monivalintaisen reaktionopeustestin tai staattisen tasapainon testin tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Urheilijoiden alaraajojen voimantuotto- ja reaktionopeus ei ollut yhteydessä staattiseen tasapainoon.

Tulokset osoittavat, että pitkään jatkunut intensiivinen yleisurheilun nopeus- ja voimalajien harjoittelu on positiivisesti yhteydessä alaraajojen maksimaaliseen voimantuottoon ja saattaa johtaa parempaan yksinkertaiseen reaktionopeuteen verrattuna kestävyyslajien harjoitteluun. Veteraaniyleisurheilijoilla alaraajojen maksimiteholla tai reaktionopeudella ei näyttäisi olevan yhteyttä staattiseen tasapainoon.

Asiasanat: veteraaniurheilijat, tasapaino, alaraajojen teho, reaktionopeus, harjoittelu

## ABSTRACT

Leg muscle power, psychomotor speed and static postural balance in speed/strength and endurance master track- and field athletes

Antti Sillanpää

Physiotherapy Master's Thesis

University of Jyväskylä, Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Health Sciences

Autumn 2013

34 pages

---

The ability to control postural balance is significant part of moving. Problems in postural balance are common in older adults and they are strongly associated with increased risk of falling. Poor postural control is also associated with a person's psychosocial wellbeing when moving and social contacts are decreased because of fear of falling. The purpose of this study was to determine differences in leg muscle power, psychomotor speed and static postural balance between sprint/power disciplines and endurance disciplines in over 35-year-old master track- and field athletes. Also, purpose was to determine relation of muscle power and psychomotor speed to static postural balance.

Data were collected in WMA 2009. Participation in the study was based on voluntariness and everyone who participated to games was free to participate to study. Measurements of postural balance and maximum leg power were made in 62 women and 66 men (n=128). Measurements of psychomotor speed were made in 43 women and 54 men (n=97). Age was from 37 to 84 years in women (mean 57.2, SD 12.3), and from 37 to 91 years in men (mean 64.5, SD 15).

Background information was collected by interview before measurements. Measurements of postural balance and leg power were performed with forceplate (Force platform FP4, HUR labs, Tampere). In measurement of postural balance persons horizontal sway was measured by change of center of pressure (COP) and recorded as length of sway path in 30 seconds. Power of leg muscles was measured by a maximal countermovement jump. Measurements of reaction speed were conducted with dominant hand. Measurement device had a waiting button and 7 aim buttons 10 cm away from waiting button. Reaction speed was time from switch on of signal light to pressing of aim button. Reaction speed was measured with both, simple and seven choice tests. In analysis all data were standardized with age.

In sprint and strength disciplines men had 33% ( $p<.001$ ) and women 38% ( $p<.001$ ) better maximum leg power than endurance athletes. In men also reaction speed was 7% ( $p=.034$ ) faster in sprint and strength disciplines than in endurance disciplines. In static postural balance there was no difference between groups. There was no relation between static postural balance and leg power or reaction speed.

The results show that intensive track- and field training in sprint and strength disciplines that has continued for long time is positively associated with leg power and might lead to a better simple choice reaction speed than training of endurance disciplines in track- and field. Leg power or reaction speed seems not to have relation to static postural balance in master track- and field athletes.

Keywords: master athletes, postural balance, leg power, psychomotor speed, training

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 TASAPAINO .....	3
2.1 Tasapainoon vaikuttavat aistijärjestelmät.....	4
2.2 Asennon hallinnan strategiat.....	5
2.3 Ennakoiva asennon hallinta .....	6
3 PSYKOMOTORINEN NOPEUS .....	7
4 ALARAAJOJEN VOIMANTUOTTOTEHO .....	9
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	11
6 MENETELMÄT.....	12
6.1 Tutkimusasetelma ja tutkimusjoukko .....	12
6.2 Mittausmenetelmät.....	14
6.2.1 Tasapainomittaukset.....	14
6.2.2 Alaraajojen hermolihaskäytännön suorituskyvyn mittaukset .....	15
6.2.3 Reaktiivisuuden mittaukset .....	15
6.3 Tilastolliset analyysimenetelmät.....	16
7 TULOKSET .....	17
7.1 Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot .....	17
7.2 Lajiryhmien väliset erot staattisessa tasapainossa, alaraajojen voimantuottotehossa ja reaktiivisuudessa .....	19
7.3 Staattisen tasapainon yhteys alaraajojen voimantuottotehossa ja reaktiivisuuteen .....	20
8 POHDINTA.....	22
9 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	27
LÄHTEET .....	28

## 1 JOHDANTO

Kyky kontrolloida tasapainoa on tärkeä osa liikkumista kaikissa tilanteissa. Tasapaino-ongelmat ovat yleisiä vanhemmilla ihmisillä ja ne ovat voimakkaasti yhteydessä kasvaneeseen kaatumisriskiin (Sihvonen 2004, Ogaya ym. 2011). 33 – 50% yli 65-vuotiaista raportoi jonkin asteisista ongelmista tasapainossaan (Mancini & Horak 2010). Iäkkäiden ihmisten tasapainon heikkenemiseen vaikuttavat ikäänymiseen liittyvät muutokset kuten vestibulaarijärjestelmän eri rakenteiden rappeutuminen, näön, asento- ja liiketuntoaistien heikkeneminen sekä keskushermoston liikesäätelyn heikkeneminen (Sihvonen 2011, Era & Heikkinen 1985).

Yleisin kaatumisen seurauksena syntynyt vakava vamma iäkkäillä on lonkkamurtuma, joka johtaa jopa 20% tapauksista kuolemaan ja 25% tapauksista laitostumiseen (Parkkari ym. 1999). Lonkan murtumat ovat kansantalouden ja –terveyden kannalta vakavimpia murtumia ja niitä tapahtuu Suomessa vuosittain noin 7000 (Impivaara & Åstrand 2005). Hyvää tasapainoa vaaditaan myös päivittäisessä elämässä esim. liikkuesssa tai seistessä, etenkin kun yhtä aikaa suoritetaan käsillä manuaalisia tehtäviä. Huono tasapaino vaikuttaa kaatumisten lisäksi myös henkilön sosiaaliseen ja psyykkiseen hyvinvointiin kun liikkumista ja sosiaalisia suhteita vähennetään kaatumisen pelon vuoksi (Mancini & Horak 2010).

Alaraajan voimantuotto on tärkeää horjahtamisen tai liikevirheen korjaamisessa. Estääkseen kaatumisen henkilöllä pitää olla riittävä voimantuotto stabioloivassa jalassa, jotta hän voi vastavaikuttaa tasapainon menettämisen aiheuttamaan kineettiseen energiaan (Skelton ym. 2002).

Psikomotorinen nopeus ennakoi yksilön valmiuksia suorittaa nopea motorinen reaktio yllättävään signaaliin. Suoritusta pidetään sitä parempana, mitä vähemmän aikaa annetun suorituksen suorittaminen vaatii. Tällaisia tehtäviä suoritetaan päivittäin esimerkiksi kun

täytyy reagoida nopeasti horjahdukseen kaatumisen estämiseksi tai tilanteessa, jossa kuljettajan täytyy hidastaa, kun hän huomaa edessään ajavan auton hidastavan (Ratcliff & Van Dongen 2011).

Vaikka heikko alaraajojen voima on kaatumisten riskitekijä, alaraajojen räjähtävä voima eli teho ennustaa enemmän toiminnallisia vaikeuksia kuin voima ja Skeltonin ym. (2002) mukaan teho voi olla parempi tulevaisuuden kaatumisten ennustaja kuin voima. Maksimiteho laskee ikääntyessä nopeammin kuin voima ja on luotettava vajaakuntoisuuden mittari sekä vahva toimintakyvyn ennustaja. (Fielding ym. 2002)

Harjoittelu on tärkeässä osassa vaikuttaessa kaatumisen riskitekijöihin ja ennaltaehkäistessä kaatumisia ja sillä voidaan pienentää kaatumis- ja vammautumisriskiä iäkkäillä (Sturnieks ym 2009). Veteraaniurheilijoilla harjoittelu on oletettavasti ollut intensiivistä ja jatkunut pitkään, joten heiltä voidaan saada tietoa pitkään jatkuneen ja intensiivisen harjoittelun vaikutuksesta tasapainoon.

Pelkän ikääntymisen vaikutusten eroa muista sairauksista on vaikea selvittää. Veteraaniurheilijat kuitenkin tarjoavat tilaisuuden arvioida ikääntymisen vaikutuksia sinänsä koska nämä ihmiset pitävät yllä korkeita aktiivisuuden tasoja ikääntyessään (Michaelis ym. 2008) ja passiivisesta elämäntyylistä johtuvia sekoittavia tekijöitä kuten sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia ja diabetesta esiintyy heillä vähemmän kuin muilla ikätovereillaan (Lazarus & Harridge 2007).

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuottotehon, reaktionopeuden sekä staattisen tasapainon eroja eri lajiryhmien (kestävyyslajit, voima- ja nopeuslajit) välillä yli 35-vuotiailla veteraaniyleisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuoton, reaktionopeuden sekä lajitaustan yhteyksiä edellä mainittujen staattiseen tasapainoon.

## 2 TASAPAINO

Tasapaino ja asennon stabiliteetti voidaan määrittellä kykynä ylläpitää kehon asento ja pitää kehon massakeskipiste tukipinnan sisäpuolella (Hrysonallis 2007, Rose 2005) tai stabiliteettirajojen sisällä. Stabiliteetin rajoilla tarkoitetaan avaruudellista aluetta, jonka sisällä keho pystyy säilyttämään asennon ilman tukipinnan muutosta. Stabiliteettirajat muuttuvat jatkuvasti riippuen tehtävästä, yksilön biomekaniikasta ja ympäristöstä. (Shumway-Cook & Woollacott 1995)

Tasapaino voidaan jakaa staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Seisomista voidaan kutsua staattiseksi tasapainoksi, kun taas dynaamista tasapainoa vaaditaan erilaisten liikkeiden ja liikuntasuoritusten aikana. (Rose 2005) Staattisessa tasapainossa tukipinta pysyy koko ajan samanlaisena ja vain kehon massakeskipiste liikkuu. Dynaamisessa tasapainossa kuitenkin sekä tukipinta, että massakeskipiste ovat liikkeessä. (Woollacott & Tang 1997) Staattisen ja dynaamisen tasapainon ylläpito perustuu kuitenkin lähes kokonaan samoihin aistitiedon lähteisiin ja korjausmenetelmiin (Sihvonen 2004).

Seisoma-asennossa tasapainoon vaikuttavat useat tekijät. Asennon hyvä vertikaalinen linjaus minimoi maan vetovoiman vaikutuksen tasapainoon. Lihastonus pitää asennon kasassa ja vastustaa kehon romahtamista maan vetovoiman vaikutuksesta. Paikallaan seistessä lihastonukseen vaikuttavat lihaksen sisäinen jäykkyys, lihaksen perustonus ja painovoimaa vastustavien lihasten aktivaatio. (Shumway-Cook & Woollacott 1995) Tasapainon säätelyyn vaikuttavat myös sekä suoritettava tehtävä, että ympäristö missä sitä suoritetaan (Huxham 2001).

Paikallaan, tasaisella alustalla seistessä pystyasennossa tapahtuu koko ajan jatkuvaa, pientä korjaavaa liikettä, jota kutsutaan huojunnaksi. Tasapainon ennakoivat- ja palautemekanismit saavat nämä liikkeet aikaan ja niitä koordinoivat sensoriset ja motoriset systeemit. (Patel 2008)

Tasapaino-ongelmat ovat yleisiä vanhemmilla ihmisillä (Sihvonen 2004, Ogaya ym. 2011). Harjoittelu on tärkeässä osassa vaikuttaessa kaatumisen riskitekijöihin ja ennaltaehkäistessä kaatumisia ja sillä voidaan pienentää kaatumis- ja vammautumisriskiä iäkkäillä (Sturnieks ym 2009).

## **2.1 Tasapainoon vaikuttavat aistijärjestelmät**

Tasapainoa kontrolloitaessa saadaan jatkuvaa palautetta ympäristöstä ja kehon avaruudellisesta tilasta visuaalisen-, vestibulaari- ja somatosensorisen järjestelmän kautta ja niiden perusteella ohjataan neurolihasjärjestelmän toimintaa ja asennonhallintaa (Hrysomallis 2007). Eri aistinjärjestelmien tuottaman tiedon suhteet vaihtelevat suuresti tehtävästä riippuen (Era 1997).

Näköaisti on tasapainon kannalta tärkeä aisti. Visuaalisen järjestelmän kautta ihminen saa tietoa sekä ympäristöstä, että kehon ja kehon osien sijainnista suhteessa ympäristöön. Näköaistin avulla voidaan myös ennakoida tulevia tilanteita. (Rose 2005) Terveellä henkilöllä visuaalinen ja somatosensorinen järjestelmä ovat kaksi tärkeintä järjestelmää tasapainon ylläpitämiseksi (Lephart ym. 1998.).

Vestibulaarinen järjestelmä eli tasapainoelin koostuu sisäkorvassa sijaitsevista kaarikäytävistä sekä pyöreästä ja soikeasta rakkulasta. Kaarikäytävät koostuvat kolmesta puoliympyrän muotoisesta tiehyestä, jotka ovat kaikki eri tasoissa (Beatty 1995). Jokin kaarikäytävistä reagoi aina, vaikka liikesuunta olisi mikä tahansa. Jokaisessa kaarikäytävässä on laajennus, jossa sijaitsee karvasoluja. Karvasolut reagoivat pään kiihtyvyyksiin ja hidastuvuuksiin kaarikäytävissä olevan endolymfanesteen liikkeen seurauksena. Myös pyöreissä ja soikeissa rakkuloissa on karvasoluja, joiden päihin on kiinnittynyt otoliitti-kiteitä. Kiteet taivuttavat karvoja eri suuntaan pään asennosta riippuen ja antavat näin tietoa pään asennosta suhteessa painovoimaan. (Bear ym. 2006, Ahonen 2002)



Somatosensorisen systeemin kautta saadaan tietoa kehon paikasta ja liikkeestä suhteessa tukipintaan sekä kehon osien asennosta ja liikkeistä suhteessa toisiinsa (Rose 2005). Somatosensorinen järjestelmä koostuu lihas-, iho- ja nivelreseptoreista (Shumway-Cook & Woollacott 1995). Proprioseptiikka on somatosensorisen järjestelmän osa, joka antaa tietoa asennosta ja liikkeestä nivelien, lihasten ja jänteiden sisäisten reseptorien avulla. (Hrysomallis 2007)

Liharseptoreihin kuuluvat lihaksissa sijaitsevat venytykselle herkät lihasspindelit sekä lihaksen kiinnitysjänneissä sijaitsevat golgin jänne-elimet, jotka aistivat lihaksen jännitystilaa (Era 1997). Nivelreseptoreihin kuuluvat ruffinin päätteet, pacinian solut, ligamenttien reseptorit sekä vapaat hermopäätteet, joista saadaan tietoa nivelkulmasta ja kuormasta (Prochazka 1996). Ihoreseptoreihin kuuluvat mekaanisiin ärsykkeisiin reagoivat mekanoreseptorit, lämpötilaan reagoivat termoreseptorit, sekä kipuun reagoivat nosiseptorit (Bear ym. 2006).

## **2.2 Asennon hallinnan strategiat**

Asennon hallinnan strategioita ovat nilkka-, lonkka- ja askelstrategia (Rose 2005). Nämä strategiat ovat tyypillisiä lihasten aktivointimalleja, joita kutsutaan synergioiksi. Synergiassa joukko lihaksia toimii yhdessä yhtenä yksikkönä. Asennonhallintastrategioita käytetään sekä ennakoivassa, että korjaavassa asennon hallinnassa tasapainon säilyttämiseksi. (Shumway-Cook & Woollacott 1995)

Kun alusta on vakaa ja korjaamisen tarve on pientä, yleisin käytettävä strategia on nilkkastrategia, jossa kehon painopistettä hallitaan pääasiassa nilkkanivelten liikkeen kautta. Nilkan alueen lihasten aktiivisuus ajatellaan olevan riittävää pitämään yllä tasapainoa paikallaan seistessä (Woollacott & Tang 1997). Nilkkastrategiassa nilkkaan vaikuttavien lihasten aktivoitumista seuraa reiden alueen ja vartalon lihasten aktivaatio, jotka

kompensoivat nilkkaan vaikuttavien lihasten vaikutuksia ylävartalon linjaukseen. (Shumway-Cook & Woollacott 1995)

Lonkkastrategiaa käytetään, kun nilkkastrategia ei enää riitä ja painopiste täytyy siirtää nopeasti takaisin tukipinnan päälle. Lonkkastrategia on käytössä myös seisottaessa kapealla ja pienellä alustalla. Lonkkastrategiassa ylävartaloa siirretään horjahduksen suuntaan ja alavartaloa vastakkaiseen suuntaan. (Rose 2005) Lonkkaniveliin vaikuttavien lihasten synergisteinä lonkkastrategiassa toimivat vartalon lihakset (Shumway-Cook & Woollacott 1995).

Perinteisesti on ajateltu, että kun nilkka- ja lonkkastrategiat eivät enää riitä kontrolloimaan painopisteen säilyttämistä, tarvitaan askelstrategiaa, jossa tukipinta siirretään askeleen avulla takaisin painopisteen alle (Shumway-Cook & Woollacott 1995). Tutkimuksissa on kuitenkin saatu myös toisenlaisia tuloksia. Rose (2005) havaitsi tutkimuksessaan että jos tutkittaville ei ole annettu ohjeistusta pysyä paikallaan tasapainon testauksen aikana askelstrategiaa on käytetty korjaamaan myös pieniä horjahduksia.

### **2.3 Ennakoiva asennon hallinta**

Ennakoivalla asennon hallinnalla tarkoitetaan toimia, joita voidaan suunnitella ja jotka suoritetaan ennen tehtävää. Ennakoivaa asennon hallintaa käytetään esimerkiksi välttämään esteitä kävellessä tai valmistautuessa avaamaan raskasta ovea. (Horak & MacPehrson 1996)

Keskushermosto saa aikaan ennakoivan asennon hallinnan, jotta tasapaino säilyttäisiin kun horjuminen on ennustettavissa. Ennakoiva asennon hallinta tuottaa voimia ja momentteja kehon stabiloimiseksi ennen tahdonalaisia liikkeitä. (Li 2009) Esimerkiksi valmistautuessa vetämään ovenkahvasta, ennen yläraajan lihasten aktivoitumista aktivoituvat asentoa ylläpitävät lihakset ja vasta tämän jälkeen aktivoidaan yläraajan lihakset. Nopeissa liikkeissä

tukevien lihasten aktivoituminen on heikompaa kuin hitaissa ja harkituissa liikkeissä. (Shumway-Cook & Woollacott 1995)

### **3 PSYKOMOTORINEN NOPEUS**

Reaktionopeudella kuvataan aikaa, joka kuluu ärsykkeestä liikkeen alkamiseen. Se kuvaa keskushermoston premotorisessa ja motorisessa aivokuoressa tapahtuvaan liikkeen suunnitteluun, liikkeen aloituskäskyyn ja tähän liittyvään lihasten aktivoitumiseen kuluvaa aikaa. (Magill 2011)

Psykomotorinen nopeus ennakoi yksilön valmiuksia suorittaa nopea motorinen reaktio yllättävään signaaliin. Suoritusta pidetään sitä parempana, mitä vähemmän aikaa annetun suorituksen suorittaminen vaatii. Tällaisia tehtäviä suoritetaan päivittäin esimerkiksi tilanteessa, jossa kuljettajan täytyy hidastaa, kun hän huomaa edessään ajavan auton hidastavan (Ratcliff & Van Dongen 2011). Psykomotorinen nopeus on herkkä päivittäiselle vaihtelulle, univajeelle, uupumiselle ja stressille sekä neurostimulanteille, kuten kofeiinille. (Simonen 1997)

Psykomotorista nopeutta mitataan yleisesti yksinkertaisella ja monivalintaan perustuvalla reaktionopeuden testillä (Simonen 1997). Yksinkertaisessa mittauksessa tutkittavan täytyy havaita ärsyke ja vastata siihen niin nopeasti, kuin mahdollista (Ratcliff & Van Dongen 2011). Yksinkertaisessa testissä painettava tavoitenappi on joka kerralla sama ja monivalintatestissä tavoitenappi vaihtelee satunnaisesti.

Eran ym (2011) julkaiseman tutkimuksen mukaan reaktio- ja liikeaika sekä yksinkertaisessa, että monivalintaisessa reaktionopeuden testissä näyttivät systemaattista ja huomattavaa heikkenemistä korkeamman iän myötä. Nopeuden heikkeneminen korostui

monivalintatehtävässä ja kiihtyi noin 70 ikävuoden jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin myös miesten olevan molemmissa testeissä naisia nopeampia.

Sairaudet kuten parkinsonin tauti (de Frias ym. 2007) tai traumaattiset aivovammat, jotka vaikuttavat aivojen neurologiseen toimintaan, heikentävät myös psykomotorista nopeutta. Myös sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksista, korkeasta verenpaineesta ja sepelvaltimotaudista kärsivät ovat tutkimuksissa suoriutuneet reaktionopeusmittauksista huonommin, kuin terveet tutkittavat (Simonen 1997). Kaurasen ym. (2000) tekemässä tutkimuksessa reumaa sairastavilla tulokset yksinkertaisessa testissä olivat 11-16% ja monivalintatehtävässä 12-21% hitaampia, kuin terveillä verrokeilla. Pienimäen ym. (1997) tutkimuksessa kroonistuneesta tenniskyynärpäästä kärsivillä reaktioajat olivat 19-36% ja liikenopeus 31-32% hitaampia kuin terveellä vertailuryhmällä, tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä. Myös potilaiden terveellä kädellä tehdyt mittaukset olivat merkitsevästi kontrolliryhmää hitaampia.

Äskettäisen tupakoinnin on havaittu parantavan tupakoivien psykomotorista suoritusta ja heikentävän tupakoimattomien suoritusta. Kalmijnin ym. (2002) tekemässä tutkimuksessa tupakoivien psykomotorinen nopeus oli tupakoimattomiin verrattuna hitaampaa. Alkoholistien psykomotorinen suoriutuminen on havaittu olevan heikompaa, kuin verrokkiryhmällä sekä miehillä että naisilla (Simonen 1997).

Eran ym. (1986) tekemässä poikittaistutkimuksessa koulutetuilla tutkittavilla oli suurempi psykomotorinen nopeus, kuin verrokeilla ja johtajilla nopeampi havaintoon perustuva motorinen nopeus verrattuna fyysisen työn tekijöihin. Myös uudemmassa Eran ym. (2011) tekemässä tutkimuksessa nuorten ja keski-ikäisten ryhmissä tutkittavilla, joilla oli pidempi muodollinen koulutus, olivat nopeampia, kuin vähemmän koulutetut tutkittavat.

Simosen (1997) väitöskirjatutkimuksessa Psykomotorinen nopeus näytti olevan parempi intensiivistä liikuntaa keskimäärin neljä kertaa viikossa elämänsä aikana harrastaneilla kaksosilla, kuin heidän keskimäärin 1.6 kertaa viikossa liikuntaa harrastaneilla

kaksosveljillään. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei kuitenkaan ollut. Myös Masleyn ym. (2009) mukaan hyväkuntoiset ihmiset suoriutuvat paremmin kognitiivisissa testeissä ja aktiiviset ihmiset kärsivät vähemmän kognitiivisten toimintojensa laskusta vanhetessaan. Samassa Simosen (1997) tutkimuksessa paljon tupakoivilla reaktioajat olivat 5-14% huonompia, kuin tupakoimattomilla kaksosillaan. Myös yli 20 vuotta ammatikseen ajaneilla psykomotorinen nopeus näytti olevan hitaampaa, kuin vähän ajaneilla sisaruksilla. Vain käden monivalinnan päätöksentekoaajat olivat tilastollisesti merkitseviä. Tutkimuksessa kaksosparien sisäinen ero psykomotorisessa nopeudessa oli pienempää, kuin kaikkien tutkittavien kesken. Perheen vaikutus (geneettinen perimä ja kasvuympäristö) oli suurin yksittäinen selittäjä psykomotoriselle nopeudelle, selittäen 18-52% vaihtelusta käden osalta. Ikä kertoi vaihtelusta 2-13% ja sydän- ja verenkiertoelimistön sairaudet, runsas liikunta sekä istumatyö selittivät yhdessä vaihtelusta 2-9%.

Strang-Kalssonin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa hyvin alhaisen syntymäpainon omanneet tutkittavat (<1500g) saivat toistuvasti hitaampia reaktioaikoja kaikissa tehtävissä (yksinkertainen reaktioaika, valintatehtävän reaktioaika, työmuistin testi, jaetun huomion testi ja yhdistetyn oppimisen testi), kuin normaalipainoisena syntyneiden ryhmä, vaikkei neurosensorisia vammoja olisikaan ollut havaittavissa.

#### **4 ALARAAJOJEN VOIMANTUOTTOTEHO**

Teho on voiman ja lihaksen lyhentymisen nopeuden tulo (Foldvari ym. 2000). Alaraajojen voimantuottoteho on tärkeä fyysiseen toimintakykyyn vaikuttava tekijä vanhemmilla ihmisillä (Bean ym. 2002). Useat päivittäiset toiminnot kuten kävely, portaiden nousu tai tuolista seisomaan nousu vaativat alaraajojen voimantuottotehoa (Foldvari, 2000). Alaraajojen teho vaikuttaa iäkkäiden liikkumiskykyyn enemmän kuin voima etenkin niiden keskuudessa, joilla rajoitukset ovat suurimpia (Bean ym. 2007).

Fieldingin ym. (2002) mukaan teho on luotettava lihastoiminnan mittari sekä nuorilla, että ikääntyneillä. Voimantuottotehon häiriöiden tärkeys on esitetty tutkimuksissa, joissa sen ja toiminnallisten tehtävien välillä on ollut positiivinen assosiaatio. Maksimiteho on myös todettu olevan vahva fysiologinen ennustaja toimintakyvyn rajoituksille ja toimintakyvyttömyydelle iäkkäillä. Foldvarin ym. (2000) mukaan Alaraajateholla oli suurin yksittäinen korrelaatio itse raportoituun toiminnalliseen statukseen ( $r = 0.247$ ;  $p < 0.01$ ) kaikista fysiologisista faktoreista joita testattiin ja se on itse raportoidun toiminnallisen statuksen voimakas ennustaja iäkkäillä naisilla. Portegijsin ym. (2005) tekemän tutkimuksen mukaan tutkittavilla, joilla oli suuri alaraajojen ekstensiotehon puoliero raajojen välillä, oli hitaampi kävelynopeus sekä huonompi seisomatasapaino, kuin niillä joilla oli pieni ero alaraajojen välillä etenkin kun ekstensioteho voimakkaammassa jalassa oli alle mediaanin. Tämä näkyi myös terveillä iäkkäillä naisilla.

Osana normaalia ikääntymistä lihasmassa pienenee noin yhden kolmanneksen 50 ja 80 ikävuoden välillä (Borst 2004). Lihasmassan pieneneminen alkaa noin 50 vuotiaana, kiihtyen 60 ikävuoden jälkeen (Deschenes 2004). Progressiivista lihasmassan katoa kutsutaan sarcopeniaksi. Se aiheuttaa lihassolujen määrän ja koon pienenemistä, supistumisnopeuden ja lihaksen laadun eli yksittäisen lihassyyn pinta-alan pienenemistä sekä maksimivoiman ja maksimilyhentymisnopeuden alenemista. Maksimivoimantuottoteho laskee iän myötä aikaisemmin ja arvaamattomammin kuin voima (Fielding ym. 2002). Sowersin ym. (2005) mukaan normaaliin ikääntymiseen liittyy 2-3 prosentin lihasmassan lasku sekä miehillä että naisilla, vaikka aktiivista harjoittelua jatkettaisiin myös iäkkäänä.

On osoitettu, että pitkään fyysistä harjoittelua jatkaneilla iäkkäillä on parempi lihasten suorituskyky, kuin fyysisesti passiivisilla (Sipilä ym. 1991). Sipilän ym. (1991) tutkimuksessa kävi ilmi, että aktiivisilla voima-, nopeus- tai kestävyyslajeja harrastavilla 70-81 vuotiailla miehillä isometrinen käden puristusvoima, kyynärpään koukistus-, polven ojennus- sekä vartalon koukistus- ja ojennusvoima olivat verrokkiryhmää paremmat. Myös hyppykorkeus oli tutkimuksessa urheilijoilla verrokkiryhmää parempi.

## **5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET**

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuoton, reaktionopeuden sekä staattisen tasapainon eroja eri lajiryhmien (kestävyysslajit, voima- ja nopeuslajit) välillä yli 35-vuotiailla veteraaniyleisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuoton, reaktionopeuden sekä lajitaustan yhteyksiä staattiseen tasapainoon samalla ryhmällä.

### **TUTKIMUSKYSYMYKSET**

1. Onko veteraaniyleisurheilijoiden lajiryhmien välillä eroa alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksien, reaktionopeuden tai staattisen tasapainon suhteen?
2. Onko alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksilla ja reaktionopeudella yhteyttä veteraaniyleisurheilijoiden staattiseen tasapainoon?

## 6 MENETELMÄT

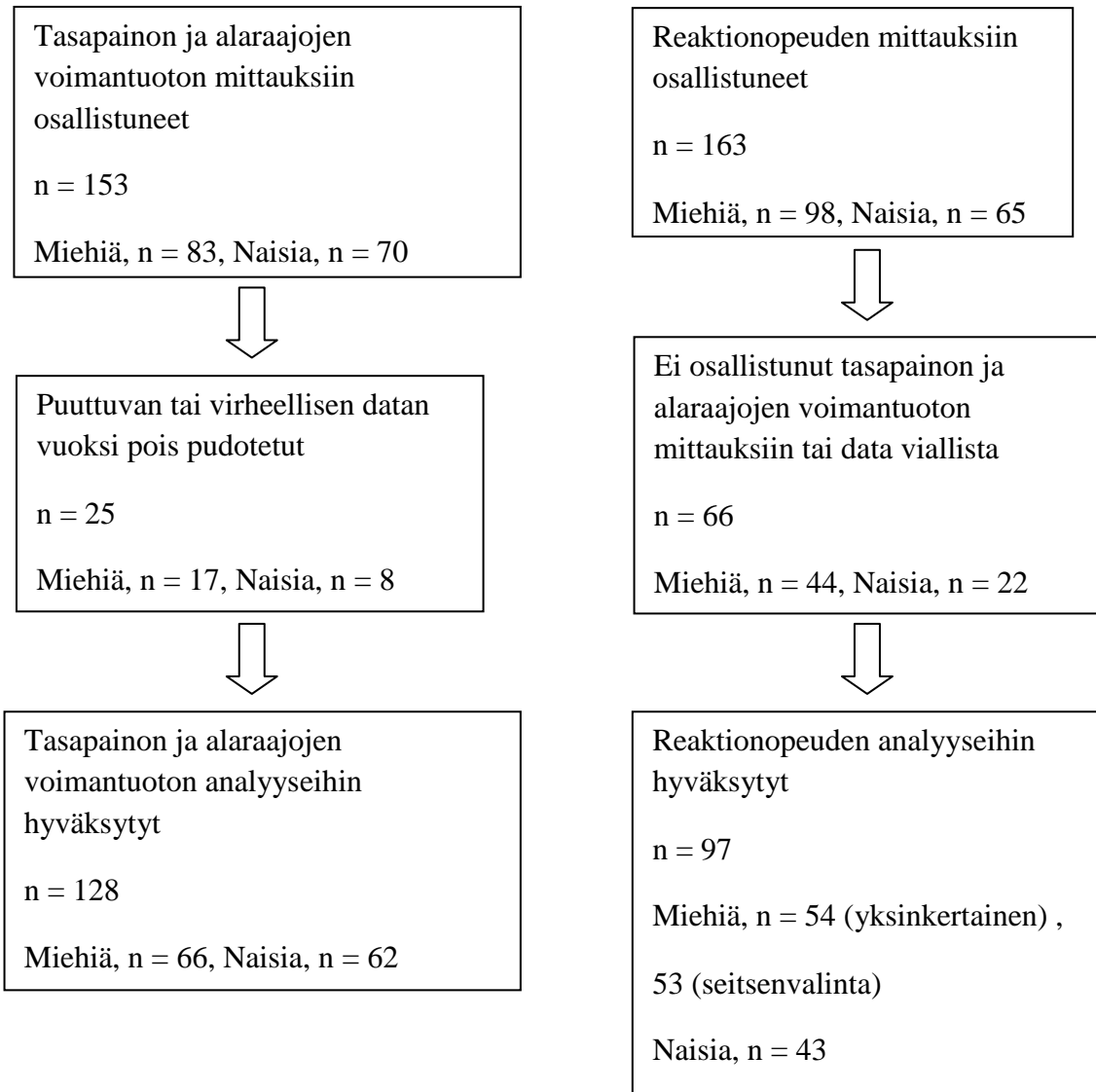
### 6.1 Tutkimusasetelma ja tutkimusjoukko

Aineiston keruu suoritettiin veteraaniyleisurheilun MM-kisoissa 28.7. - 8.8.2009. Mittauspiste sijaitsi kisojen virallisessa kisahallissa. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja siihen saivat osallistua kaikki urheilijat, jotka ottivat osaa kilpailuihin. Lisäksi hyviä tuloksia aiemmin tehneille urheilijoille annettiin heidän ilmoittautuessaan saamiensa papereiden joukossa erillinen kutsu saapua mittauksiin. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on antanut puoltavan lausunnon tutkimusprotokollasta.

Ennen varsinaisia mittauksia koehenkilöiden taustatiedot selvitettiin haastattelemalla. Tutkittavia pyydettiin haastattelussa iän ja muiden perustietojen lisäksi määrittelemään heidän itsensä sillä hetkellä kokema paras yleisurheilulajinsa. Haastattelun yhteydessä mitattiin myös tutkittavan pituus. Tutkittavat suorittivat tasapainomittaukset ja alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksia mittaavat hyppytestit peräkkäin. Reaktiivisuusmittaukset he suorittivat satunnaisesti joko ennen tai jälkeen tasapaino- ja hyppytestejä tai kokonaan toisena päivänä. Tutkittavien paino mitattiin tasapainomittausten yhteydessä tasapainolevyllä.

Tasapaino- ja alaraajojen voimantuoton mittauksiin osallistui 70 naista ja 83 miestä (n=153) (kuva 1). Tutkimusjoukosta suljettiin pois tapaukset, joilta puuttuivat joko tasapaino- tai alaraajojen voimantuoton mittausten tulokset tai arvot olivat jostain syystä selkeästi virheelliset (17 miestä ja 8 naista). Reaktiivisuuden mittauksiin tutkimusjoukosta osallistui 43 naista ja 54 miestä (n=97). Tutkittavien ikäjakauma oli naisilla 37 - 84 vuotta (ka 57.2, SD 12.3) ja miehillä 37 - 91 vuotta (ka 64.5, SD 15) (taulukko 1).





**Kuvio 1. Tutkimusjoukon kokoaminen**

## 6.2 Mittausmenetelmät

### 6.2.1 Tasapainomittaukset

Tasapainon mittaukset suoritettiin ilman kenkiä. Mittausten alussa mitattavia ohjeistettiin seisomaan voimalevyllä mahdollisimman paikallaan. Kantapäät asetettiin antero-posteriorisessa suunnassa samalle linjalle hartioiden leveydelle ja kädet ohjeistettiin pitämään vartalon sivuilla suorana. Mittaus suoritettiin sekä silmät auki, että silmät kiinni. Silmien ollessa auki katse ohjeistettiin kohdistamaan noin 1,5 metrin päässä seinässä olevaan ristiin. Mittaus kesti 30 sekuntia ja se aloitettiin kun tutkittava oli löytänyt rauhallisen ja vakaan asennon. Mittaukset suoritettiin aina ensin silmät auki ja sen jälkeen silmät kiinni.

Mittaukset suoritettiin kisahallissa, kevyistä seinäelementeistä kootussa rauhallisessa tilassa voimalevyllä (Force platform FP4, HUR labs, Tampere), joka oli liitetty tietokoneeseen. FP4 voimalevy on 610x610mm kokoinen neliön muotoinen levy, jonka jokaisessa nurkassa on herkkä voima-anturi. Mittauksen aikana laitteisto rekisteröi tutkittavan horisontaalisen huojunnan painekeskipisteen (center of pressure, COP) muutoksena ja tulokseksi saadaan mm. COP:n huojuntakäyrän pituus sekä huojunnan 90%:n pinta-ala. Tasapainotulokset analysoitiin Balance Software Suite –ohjelmistolla (HUR labs, Tampere).

Huojunnan keskinopeuden on havaittu olevan luotettava ja toistettava mittari mitattaessa COP:n huojuntaa vakaalla alustalla (Salavati ym. 2009, Luoto ym. 1998). Koska tasapainomittauksen aika oli aina vakio, voidaan COP:n huojuntakäyrän pituutta pitää verrannollisena huojunnan keskinopeuteen (huojuntakäyrän pituus jaettuna mittauksen ajalla). Silmät kiinni tehdyt tasapainotutkimukset puolestaan ovat olleet tutkimuksissa toistettavampia, kuin silmät auki tehdyt tutkimukset (Salavati ym. 2009, Bauer ym. 2008, Bauer 2010).

## 6.2.2 Alaraajojen hermolihaskäytännön suorituskyvyn mittaukset

Alaraajojen hermolihaskäytännön suorituskykyä mitattiin maksimaalisella kevennyshypyillä. Mittaukset suoritettiin ilman kenkiä ja kädet olivat hypyn aikana lanteilla. Tutkittavia ohjeistettiin hyppäämään niin korkealle, kuin mahdollista. Kyykistyksen syvyyden ja nopeuden he saivat päättää itse. Jokainen sai yrittää maksimaalista hyppyä kolme onnistunutta kertaa.

Hypytestit tehtiin voimalevyllä (Force platform FP4, HUR labs, Tampere). Hyppy analysoitiin Force Platform Software Suite –ohjelmistolla (HUR labs, Tampere).

McLellanin ym. (2011) tekemässä vertikaalisia hypyistä koskevassa tutkimuksessa sekä kevennyshypyillä että staattisella hypyillä mitatut alaraajojen maksimi- ja keskimääräisen tehon mittaustulokset osoittivat korkeaa testien välistä reliabiliteettiä (CV: 2.8-5.1%).

## 6.2.3 Reaktiivisuuden mittaukset

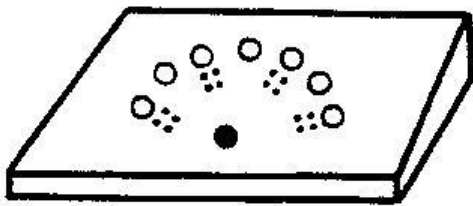
Tutkittavat suorittivat reaktiivisuuden mittaukset dominoivalla kädellään sekä yksinkertaisena, että seitsenvalintaisena. Molemmissa testeissä tutkittavia neuvottiin tekemään suoritukset niin nopeasti ja tarkasti, kuin mahdollista. Testissä mitattava piti ensin etusormellaan pohjassa odotusnappia ja valon syttyessä painoi valon osoittamaa nappia samalla sormella mahdollisimman nopeasti. Valo syttyi satunnaistetusti 1-4 sekunnin viiveellä testiajan aloituksesta. Yksinkertaisessa testissä painettava tavoitenappi oli joka kerralla sama ja seitsenvalintaisessa testissä tavoitenappi vaihteli satunnaisesti. Tutkittavat saivat tehdä ensin 3 harjoitussuoritusta, jonka jälkeen he suorittivat 12 yksinkertaista testiä ja yhtä monta valintatestiä.

Mittaukset tehtiin laitteella, jossa oli odotusnappi ja siitä 10 senttimetrin etäisyydellä puolikaarella olevat seitsemän tavoitenappia ja niiden vieressä valot (kuviokuva 2). Laite laski

reaktioajan päätöksentekoaajan (aika, joka tutkittavalla meni valon syttymisestä sormen nostamiseen odotusnapilta) ja siirtämisaajan (aika, joka tutkittavalta meni siirtää sormi odotusnapilta tavoitenapille) yhteenlasketusta ajasta millisekunteina.

Analyyseissä käytettiin viiden nopeimman suorituksen keskiarvoa koska sen reliabiliteetti muuttujana oli todettu tutkimuksessa parhaaksi (Simonen 1997).

- ⋮ = Valo
- = Tavoitenappi
- = Odotusnappi



**Kuvio 2. Reaktioaikojen mittauksissa käytetty laite (Simonen 1997).**

### 6.3 Tilastolliset analyysimenetelmät

Aineisto analysoitiin SPSS Statistics 17.0 -ohjelmalla ja tilastollisen merkitsevyyden rajana käytettiin p-arvoa  $<0.05$ . Eri lajiryhmien välisiä eroja ominaisuuksissa tutkittiin ensin varianssianalyysillä, jonka jälkeen iän sekoittava vaikutus tuloksiin pyrittiin eliminoimaan käyttämällä sitä kovarianttina. Tutkimuksessa olleiden alaraajojen tehon sekä reaktionopeuden muuttujien yhteyttä tasapainoon testattiin pearsonin korrelaatiokertoimella ja iän vaikutus kyseisten muuttujien korrelaatioihin eliminoitiin osittaiskorrelaatioiden avulla.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot

Taulukossa 1 on esitetty tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden taustatietojen keskiarvot keskihajontoineen sekä sukupuoliryhmittäin, että lajiryhmiin jaettuina. Miesten osalta nopeus- ja voimalajien harrastajat painoivat keskimäärin 7.6 kg tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin kestävyyslajien urheilijat ( $p=.009$ ). BMI oli samalla ryhmällä merkitsevästi  $1,9 \text{ kg/m}^2$  suurempi kuin kestävyyslajeissa kilpailevilla veteraaneilla ( $p=.007$ ). Naisilla nopeus- ja voimalajien harrastajat painoivat merkitsevästi keskimäärin 8.6 kg enemmän ( $p=.001$ ) ja BMI oli  $1.8 \text{ kg/m}^2$  ( $p=.014$ ) suurempi kuin kestävyysurheilijoilla. Lisäksi he olivat tilastollisesti merkitsevästi 5.3 cm pidempiä kuin kestävyysurheilijat ( $p=.008$ ).

**Taulukko 1. Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot**

	Tutkimukseen osallistuneet			Nopeus- ja voimalajit		Kestävyyslajit		Lajiryhmien välinen ero
	SP	n	ka (SD)	n	ka (SD)	n	ka(SD)	p-arvo
Ikä (V)	M	66	64.5 (15.0)	34	64.5 (16.2)	32	64.5 (14.0)	.993
	N	62	57.2 (12.3)	33	55.3 (13.2)	29	59.3 (11.0)	.199
Pituus (cm)	M	66	173.0 (7.6)	34	174.0 (7.5)	32	171.8 (7.6)	.237
	N	62	162 (7.9)	33	164.6 (7.9)	29	159.3 (7.1)	.008
Paino (kg)	M	66	70.5 (11.9)	34	74.2 (12.9)	32	66.6 (9.5)	.009
	N	62	59.0 (11.1)	33	63.0 (12.3)	29	54.4 (7.3)	.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	M	66	23.5 (2.9)	34	24.4 (3.1)	32	22.5 (2.3)	.007
	N	62	22.3 (3.0)	33	23.2 (3.4)	29	21.4 (2.1)	.014
Harjoitusvuodet	M	24	33.9 (19.6)	11	36.9 (19.3)	13	31.3 (20.2)	.497
	N	28	16.6 (11.7)	16	14.8 (12.2)	12	19.2 (11.1)	.334
Harjoittelu (krt/vko)	M	39	4.8 (1.6)	18	4.4 (1.4)	21	5.2 (1.7)	.121
	N	38	5.0 (1.2)	17	4.8 (1.4)	21	5.2 (1.0)	.354

## 7.2 Lajiryhmien väliset erot staattisessa tasapainossa, alaraajojen voimantuottotehossa ja reaktionopeudessa

Nopeus- ja voimalajien urheilijoiden alaraajojen maksimiteho oli miehillä tilastollisesti merkitsevästi 33% ( $p < .001$ ) ja naisilla 38% ( $p < .001$ ) parempi kuin kestävyyslajien urheilijoilla (Taulukko 2). Nopeus- ja voimalajien urheilijamiehillä 1-valintaisen reaktionopeuden testin aika oli tilastollisesti merkitsevästi 7% ( $p = .034$ ) kestävyysurheilijamiehiä nopeampi.

**Taulukko 2. Lajiryhmien väliset erot eri muuttujien suhteen.**

			Nopeus- ja voimalajit	Kestävyys -lajit	Lajiryhmien välinen ero (95%CI)	p-arvo	Iällä vakioitu p-arvo
	SP	n	ka (SD)	ka (SD)			
Huojuuntakäyrän pituus (mm)	M	66	664 (56)	641 (59)	23 (-139 - 187)	.793	.773
	N	62	483 (35)	458 (37)	25 (-77 - 127)	.814	.620
Alaraajojen Maksimiteho (W)	M	66	2981 (97)	2246 (100)	734 (455 - 1013)	.001	<.001
	N	62	2294 (59)	1668 (63)	626 (453 - 799)	<.001	<.001
Reaktionopeus, yksinkertainen (ms)	M	54	330 (8)	354 (8)	24 (-46 - 2)	.158	.034
	N	43	330 (9)	350 (8)	20 (-45 - 4)	.079	.098
Reaktionopeus, monivalinta (ms)	M	53	512 (18)	523 (16)	11 (-60 - 37)	.894	.634
	N	43	483 (35)	458 (37)	25 (-77 - 127)	.342	.620

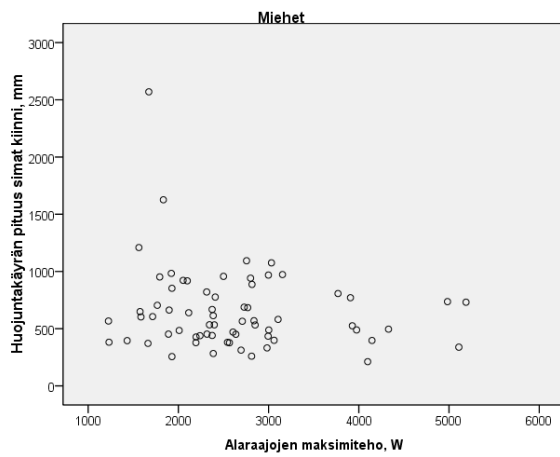
### 7.3 Staattisen tasapainon yhteys alaraajojen voimantuottoon ja reaktionopeuteen

Huojuntakäyrän pituuden yhteydestä eri muuttujiin on hajontakuviot esitelty kuviossa 3. Osittaiskorrelaatiot iällä vakioituna on esitelty taulukossa 3. Mies- tai naisveteraaniurheilijoiden alaraajojen voimantuotto tai reaktionopeus ei ollut yhteydessä staattiseen tasapainoon.

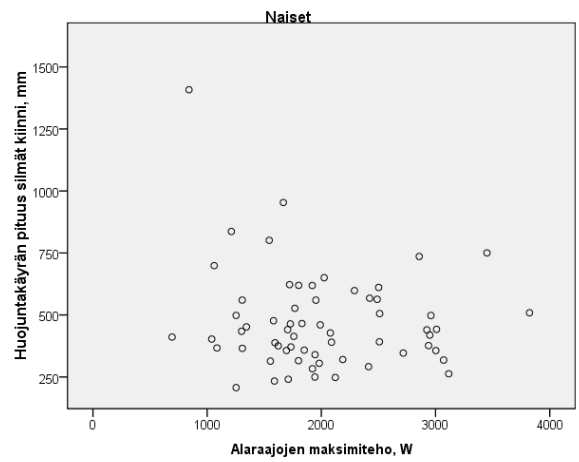
**Taulukko 3. Staattisen tasapainon korrelaatio iällä vakioituna eri muuttujien kanssa**

	Miehet		Naiset	
	Korrelaatiokerroin (n)	p	Korrelaatiokerroin (n)	p
Alaraajojen maksimiteho (W)	0.078 (66)	.585	-0.055 (62)	.729
Reaktionopeus, yksinkertainen (ms)	-0.149 (54)	.293	0.131 (43)	.408
Reaktionopeus, monivalinta (ms)	-0.003 (53)	.984	-0.106 (43)	.505

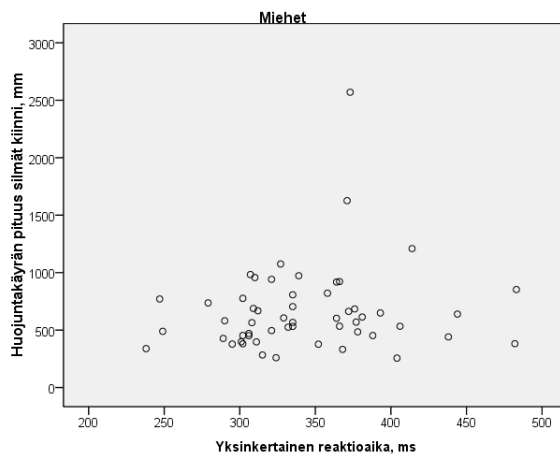




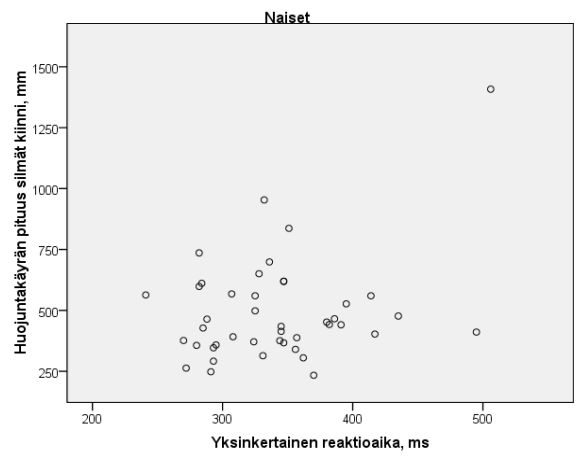
**A**



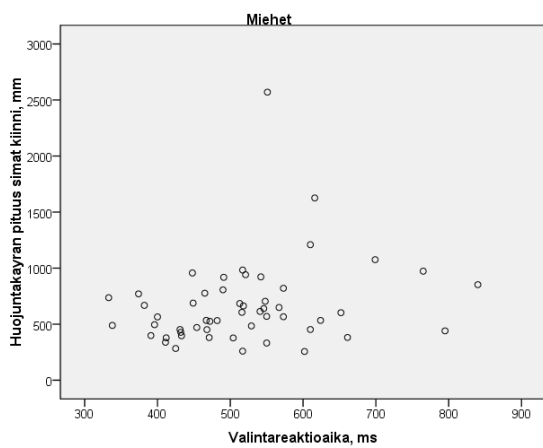
**B**



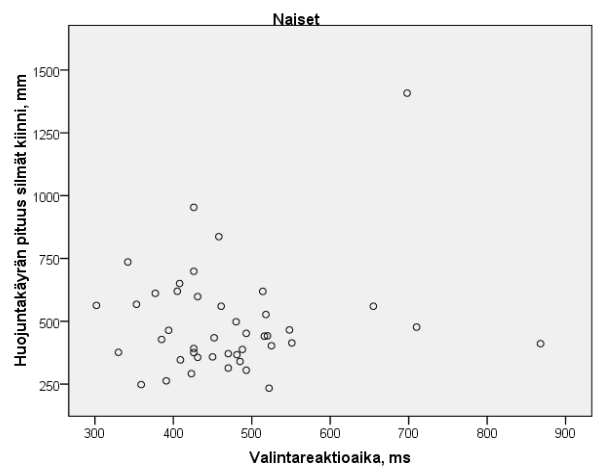
**C**



**D**



**E**



**F**

**Kuvio 3.** Staattisen tasapainon yhteys maksimitehoon (A ja B), yksivalintaiseen reaktionopeuteen (C ja D) sekä monivalintaiseen reaktionopeuteen (E ja F) miehillä ja naisilla.

## 8 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuoton, reaktionopeuden sekä staattisen tasapainon eroja eri lajiryhmien (kestävyyslajit, voima- ja nopeuslajit) välillä yli 35-vuotiailla veteraaniyleisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää alaraajojen voimantuoton ja reaktionopeuden yhteyksiä staattiseen tasapainoon. Nopeus- ja voimalajien urheilijoiden alaraajojen maksimiteho oli miehillä ja naisilla suurempi kuin kestävyyslajien urheilijoilla. Nopeus-voimaominaisuudet eivät olleet yhteydessä veteraaniyleisurheilijoiden staattiseen tasapainoon.

Tässä tutkimuksessa suurin lajiryhmien välinen ero sekä miehillä, että naisilla tuli esille alaraajojen maksimaalisen voimantuottotehon suhteen. Voima- ja nopeuslajien urheilijoilla maksimiteho oli n. 1/3 suurempi verrattuna kestävyysurheilijoihin. Tämä ei ole yllättävää kun tiedetään, että voima- ja nopeuslajeissa räjähtävää, nopeasti tuotettua maksimivoimaa eli tehoa tarvitaan huomattavasti enemmän kuin kestävyysurheilussa. Pikajuoksu- ja hyppylajien yleisurheilijoilla geneettisesti periytyvä lihassoluprofiili on mahdollisesti nopeampi (suurempi II tyypin solujen osuus) kuin kestävyyslajien harrastajilla (Korhonen 2009). Lisäksi harjoittellessa kehittyy se fyysisen kunnan osa-alue jota harjoitetaan. Voima- ja nopeuslajien yleisurheilijoilla lajiharjoittelussa korostuu voimantuottotehoa kehittävät harjoitteet kun taas kestävyyslajeissa pääpaino on aerobisissa matalatehoisissa suorituksissa (Korhonen 2009). Räjähtävä voima myös kehittyy kohtalaisen nopeasti sitä harjoitettaessa. Pereiran ym. (2012) tutkimuksessa kevennyshypyillä mitattu alaraajojen räjähtävä voima eli teho parani 12 viikon nopeusvoimaharjoittelun aikana vanhemmilla naisilla 40.2%.

Yksinkertaisen reaktioajan testin aika oli nopeus-voimalajien urheilijamiehillä hiukan kestävyysurheilijoita parempi. Yksinkertaisessa testissä naisilla tai monivalintaisessa testissä kummallakaan sukupuolella ei tilastollisesti merkitsevää eroa lajiryhmien välillä ollut. Tulos on samansuuntainen Simosen (1997) tekemän tutkimuksen kanssa, jossa perheen vaikutus (geneettinen perimä ja kasvuympäristö) oli suurin yksittäinen selittäjä psykomotoriselle nopeudelle, selittäen 18-52% vaihtelusta käden osalta kun runsas liikunta sekä istumatyö

selittivät yhdessä vaihtelusta vain 2-9%. Tutkimuksessa tosin ei oltu määritelty millaista liikuntaa tutkittavat olivat harrastaneet.

Reaktionopeuden testien ajankohtaa tai siihen valmistautumista ei tutkimusryhmällä kontrolloitu mitenkään vaan he osallistuivat niihin silloin kun heille parhaiten sopi. Kuitenkin Simosen (1997) mukaan psykomotorinen nopeus on herkkä päivittäiselle vaihtelulle, univajeelle, uupumiselle ja stressille sekä neurostimulanteille, kuten kofeiinille. Lisäksi Kalmijnin ym. (2002) mukaan tupakoivien psykomotorinen nopeus on tupakoimattomiin verrattuna hitaampaa ja äskettäisen tupakoinnin on havaittu parantavan tupakoivien psykomotorista suoritusta. Pienimäen ym. (1997) tutkimuksessa kroonistuneesta tenniskyynänpäästä kärsivillä reaktioajat olivat myös 19-36% ja liikenopeus 31-32% hitaampia kuin terveellä vertailuryhmällä. Osa tutkittavista saattoi tulla testeihin uupuneena omasta kilpailusuorituksestaan ja esimerkiksi äskettäinen kahvinjuonti, tupakointi tai krooninen tenniskyynänpää on saattanut vaikuttaa reaktionopeuden testien tuloksiin.

Staattista tasapainoa mittaavan huojuntakäyrän pituuksissa ei lajiryhmien välillä ollut eroja. Käytetty kahdella jalalla silmät kiinni seisten suoritettu testi ei ehkä ollut paras mahdollinen tasapainon mittari aktiivisesti (5x/vko) harjoitteleville veteraaniurheilijoille. Assemanin ym. (2008) tutkimuksessa voimistelijoilla yhdellä jalalla suoritetuissa mittauksissa sekä huojunnan ala, että –nopeus olivat kontrolliryhmää pienemmät, kun ne kahdella jalalla tehdyissä mittauksissa olivat suuremmat. Tosin kontrolliryhmäkin koostui urheilijoista. Voi siis olla, että hyvä tasapaino ei välttämättä näy pienempänä huojuntana jos testaustapa ei ole riittävän haastava. Tasapainoa olisi voinut olla hyvä arvioida myös haastavammassa asennossa esim. yhdellä jalalla seisten. Lisäksi dynaamisen tasapainon mittaus esim. tähtiharjoitustestillä (Gribble ym. 2012) olisi voinut tuoda enemmän tietoa urheilijoiden tasapainon hallinasta. Sihvosen (2004) mukaan nuoret ja iäkkäät huojuvat staattisessa asennossa selkeästi muita enemmän. Sturnieksin ym. (2009) mukaan harjoittelu on tärkeässä osassa vaikutettaessa kaatumisen riskitekijöihin ja ennaltaehkäistessä kaatumisia ja sillä voidaan pienentää kaatumis- ja vammautumisariskä iäkkäillä. Voi olla, että molemmat, sekä kestävyysurheilu, että voima-nopeusurheilu ovat parantaneet tai ylläpitäneet urheilijoiden tasapainoa, eikä eroa ryhmien välille muodostu.

Tässä tutkimuksessa alaraajojen voimantuoton, reaktionopeuden tai lajitaustan yhteyksiä staattiseen tasapainoon ei tullut veteraaniyleisurheilijoilla esille. Voi olla, että dynaamisen tasapainon testi tai staattisen tasapainon testi yhdellä jalalla seisten olisi tuonut eritavalla esiin alaraajojen tehon merkityksen horjahdusliikkeen korjaamisessa. Kaikki yleisurheilulajit ovat asennon- ja tasapainon hallinnan kannalta sillä tavalla samankaltaisia, että niissä tasapainoalue sijaitsee kohtalaisen ennustettavasti liikkuvana jalkojen alla ja mahdollisesti kummankin lajiryhmän edustajien staattinen tasapaino on kehittynyt/pysynyt yllä samalla tavalla.

Tuloksia olisi ollut mielenkiintoista verrata myös verrokkiryhmään, johon olisi valittu tavallisia harjoittelemattomia henkilöitä. Esimerkiksi Matsudan ym. (2008) jalkapalloa ja koripalloa kontrolliryhmään vertailevassa tutkimuksessa koripalloilijoiden horisontaalista huojuntaa lukuun ottamatta sekä huojuntanopeus, että huojunta eri suuntiin olivat molemmilla ryhmillä vertailuryhmää pienempiä. Nagyn ym. (2004) triathlonistien tasapainoa palomiehiin vertailleen tutkimuksen mukaan huojunta oli triathlonisteilla pienempää sekä silmät kiinni, että auki ja silmät kiinni erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Vertailusta olisi saatu lisää tietoa myös yleensä ottaen yleisurheilun merkityksestä reaktionopeuteen, voimantuottoon ja tasapainoon. Masleyn ym. (2009) mukaan hyväkuntoiset ihmiset suoriutuvat paremmin kognitiivisissa testeissä ja aktiiviset ihmiset kärsivät vähemmän kognitiivisten toimintojensa laskusta vanhetessaan. Harjoittelemattomiin ihmisiin veteraaniurheilijoita verratessa olisi tämäkin mahdollisesti tullut esiin.

Lihaksiston voimantuottoteho laskee ikääntyessä nopeammin kuin maksimivoima ja sen on havaittu olevan luotettava vajaakuntoisuuden mittari ja toimintakyvyn ennustaja (Fielding ym. 2002). Shigematsun ym. (2006) tekemässä tutkimuksessa huonoimman polven ojennusvoiman sekä motorisen nopeuden omaava neljännes tutkimusjoukosta omaasi 4.7 kertaisen riskin murtumille, kuin parhaassa neljänneksessä olleet. Sayersin (2007) mukaan lihasten voimantuottoteho on tärkeässä roolissa ikääntyneiden tasapainon säilyttämisessä sekä horjahdusliikkeiden korjauksessa. Samoin Skeltonin ym. (2002) mukaan teho voi olla parempi tulevaisuuden kaatumisten ennustaja kuin voima. Alaraajojen teho myös vaikuttaa

iäkkäiden liikkumiskykyyn enemmän kuin voima etenkin niiden keskuudessa, joilla rajoitukset ovat suurimpia (Bean ym. 2007). Harjoittelun on osoitettu olevan tärkeässä osassa vaikuttaessa kaatumisen riskitekijöihin ja ennaltaehkäistessä kaatumisia ja sillä voidaan pienentää kaatumis- ja vammautumisriskiä iäkkäillä (Sturnieks ym 2009). Koska nopeusvoimalajien harrastajilla alaraajojen tehot olivat huomattavasti kestävyysurheilijoita suuremmat, voidaan aiempiin tutkimuksiin nojaten tällaista liikuntaa pitää kestävyysurheilua parempana iäkkäiden toimintakyvyn ylläpitämisen ja kaatumisriskin pienentämisen suhteen. Lisätutkimus olisi kuitenkin tarpeen tämän oletuksen varmistamiseksi.

Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot erosivat lajiryhmien välillä sekä miehillä että naisilla painon ja painoindeksin suhteen ja naisilla lisäksi pituuden suhteen. Sekä mies- että naiskestävyysurheilijat olivat kevyempiä kuin voima-nopeusurheilijat. Tämä oli odotettavissa huomioon ottaen lajien erilaiset luonteet. Harjoitteluhistoria ulottui miehillä keskimäärin 34 vuoden ja naisilla 17 vuoden taakse. Lajispesifin harjoittelun aikaa tutkimuksessa ei kuitenkaan kysytty. Sinällään mielenkiintoista oli, että miehillä harjoitusvuosia oli kertynyt 17.3 naisia enemmän, vaikka ikää oli keskimäärin enemmän vain 7.3 vuotta. Harjoitusmäärät viikossa olivat kaikissa ryhmissä hyvin lähellä toisiaan.

Veteraaniurheilijoiden tuloksia ei voi suoraan verrata tavalliseen väestöön. Harjoittelu on kuitenkin oletettavasti ollut intensiivistä ja jatkunut pitkään, joten heiltä voidaan saada tietoa pitkään jatkuneen ja intensiivisen harjoittelun vaikutuksesta tasapainoon, voimantuottoon ja reaktionopeuteen. Lisäksi heidät voidaan nähdä luonnollisena koeryhmänä erilaisia harjoittelumuotoja vertailtaessa. Veteraaniurheilijoita voidaan myös pitää tutkimusjoukkona, jossa passiivisesta elämäntyylistä johtuvia sekoittavia tekijöitä kuten sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia, diabetesta ja ylipainoa esiintyy vähemmän kuin muilla ikätovereillaan (Lazarus & Harridge 2007, Michaelis ym. 2008)

Tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää luotettavia ja helposti toistettavia mittauksia sekä etenkin alaraajojen tehon osalta samansuuntaisia tuloksia aiempien tutkimusten kanssa. Tutkimusjoukon koko voidaan nähdä sekä vahvuutena, että heikkoutena. Tutkimusjoukko oli

määrällisesti iso, mutta melko heterogeeninen. Tutkittavien ikäjakauma oli suuri ja lajikirjo sisälsi kaikki yleisurheilulajit kilpakävelystä, heittojen ja hyppyjen kautta otteluihin. Isommalla tutkimusjoukolla lajien väliset vertailut olisi voitu tehdä tarkempien lajimääritysten mukaan ja tulokset jakaa pienempiin ikäryhmiin. Toisena heikkoutena voidaan pitää harjoittelemattomista tavallisista ihmisistä koostuvan vertailuryhmän puutetta, joka olisi voinut tuoda lisäarvoa tutkimukselle.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pitkään jatkunut intensiivinen yleisurheilun nopeus- ja voimalajien harjoittelu vaikuttaa positiivisesti alaraajojen maksimaaliseen voimantuottoon ja saattaa johtaa parempaan yksinkertaiseen reaktionopeuteen verrattuna kestävyyslajien harjoitteluun. Veteraaniyleisurheilijoilla alaraajojen maksimiteholla tai lajitaustalla ei näyttäisi olevan yhteyttä staattiseen tasapainoon.

Koska nopeus-voimalajien harrastajilla alaraajojen tehot olivat huomattavasti kestävyysurheilijoita suuremmat, voidaan tähän ja aiempiin tutkimuksiin nojaten suositella tällaista liikuntaa iäkkäiden toimintakyvyn ylläpitämiseksi ja kaatumisriskin pienentämiseksi.

## LÄHTEET

Ahonen J. Kävelyn sovellettu biomekaniikka. Teoksessa: Ahonen J. (toim.) Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy, 2002:85-146.

Asseman FB, Caron O, Crémieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture* 2008; 27(1):76-81.

Bauer C, Gröger I, Rupprecht R, Meichtry A, Tibesku CO, Gaßmann K-G. Reliability analysis of time series force plate data of community dwelling older adults. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010; 51(3):100-5.

Bauer C, Gröger I, Rupprecht R, Gaßmann KG. Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89(10):1977-82.

Bean JF, Kiely DK, LaRose S, Alian J, Frontera WR. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adult? *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(5):604-9.

Bean JF, Kiely DK, Herman S, Leveille SG, Mizer K, Frontera WR, Fieldin RA. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *JAGS* 2002; 50(3):461-7.

Bear MB, Connors BW, Paradiso MA. *Neuroscience: Exploring the brain*, 3<sup>rd</sup> ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

Beatty J. *Principles of behavioral neuroscience*. Dubuque: Brown & Benchmark, 1995.



Borst SE. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people: Systematic review. *Age Ageing* 2004;33(6):548–55.

de Frias CM, Dixon RA, Fisher N, Camicioli R. Intraindividual variability in neurocognitive speed: a comparison of Parkinson's disease and normal older adults. *Neuropsychologia* 2007; 45(11):2499-507.

Deschenes MR. Effects of ageing on muscle fibre type and size: review article. *Sports Med* 2004;34(12):809-24.

Era P, Sainio P, Koskinen S, Ohlgren J, Härkänen T, Aromaa A. Psychomotor speed in a random sample of 7979 subjects aged 30 years and over. *Aging Clin Exp Res* 2011; 23(2):135-44.

Era P. Havaintomotoriikan ja kehon asennonhallintakyvyn muutokset vanhetessa ja liikunta. Teoksessa Era P. (toim.) Ikääntyminen ja liikunta. Jyväskylä: LIKES, 1997:49-62.

Era P, Jokela J, Heikkine E. Reaction and movement times in men of different ages: a population study. *Perceptual and motor skills* 1986; 63:111-30.

Era P, Heikkinen E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *J Gerontol* 1985;40(3):287-95.

Fielding RA, LeBrasseur N.K, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc* 2002;50(4):655–62.

Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, Pu CT, Hausdorff JM, Fielding RA, Singh MA. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55(4):192-9.

Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review [with consumer summary]. *JAT* 2012; 47(3):339-57.

Horak FB & MacPehrson JM. Postural orientation and equilibrium. Teoksessa Rowell LB, Shepherd JT (toim.) *Handbook of physiology, sec 12; Exercise: regulation and integration of multiple systems*. Oxford: American physiological society, 1996:255-92.

Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med* 2007; 37(6):547-56.

Huxham FE, Goldie PA, Patla AE. Theoretical considerations in balance assessment. *AJP* 2001; 47:89-100

Impivaara O, Åstrand, S 2005. Osteoporoosi. [www-dokumentti.] Päivitetty 18.7.2005 [viitattu 11.4.2012].[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=suo00027](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=suo00027)

Kalmijn S, vanBoxtel MPJ, Verchuren MWM, Jolles J, Leuner LJ. Cigarette smoking and alcohol consumption in relation to cognitive performance in middle age. *Am J Epidemiol* 2002; 156(10):936-44.

Kauranen K, Vuotikka P, Hakala M. Motor performance of the hand in patients with rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 2000; 59:812-6.

Korhonen MT. Effects of aging and training on sprint performance, muscle structure and contractile function in athletes. University of Jyväskylä. *Studies in sport, physical education and health* 2009;137.

Lazarus NR & Harridge SDR. Inherent ageing in humans: the case for studying master athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17(5):461-3.

Lephart, SM, Pincivero, DM, Rozzi, SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25(3):149–55.

Li X, Aruin AS. The effect of short-term changes in body mass distribution on feed-forward postural control. *J Electromyogr Kinesiol* 2009; 19(5):931-41.

Luoto S, Aalto H, Taimela S, Hurri H, Pyykkö I, Alaranta H. One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up. *Spine* 1998; 23(19):2081–9.

Magill RA. *Motor learning and control: concepts and applications*. Singapore: McGraw-Hill, 2011.

Mancini M & Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehab Med* 2010; 46(2): 239-48.

Masley S, Roetzheim R, Gualtieri T. Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. *J Clin Psychol Med Settings* 2009; 16(2):186-93.

Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J Sports Sci* 2008; 26(7):775-9.

McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2011; 25(2): 379-85.

Michaelis I, Kwiet A, Gast U, Boshof A, Antvorskos T, Jung T, Rittweger J, Felsenberg D. Decline of specific peak jumping power with age in master runners. *J Musculoscelet Neuronal Interact* 2008; 8(1):64-70.

Nagy E, Toth K, Janositz G, Kovacs G, Feher-Kiss A, Angyan L, Horvath G. Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92(4-5):407–13.

Ogaya S, Ikezoe T, Soda N, Ichihashi N. Effects of balance training using wobble boards in the elderly. *JSCR* 2011; 25(9): 2616-22.

Parkkari J, Kannus P, Palvanen M, Natri A, Vainio J, Aho H, Vuori I, Järvinen M. Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: a prospective controlled hip fracture study with 206 consecutive patients. *Calcif Tissue Int* 1999; 65(3):183–7.

Patel M, Fransson PA, Lush D, Gomez S. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. *Gait Posture* 2008; 28(4):649–56.

Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Bastos E, Gonzales-Badillo JJ, Marques MC. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol* 2012;47(8):250-5.

Pienimäki T, Kauranen K, Vanharanta H. Bilaterally decreased motor performance of arms in patients with chronic tennis elbow. *Arch Phys Med Reh* 1997; 78(10):1092-5.

Portegijs E, Sipilä S, Alen M, Kaprio J, Koskenvuo M, Tiainen K, Rantanen T. Leg extension power asymmetry and mobility limitation in healthy older women. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(9):1838-42.

Prochazka A. Proprioceptive feedback and movement regulation. Teoksessa Rowell LB, Shepherd JT (toim.) *Handbook of physiology, sec 12; Exercise: regulation and integration of multiple systems*. Oxford: American physiological society, 1996:89-127.

Ratcliff R & Van Dongen HPA. Diffusion model for one-choice reaction-time tasks and the cognitive effects of sleep deprivation. *PNAS* 2011; 108(27): 11285-90.

Rose DJ. Balance, posture and locomotion. Teoksessa Spirduso WW, Francis KL, MacRae PG. (toim.) Physical dimensions of aging, second ed. Champaign: Human kinetics, 2005:131-56.

Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, Jafari AH, Sanjari MA, Sohani SM, Parnianpour M. Test–retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait & Posture* 2009; 29(3):460–4.

Sandström M & Ahonen J. Liikkuva ihminen –aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Lahti: VK-Kustannus Oy, 2011.

Sayers S. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res* 2007; 21(2):518-26.

Shigematsu R, Rantanen T, Saari P, Sakari-Rantala R, Kauppinen M, Sipilä S, Heikkinen E. Motor speed and lower extremity strength as predictors of fall-related bone fractures in elderly individuals. *Aging Clin Exp Res* 2006; 18(4):320-4.

Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: Theory and practical applications. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.

Sihvonen S. Tasapaino ja mittaaminen. Luentomateriaali, Jyväskylän yliopisto, kevät 2011.

Sihvonen S. Postural balance and aging: Cross-sectional comparative studies and a balance training intervention. University of Jyväskylä. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 2004;101.

Simonen R. Determinants of adult psychomotor speed: a study of monozygotic twins. University of Jyväskylä. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 1997;47.

Sipilä S, Viitasalo J, Era P, Suominen H. Muscle strength in male athletes aged 70-81 years and population sample. *Eur J App Phys Occup Physiol* 1991;63(5):399-403.

Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing* 2002; 31(2):119-25.

Sowers MR, Crutchfield M, Richards K, Wilkin MK, Furniss A, Jannausch M, Zhang D, Gross M. *J Ger Med Sci* 2005;60A(4): 486–90.

Strang-Karlsson S, Andersson S, Paile-Hyvärinen M, Darby D, Hovi P, Räikkönen K, Pesonen A-K, Heinonen K, Järvenpää A-L, Eriksson JG, Kajantie E. Slower reaction times and impaired learning in young adults with birth weight <1500g. *Pediatrics* 2010; 125(1):74-83.

Sturnieks DL, Finch CF, Close JCT, Tiedemann A, Lord SR, Pascoe DA. Exercise for falls prevention in older people: Assessing the knowledge of exercise science students. *J Sci Med Sport* 2009; 18(1):1-6.

Woollacott MH & Tang P-F. Balance control during walking in the older adult: research and its implications. *Phys Ther* 1997; 77(6):646-60.