

<http://www.jyu.fi/library/tutkielmat/369/>

TASAPAINON JA HAVAINMOTORISEN NOPEUDEN MUUTOKSET
80-VUOTIAILLA JYVÄSKYLÄLÄISILLÄ NAISILLA JA MIEHILLÄ VIIDEN
VUODEN SEURANNASSA

Tuulikki Rönkä

Fysioterapian
pro gradu-tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteen laitos
Kevät 1997

TIIVISTELMÄ

Tuulikki Rönkä

Tasapainon ja havaintomotorisen nopeuden muutokset 80-vuotiailla jyvaskyläläisillä naisilla ja miehillä viiden vuoden seurannassa. Terveystieteen laitos, Jyväskylän yliopisto 1997, 47 s.

Tasapainon säilyttäminen ikääntyessä on liikkumisen ja omatoimisuuden perusta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 80-vuotiaiden naisten ja miesten tasapainon ja informaation prosessoinnin muutosta viiden vuoden aikana. Tutkimuksen kohteena oli vuonna 1910 syntyneet jyvaskyläläiset naiset (n=59) ja miehet (n=22), jotka osallistuivat Ikivihreät-projektiin vuosina 1990 ja 1995. Tasapainoa ja informaation prosessointia kuvaavina tekijöinä on käytetty silmät auki ja kiinni seistessä tapahtuvan huojunnan keskimääräistä nopeutta (mm/s) sekä yksinkertaista ja monivalintaista reaktio- ja liikeaika näkö- ja kuuloärsykkeelle (ms).

Huojuntanopeudet sekä reaktio- ja liikeajat olivat naisilla ja miehillä erilaiset 80-vuotiaana, mutta ei 85-vuotiaana. Naisten huojuntanopeudet olivat pienempiä, mutta reaktio- ja liikeajat pitempiä kuin samanikäisillä miehillä. Kuitenkin 80-vuotiaana, vain ensimmäiselle tutkimuskerralle osallistuneilla naisilla ja miehillä, reaktio- ja liikeajat olivat pitempiä ja miehillä lisäksi huojuntanopeudet silmät kiinni suurempia kuin niillä, naisilla ja miehillä, jotka olivat mukana myös 85-vuotiaana. Viiden vuoden seurannassa sivusuuntaisen huojuntanopeuden absoluuttinen ja prosentuaalinen muutos silmät auki oli naisilla suurempi kuin miehillä. Naisilla muutoksen keskiarvo oli 3,6 mm/s ja miehillä 1,0 mm/s ($p < 0,01$). Prosentuaalinen muutos oli vastaavasti 36,3% ja 11,7% ($p < 0,01$). Reaktio- ja liikeaikojen absoluuttiset ja prosentuaaliset muutokset olivat miehillä 2/3 osassa testeissä suurempia, mutta sukupuolten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen absoluuttinen ja prosentuaalinen muutos oli suurempi niillä naisilla ja miehillä, joilla oli pieni lähtötilanne näissä mittauksissa 80-vuotiaana.

Naisilla, joilla oli suuri absoluuttinen muutos monivalinta (valo) liikeajassa, oli silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden muutos pieni. Vastaavasti naisilla, joilla oli suuri suhteellinen muutos monivalinta (ääni) liikeajassa oli silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden muutos pieni. Selitysasteet olivat 16,5% ja 14,4%. Miehillä, joilla oli suuri suhteellinen muutos yksinkertaisessa liikeajassa, oli myös silmät kiinni sivusuuntaisen huojuntanopeuden muutos suuri, selitysaste oli 22,2%. Lisäksi miehillä, joilla oli 80-vuotiaana pieni huojuntanopeus, oli suuri muutos suhteellisessa huojuntanopeudessa, selitysaste oli 23,3 %.

Tulokset tukevat tasapainoon vaikuttavien tekijöiden tutkimista erikseen naisilla ja miehillä. Silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden suuri absoluuttinen ja prosentuaalinen muutos ikääntyessä näyttäisi olevan yhteydessä pystyasennon lisääntyneeseen epävakauteen. Aikaisimmissa poikkileikkaustutkimuksissa havaittua systemaattista positiivista korrelaatiota huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen välillä ei ollut tässä seurantatutkimuksessa.

Avainsanat: huojuntanopeus, liikeaika, reaktioaika, ikääntyminen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 TASAPAINO JA IKÄÄNTYMINEN	3
2.1 Vestibulaarinen järjestelmä	4
2.2 Visuaalinen järjestelmä	5
2.3 Somatosensorinen järjestelmä	6
2.4 Keskushermosto	7
2.5 Motorinen toiminta	8
3 INFORMAATION PROSESSOINTI JA IKÄÄNTYMINEN	12
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	15
5 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	16
5.1 Tutkimuksen kohdejoukko	16
5.2 Staattisen tasapainon mittaus, huojuntanopeus	18
5.3 Havaintomotorisen nopeuden mittaus, reaktio- ja liikeaika	20
5.4 Muutos huojuntanopeuksissa sekä reaktio- ja liikeajoissa	21
5.5 Aineiston tilastollinen käsittely	22
6 TULOKSET	23
7 POHDINTA	31
7.1 Tutkimukseen osallistuneet henkilöt ja tutkimusmenetelmä	31
7.2 Tulosten tarkastelu	32
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	36
LÄHTEET	37
LIITETAULUKOT	43

1. JOHDANTO

Suomessa ja muissa teollistuneissa maissa ikääntyneiden lonkkamurtumat, etenkin naisilla, ovat inhimillisesti ja taloudellisesti merkittävä kansanterveysongelma. 80-ikävuoteen mennessä joka viides, ja 90-ikävuoteen mennessä lähes joka toinen nainen on saanut lonkkamurtuman. Seurantatutkimukset ovat osoittaneet, että ennen murtumaa omatoimisista ikääntyneistä puolet jää osittain ja kolmannes täysin riippuvaisiksi ulkopuolisesta avusta (Kannus ym. 1996). Yli 90% lonkkamurtumista syntyy kaatumisen ja putoamisen seurauksena. Tapaturmissa potilas on tavallisesti kaatunut tai pudonnut kyljelleen ehtimättä hidastaa kaatumista esimerkiksi kädellä (Greenspan ym. 1994).

Ikääntyvän ihmisen tasapainon hallintaan vaikuttavat henkilön sisäiset ja ulkoiset tekijät, toimintaympäristö sekä tehtävän vaatimustaso. Tarkoituksenmukainen motorinen toiminta ja liikkuminen toteutuu keskus- ja ääreishermoston yhteistyönä. Jotta eri toiminnot onnistuisivat erilaisissa olosuhteissa, täytyy keskushermoston kyetä tunnistamaan ja erottamaan erilaisia aistimuksia, päättämään tilanteeseen sopivista toiminnoista ja toteuttamaan ne oikealla tavalla peräkkäin, oikein ajoitettuna ja koordinoituna (Schmid 1988). Tasapainon kannalta on tärkeää tietää kuinka ikääntyneet pystyvät käyttämään aistien välittämää tietoa erilaisessa ympäristössä, tilanteissa ja tehtävissä. Ikääntyessä tapahtuu määrällistä ja laadullista muutosta vestibulaarisessa, visuaalisessa ja somatosensorisessa järjestelmässä, sensorisen strategian muodostamisessa, keskus- ja ääreishermoston toiminnassa, informoinnin prosessoinnissa, lihas-tukiranka- rakenteessa ja asennonhallinnan strategioissa. Nämä kaikki tekijät heikentävät ikääntyvän mahdollisuutta tasapainonsa hallintaan. Kunkin aistin tai tekijän merkitys tasapainoon vaihtelee yksilötasolla (Woollacott 1993, Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

Fysioterapiassa ikääntyneiden ja pitkäaikaissairaiden tasapainon arviointi ja terapiamenetelmiä tulee edelleen kehittää neurologian, biomekaniikan ja kognitiivisen psykologian uusimpien tutkimustulosten perusteella. WHO:n mallin mukaisesti fysioterapiassa tulisi huomioida ikääntynyt moniulotteisesti ja usealla toimintatasolla, sairaus, vaurio, vajaatoiminta ja vajaakuntoisuus ovat myös tasapainon kannalta tärkeitä (Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

Tasapainoon vaikuttavista tekijöistä ikääntyessä on paljon poikkileikkaustutkimuksia, joiden perusteella informaation prosessoinnin hidastuminen saattaisi olla tekijä, joka aiheuttaa tasapainon heikentymistä ikääntyvällä (Lord ym. 1991, Worringham 1985, Teasdale ym. 1991). Seurantatutkimuksia ei tiettävästi ole aikaisemmin tehty.

Toimintakyky on vuonna 1985 käynnistyneen Ikivihreät -projektin avainkäsite. Projektin tavoitteena on Jyväskylän eläkeikäisen väestön fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen toimintakyvyn ja terveyden kuvaaminen sekä ylläpitäminen ja edistäminen. Tutkimuksessa on käytetty vuonna 1910 syntyneiden naisten ja miesten tutkimusaineistoa.

2. TASAPAINO JA IKÄÄNTYMINEN

Ihmisellä on kyky kontrolloida asentoa ja liikkeitään suhteessa ympäristöön. Asennon hallinnan edellytyksenä on, että vartalon painopisteen luotisuora pysyy lähellä seisomatukipinnan keskipistettä. Ilman tukea seisossa vartalon huojuntaa aiheuttaa massakeskipisteen muutos painovoimaa vastaan. Huojunta on stabiliteettirajojen sisäpuolella, kun henkilön ei tarvitse muuttaa tukipintaansa. Stabiliteettirajoihin vaikuttavat henkilön biomekaaniset tekijät, tukipinnan ominaisuudet ja tehtävän vaativuus. Voimalevyllä seisottaessa vartalon massakeskipisteen sijainnin ja muutoksen avulla voidaan arvioida henkilön tasapainon vakautta (Horak 1987, Alexander 1994).

Ihmisen sensorinen järjestelmä prosessoi aistinelimistä tulevaa tietoa, joka kertoo vartalon asennosta ympäristössä. Staattisen seisoma-asennon hallintaan käytetään ensisijaisesti somatosensorista palautejärjestelmää, dynaamisen liikkeen hallinta vaatii myös visuaalista ja vestibulaarista kontrollia (Horak 1987, Daleiden 1990).

Vestibulaarisen, visuaalisen, somatosensorisen järjestelmän tieto integroidaan ja valikoidaan keskushermostossa. Tältä pohjalta aktivoidaan lihakset ja lihasryhmät asennon ylläpitoa ja liikettä varten. Tämä vaatii toimivaa neurologista ja lihas-tukirankarakennetta. Useimmiten yksittäisen aistin heikkeneminen voidaan korvata muista aistinelimistä tulevilla tiedoilla. Kunkin aistin suhteellinen merkitys yksilön tasapainolle vaihtelee (Woollacott 1993, Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

Tasapainoa ohjataan tilannekohtaisesti tai ennakoivasti. Staattisessa seisoma-asennossa huojuntaa säädellään jatkuvasti sensorisen informaation avulla. Pystyasennon vakaus palautetaan painopisteen siirtyessä tietoisesti tai tiedostamattomasti. Tilanne on dynaamisempi, kun seisoma-asentoa häiritään äkillisesti ulkoapäin, esimerkiksi tukipintaa liikuttamalla. Ennakoivassa suorituksessa painopisteen siirtyminen stabiliteettirajojen ulkopuolelle pyritään estämään etukäteen. Henkilö voi lisätä asennon vakautta posturaalisten lihasten aktivaatiolla, painopisteen alentamisella tai tukipinnan laajentamisella (Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

2.1. Vestibulaarinen järjestelmä

Tasapainon kannalta vestibulaarisen järjestelmän tärkein tehtävä on pitää pää ja niska pystyasennossa. Säättely välittyy vestibulo-okulaari- ja vestibulospinaalirefleksien kautta. Näköaistin välittämät okulomotoriset refleksit ovat yhteistyössä vestibulo-okulaarirefleksin (VOR) kanssa, jotta näkökenttä pysyy vakaana ja orientaatio säilyy. Vestibulo-okulaari refleksi (VOR) stabiloi katseen aikaansaamalla silmien liikkeen vastakkaiseen suuntaan pään liikkeessa, silmät pysyvät keskiviivassa. Se toimii yhteistyössä muiden silmän liikkeitä säätelevien systeemien kanssa. VOR:n viive on huomattavasti lyhyempi kuin muiden tasapainoon vaikuttavien refleksien (10-14 ms). Vestibulospinaalirefleksin (VSR) päätehtävä on pitää pää ja keho vakaina. Tehtävä on monimutkaisempi kuin vestibulo-okulaarirefleksin, koska VSR vaikuttaa useisiin niveliin ja lihaksiin (Leibowitz ja Shupert 1985, Palo ym. 1985, Stelmach ja Worringham 1985, Korhonen ja Jauhiainen 1990, Hirvonen 1996).

Ikääntymiseen liittyvistä muutoksista vestibulaarisessa järjestelmässä ei ole laajalti tutkittu. Yli 60-vuotiailla degeneratiivisia muutoksia on kuitenkin havaittu vestibulaarijärjestelmässä sekä informaation hyödyntämisessä (Stelmach ja Worringham 1985, Cech ja Martin 1995). Norrè ym. (1987) tutkivat vestibulaarisysteemin toimintahäiriön aiheuttamaa tasapainon epävakautta eri ikäisille potilaille. Tutkimuksessa 57 % henkilöistä pystyi kompensoimaan vestibulo-okulaarirefleksin häiriön keskushermostossa. Ikääntyneiden, yli 60-vuotiaiden, ryhmä ei poikennut merkittävästi muista. Vestibulospinaalirefleksin kompensointi ei ollut ikääntyneillä kuitenkaan riittävän tehokasta. Tämä näkyi lisääntyneenä huojuntana useamman potilaan kohdalla kuin muissa ikäryhmissä. Ikääntymisen myötä potilaille korostui näön merkitys tasapainon ylläpidossa. Stelmach ja Worringham (1995) arvelevat vestibulaarisen järjestelmän olevan yhteydessä tasapainon säätelyyn etenkin visuaalisen ja somatosensorisen informaation ristiriitatilanteissa.

2.2. Visuaalinen järjestelmä

Näköaisti on tärkeä, muttei välttämätön tekijä tasapainon kannalta. Näköaisti reagoi esineen liikkeeseen verkkokalvolla ja kehon omaan liikkeeseen. Perifeerinen näkö ohjaa karkeasti tasapainoa, tarkan näkemisen alue on keltatäplän keskikohdassa olevassa verkkokalvon keskikuopassa eli foveassa (Nienstedt ym. 1984). Yli viiden metrin kohde-ettäisyydellä ja silmät kiinni näön stabilisoiva vaikutus vähenee ja katoaa aiheuttaen kehon huojunnan lisääntymistä. Ikääntyneillä näön merkitys tasapainon säätelyssä on korostunut, se ei kuitenkaan yksinään riitä estämään kaatumista, koska näköaisti on hidas verrattuna vestibulaariperäiseen aistimiseen (Pyykkö ym. 1990, Jäntti 1993). Näöllä näyttäisi olevan suurempi merkitys dynaamisessa kuin staattisessa pystyasennossa (Quoniam ym. 1995).

Ikääntyneen henkilön visuaalisen informaation heikentyminen saattaa olla seurausta näön tarkkuuden heikkenemisestä, näkökentän puutoksista, silmien lisääntyneestä valon arkuudesta ja syvyysnäön alentumisesta. Heikentynyt tai puutteellinen aistiminen aiheuttaa myös informaation prosessoinnin hidastumista keskushermostossa (Stelmach ja Worringham 1985). Heikko näöntarkkuus ja kykenemättömyys katseen fiksointiin on Pyykön (1993) tutkimuksessa ollut suurempaa ikääntyneillä, jotka ovat kaatuneet. Brownlee ym. (1989) mielestä kaatuneiden proprioseptinen palautejärjestelmä oli huonontunut ja ikääntyneet luottivat liikaa näköaistiinsa tasapainoa ylläpidettäessä. Pyykkö ym. (1990) ovat tutkineet yli 85-vuotiaitten tasapainoa ja todenneet, että näön merkitys ikääntyneillä seisoma-asennon vakaudessa on 50 %. Näön heikentyminen tulee esille tasapaino- ja liikehäiriönä, jos muissa aisteissa on heikkoutta (Hytönen ym. 1993, Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

2.3. Somatosensorinen järjestelmä

Proprioseptiikan antamaa tietoa käytetään asennon muutoksissa, epätasaisessa ympäristössä liikuttaessa ja kun muissa aistinelimissä on heikkoutta. Reseptorit sijaitsevat lihaksissa, jänteissä ja nivelissä, niiden avulla aistitaan kehon asentoa ja kehon osien keskinäistä liikettä. Lihassukkuloiden venytys saa aikaan monosynaptisen agonistilihaksen aktivaation ja antagonistilihaksen inhibiition, lisäksi informaatio välitetään keskushermostoon. Golgin laitteet jänteissä puolestaan aktivoivat antagonistilihakset ja inhiboivat agonistilihakset estäen liiallisen venytyksen (Nienstedt ym. 1984, Enoka 1994). Ekteroseptiikka eli ihon ja ihonalaisen kudoksen presso- ja mekanoreseptorit välittävät myös palautetta kehon asennosta (Shumway-Cook ja Woollacott 1995).

Liikkuvan alustan kallistus taaksepäin aiheuttaa eteenpäin suuntautuvan huojunnan, lihaksista gastrocnemus aktivoituu ensin ja 20-40 millisekunnin kuluttua hamstring- lihakset. Vastaavasti alustan kallistus eteenpäin aiheuttaa taakse suuntautuneen huojunnan, jolloin tibialis anterior ja guadriceps lihakset aktivoituvat (Woollacott 1993). Tasapainon epävakauden lisääntyminen ikääntyessä on liitetty proprioseptoreiden ja lihasspindelien venytysreflekin toiminnan heikentymiseen sekä heikentyneeseen passiivisen nivelliikkeen havaitsemiseen etenkin nilkan, mutta myös polven ja lonkan alueella. Myös jalkapohjien pressoreseptoreiden toiminnan on todettu heikkenevän hyvin ikääntyneillä. Ikääntyvät ovat epäedullisessa asemassa tasapainon säätelyssä joutuessaan luottamaan somatosensorisen järjestelmän toimintaan (Stelmach ym. 1985, Pyykkö ym. 1990, Jäntti 1993).

Hytönen ym. (1993) ei havainnut eri ikäryhmillä eroja silmät kiinni huojuntanopeuksissa proprioseptoreiden toimintaa häiritäessä vibraation avulla, mutta 76-90-vuotiaat näyttivät reagoivan vähemmän 80Hz vibraatiohäirintään. Pyykön ym. (1990) tutkimuksessa havaittiin, että lihasspindelien häirintä vibraation avulla ja/tai pressoresptoreiden häiritseminen pehmeällä alustalla eivät lisänneet ikääntyneillä merkittävästi tasapainon epävakautta, mutta he erosivat 50-60-vuotiaiden

kontrolliryhmästä tilastollisesti merkitsevästi. Hytösen ym.(1993) mukaan pressoreseptoreiden häirinnän aiheuttama huojunta pehmeällä alustalla on u-kirjaimen muotoinen, keski-ikäisillä häirintä aiheuttaa vähiten huojuntanopeuden lisääntymistä, lapsilla ja ikääntyneillä lisääntyminen on suurinta.

2.4. Keskushermosto

Vestibulaariset, somatosensoriset ja visuaaliset viestit organisoituvat sensoriseksi strategiaksi. Tehtävän ja ympäristön mukaan aistinelinten välittämästä tiedosta valitaan eri kombinaatioita pystyasennon hallintaan. Sensoriset strategiat, jota ikääntyneet käyttävät voi olla visuaalisesti tai proprioseptisesti suuntautuneita. Tasapainon hallinnan kannalta on tärkeää selvittää kuinka ikääntyneet pystyvät käyttämään muiden aistien välittämää tietoa hyödykseen sisäisessä sensorisen palautteen ristiriitatilanteessa. Ikääntyneiden huojunnan on todettu lisääntyvän merkittävästi verrattuna nuoriin, jos sensorinen informaatio on epätarkkaa tai vähentynyttä (Wollacott ym. 1986).

Lord ym. (1991) suoritti visuaaliseen, vestibulaariseen, somatosensoriseen ja tasapainoon liittyvän kokeen 95 henkilölle, joiden keski-ikä on 82,7 vuotta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sensomotoristen toimintojen suhde posturaalisessa tasapainossa. Tulokset viittaavat siihen, että heikentynyt tuntoaisti, jalkojen lihasten heikkous ja alentunut reaktionopeus ovat kaikki tärkeitä tekijöitä posturaalisen tasapainon heikentymisessä. Tutkimuksen mukaan seisoma-asennon vakauden säilyttämisessä näön osuus on 21%, perifeerisen aistiminen 56% ja vestibulaarinen aistiminen 22%. Kun koehenkilöt seisoivat kovalla alustalla, kehon lisääntynyt huojunta liitettiin heikkoon kosketustuntoon ja nivelasentojen aistimiseen. Kun koehenkilöt seisoivat silmät auki joustavalla alustalla, joka heikensi perifeeristä tuntemusta, lisääntynyt kehon huojunta liitettiin heikkoon visuaaliseen tarkkuuteen ja kontrastien aistimiseen, nilkan dorsifleksoreiden heikkouteen sekä heikentyneeseen nivelasennon ja värinän aistimisen. Kun silmät olivat kiinni lisääntynyt kehon huojunta joustavalla alustalla liitettiin heikkoon kosketustuntoon, alentuneeseen reisilihaksen ja nilkan

dorsifleksoreiden lihasvoimaan sekä lisääntyneeseen reaktioaikaan. Vestibulaaristen toimintojen heikkeneminen oli yleistä ikääntyneillä, mutta huojuntaa ei liitetty vestibulaariseen toimintaan merkittävästi.

Sensorisen ja motorisen informaation integratio tapahtuu useilla tasoilla aivoissa. Hermointegraatiota tapahtuu pikkuaivo-, ydinjatkos-, ja väliaivotasolla sekä aivokuorella. Kortikospinaalirata on lähtöisin motoriselta aivokuorelta ja säätelee vastakkaisen puolen raajan tahdonalaisia liikkeitä. Isojen aivojen kuorikerros päättää liikkeistä ja kontrolloi niitä. Tahdonalaisuus ja muisti kuuluvat myös sen tehtäviin. Pikkuaivot kontrolloivat proksimaalisia ja distaalisia lihaksia saaden sensorista palautetta, joka on yhteydessä aiotun liikkeen hienosäätöön (Palo ym. 1985, Sieb 1989). Koska tasapaino-säätelyyn osallistuvat yhteydet ovat moninaiset, lähes kaikki ikääntyneiden keskushermoston ongelmat voivat aiheuttaa tasapainon häiriöitä.

2.5. Motorinen toiminta

Ikääntyminen aiheuttaa rakenteellisia ja toiminnallisia muutoksia hermo- lihasjärjestelmässä. Erityisesti iäkkäiden naisten alaraajojen ojentajalihasten poikkipinta-ala pienenee, jolloin maksimaalinen voimantuotto alenee. Räjähävä, nopea voimantuotto saattaa iäkkäillä naisilla alentua enemmän kuin maksimaalinen voimantuotto. Ikääntymiseen liittyvä lihasatrofia on mahdollisesti suurempaa nopeissa kuin hitaissa lihassoluissa (Häkkinen ja Häkkinen 1991). Kaatuneilla ikääntyneillä on havaittu heikommat nilkan lihakset kuin samanikäisillä ei kaatuneilla henkilöillä. Nilkan dorsifleksoreiden voima oli 14 % ei kaatuneiden voimasta (Whippel ym. 1987).

Ikääntyessä lihasten hermostollinen säätely hidastuu. Alaraajojen lihasten aktivoituminen on hitaampaa nuoriin aikuisiin verrattuna, etenkin tibialis anterior lihaksistossa. Tämä ilmenee tilannekohtaisessa ja ennakoivassa tasapainon säätelyssä sekä asentoa ylläpitävissä ja liikettä aikaan saavissa lihaksissa (Woollacott ja Shumway-Cook 1986, Inglin ja Woollacott 1988, Keshner ym. 1993, Woollacott 1993,

Woollacott ja Shumway-Cook 1996). Ikääntyneillä alaraajojen lihasten aktivoitumisjärjestys voi olla päinvastainen verrattuna nuoriin. Tällöin alaraajojen proksimaaliset lihakset aktivoituvat ennen distaalisia (Woollacott ym. 1986). Kesnhner ym. (1993) mielestä ikääntyvillä niskalihasten aktivaatio lisääntyy kompensationsa jäykälle tukirangalle.

Woollacott ja Schumway-Cook (1990) tutkivat tasapainoa lihasten aktivoitumisen, sensorisen palautteen ja sekä tuki- ja liikuntaelimistön muutoksen kautta. Tutkimukseen osallistui 12 (61-78 v.) ikääntynyttä ja 14 (19-38 v.) nuorta. Lihasten aktivoitumisjärjestystä mitattiin EMG:n avulla, kun alustaa liikutettiin. Sensorisen palautteen merkitystä asennon hallinnassa mitattiin kuudessa eri tilanteessa. Testiin osallistujat pystyivät parhaiten hallitsemaan tasapainonsa, kun he saivat hyödyntää kahta sensorista palautejärjestelmää. Ikääntyneiden asentohuojunta lisääntyi ja aiheutti tasapainon menetyksen, kun tasapainoa säädeltiin vain vestibulaarijärjestelmän avulla. Tasapainoa horjutettaessa taaksepäin, todettiin iäkkäimmillä suurempi viive tibialis anterior lihaksen aktivoitumisessa. Koska asennon hallinta edellyttää nopeaa ja ennakoivaa lihasten reagoitua, vaikeuttaa nilkan hidastunut voimantuotto tasapainon ylläpitämistä. Nilkan työskentelyä vaikeuttaa myös sensorisen palautteen heikkeneminen. Osittain näistä syistä iäkkäät ihmiset pyrkivät turvaamaan stabiliteetin alustaan jännittämällä yhtä aikaa agonisti ja antagonistit. Lisäksi vanhemmat henkilöt kompensoivat herkemmin heikentyntä tasapainoa kyykistymällä alaraajoista, pudottaen painopistettään lähemmäksi tukipintaa.

Day ym. (1993) on tutkinut 29-63-vuotiailla miehillä voimalevyn ja vartalon eri alueelle sijoitetun kahdeksan merkkipisteen avulla seisomaleveyden ja näön vaikutusta kehon liikkeisiin. Tutkimuksen mukaan kehon huojunta lisääntyi koehenkilöiden pitäessä silmät kiinni sekä käytössä olevan tukipinnan kaventuessa (16-0 cm). Näön käyttö vähensi kehon huojuntaa tehokkaammin, kun alaraajat olivat lähellä toisiaan. Seisomaleveys vaikutti enemmän sivusuuntaiseen kuin eteen-taakse suuntaiseen huojuntanopeuteen. Eteen-taakse ja sivusuunnassa, jossa jalkojen välinen etäisyys oli yli 8 cm, suurin huojunta tapahtuu vartalon alueelta. Liike nilkanivelestä on hallitsevaa vain kun alaraajat ovat lähellä, alle 8 cm, toisiaan. Dayn ym. pitävät ylösalaisin olevaa

heilurimallia kehon huojuntaa kuvaavana tekijänä epätäydellisenä, koska mallissa pääasiallisen liikkeen eteen-taaksesuunnassa oletetaan tapahtuvan nilkanivelestä. Eteen-taakse suuntainen liike pystytään toteuttamaan erikseen nilkan, polven ja lonkan alueelta. Sivusuuntaisessa liikkeessä näiden kolmen nivelen on toimittava yhteistyössä, jonkin nivelen liike saa aikaan liikkeen myös muissa nivelissä. Tukipinnan laajentuessa sivusuuntaista liikettä kontrolloivat nilkan eversion ja inversion aikaansaavat lihakset saavat vahvistusta lonkan alueen abduktoreista ja adduktoreista. Yhteistoiminta vähentää kehon huojuntaa sivusuunnassa, koska sivusuuntaisen huojunnan havaitseminen parantuu. Samaan aikaan visuaalisen ja vestibulaarisen järjestelmän suhteellinen merkitys aistipalautteessa pienenee. Tämän takia visuaalinen järjestelmä ei ole niin tehokas vähentämään sivusuuntaista huojuntanopeutta, kun seisomalevyys on suuri.

Nuorilla ja aikuisilla on mahdollisuus käyttää kolmea asennonhallintastrategiaa tasapainon ylläpitämisessä. Nilkkastrategiaa käytetään, kun kehon huojunta on pientä ja tukipinta suuri. Esimerkiksi nuori aikuinen tai terve ikääntynyt kompensoi taaksepäin suuntautunutta huojuntaa tibialis anterior-, quadriceps- ja abdominal- lihasten aktivoitumisella, jotka tapahtuvat 80, 100 ja 129 millisekunnin kuluttua. Lihasten aktivoituminen on hitaampaa terveillä ikääntyneillä kuin nuorilla. Tasapainovaikeuksista kärsivien ikääntyneiden lihasten aktivoituminen on kaikkein hitainta (Woollacott ym. 1986, Woollacott ja Shumway-Cook 1996). Lonkkastrategiaa käytetään kompensoimaan suurta huojuntaa tai nopeassa tasapainon häiriötilanteessa, jotka kuitenkin ovat vielä stabiliteettirajojen sisäpuolella tai kapealla tukipinnalla, jolloin nilkan lihasvoimat eivät riitä kompensoimaan huojuntaa. Taaksepäin suuntautunutta huojuntaa kompensoidaan taivuttamalla vartaloa eteenpäin lonkista aktivoimalla abdominal- ja quadricepslihakset (Horak ja Nashner 1986, Woollacott ja Shumway-Cook 1996). Viimeisenä tasapainon hallintakeinona on askeltamisstrategia, jota käytetään, kun tasapainon häiriö ylittää ikääntyneen stabiliteettialueen rajat (Shumway-Cook ja Woollacott 1995).

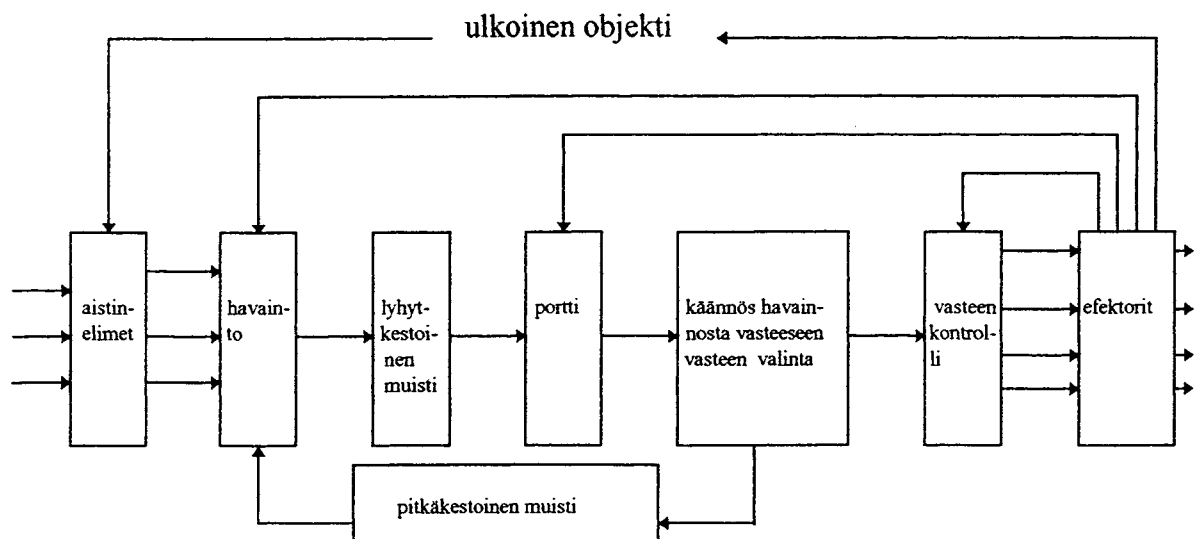
Ikääntyneet käyttävät nuoriin aikuisiin verrattuna enemmän lonkkastrategiaa, syynä tähän saattaa olla alentunut lihasvoima, tunto ja liikkuvuus nilkkojen alueella (Manchester ym. 1989). Huojuntaliike nilkoista korvataan lonkista lähtevällä, koska lihakset tällä alueella ovat vahvemmat ja liikkuvuus helpommin havaittavissa (Woollacott

lihakset tällä alueella ovat vahvemmat ja liikkuvuus helpommin havaittavissa (Woollacott ja Shumway-Cook 1996).

Asentohuojunnan on yleisesti todettu lisääntyvän iän myötä (Era ym. 1986, Berg 1989, Pyykkö 1990, Hytönen ym. 1993, Dicstein ja Dvir 1993). Hytönen ym. (1993) tutkimuksessa havaitaan huojuntanopeuden ja ikääntymisen välisen yhteyden olevan u-kirjaimen muotoinen, lasten ja vanhusten huojuntanopeudet ovat suurimmat. Vakain asento on noin 50-vuoden iässä. Maki ym. (1990) havaitsi tutkimuksessaan, että staattisen seisoma-asennon huojuntanopeus oli merkittävästi suurempi niillä ikääntyneillä, jotka olivat kaatuneet vuoden aikana verrattuna samanikäisiin ei kaatuneisiin. Eräissä tutkimuksissa sivusuuntaisen huojunnan lisääntyminen on todettu osoittavan pystyasennon epävarmuutta (Shumway-Cook ym. 1986, Dicstein ja Dvir 1993). Kuitenkin itsenäisillä aktiivisilla ikääntyneillä, jotka eivät ole kaatuneet asentohuojunnan on todettu olevan samanlaista kuin nuoremmissä ikäryhmissä (Dicstein ja Dvir 1993, Carr ym. 1985). Useimmissa tutkimuksissa miesten huojunta ja huojuntanopeus on havaittu suuremmaksi kuin saman ikäisillä naisilla (Palovaara ym. 1992, Maki ym 1990, Pyykkö ym. 1990).

3. INFORMAATION PROSESSOINTI JA IKÄÄNTYMINEN

Tarkoituksenmukainen motorinen toiminta ja liikkuminen toteutuu keskushermoston ja ääreishermoston yhteistyönä. Jotta erilaiset toiminnot onnistuisivat hyvin erilaisissa olosuhteissa, täytyy keskushermoston kyetä tunnistamaan ja erottamaan erilaisia tuntoaistimuksia, päättämään tilanteeseen sopivista toiminnoista ja toteuttamaan ne oikealla tavalla peräkkäin, oikein ajoitettuna ja koordinoituna. Tätä kaikkea kutsutaan informaation prosessoinniksi. Ns. Schmidt'n mallissa informoinnin prosessointi jaetaan seuraaviin osa-alueisiin: 1) signaalin tunnistaminen 2) vasteen valinta 3) vasteen ohjelmointi. Signaalin tunnistaminen sisältää ympäristön ärsykkeiden aistimisen, koodaamisen ja tajuamisen. Reaktioaikaan vaikuttavat stimuluksen selkeys, intensiteetti ja monimutkaisuus. Vasteen valinta on informaation prosessoinnin alue, jossa päätetään millainen motorisen vasteen pitää olla. Reaktioaika ja vaihtoehtojen lukumäärän logaritmi ovat lineaarisessa suhteessa toisiinsa nähden. Vasteen ohjelmoinnissa suunnitellaan ja ohjelmoidaan toiminta tai liike (Schmidt 1988).



Kuva 1. Informoinnin prosessointi havaintomotorisen järjestelmän avulla (Welford 1984).

Light ym. (1990) ovat tutkineet informaation prosessointia motorisessa suorituksessa ikääntyneillä. Tutkimuskohteena olivat nuoret, keski-ikäiset ja seniori-ikäiset aikuiset. Koehenkilöt suorittivat neljää käsiliikettä. Oikean käden etusormen fleksio ja pinsettiote sekä samat liikkeet bilateraalisesti. Senioriryhmässä reaktioajat olivat pitempiä merkittävästi kaikissa neljässä liikkeessä. Iäkkäämmät henkilöt tarvitsivat enemmän aikaa sopeutua tehtävien vaatimiin muutoksiin.

Canavanin ym. (1993) tutkimuksessa todettiin iäkkäiden kognitiivisten toimintojen olevan hitaampaa kuin nuorilla, etenkin uusissa ja vaihtelevissa tehtävissä iäkkäiden reaktioajat kasvoivat. Era ym. (1986) on havainnut myös positiivista korrelaatiota reaktioaikatestien ja huojunnan sekä kognitiivisten toimintojen välillä etenkin 51-55 ja 71-75 vuotiailla miehillä. Stelmachin (1989) mukaan iäkkäämmät henkilöt ovat epäedullisemmassa asemassa verrattuna nuorempiin kun asennonhallinta tapahtuu korkeampien ja hitaampien sensorisia ärsykeitä integroivien järjestelmien kautta. Lisäksi iäkkäät havaitsevat asennon häirinnän nuoria hitaammin.

Palovaara ym. (1992) havaitsivat 75-vuotiaiden naisten ja miesten välillä eroa tasapainoon vaikuttavissa tekijöissä. Miehillä silmien ollessa auki painoutuivat psykomotorinen nopeus, lihasvoima ja keskeisnäön vaikutus. Silmät kiinni perifeerisen tuntoaistin ja lihasten koordinaation merkitys kasvoi. Naisilla lihasvoima oli yhteydessä tasapainoon, tilanteen vaikeutuessa tärkeitä tekijöitä olivat myös psykomotorinen nopeus ja perifeerinen tuntoaisti.

Era ym. (1996) monikansallisessa tutkimuksessa on havainnut merkittävää positiivista korrelaatiota 75-vuotiailla naisilla ja miehillä psykomotorisen nopeuden ja tasapainotestien välillä. Tasapainotesteissä huonosti menestyneet olivat myös hitaita reaktio- ja liikeaikatesteissä. Molemmilla sukupuolilla monivalintatehtävässä liikeaika ja yksinkertaisessa tehtävässä reaktioaika valoärsykkeelle olivat useimmiten yhteydessä tasapainotestien tuloksiin. Tutkimuksessa normaalissa seisoma-asennossa silmät auki suurta huojuntaa ja huojuntanopeutta selittivät miehillä huono alaraajojen vibraatiotuntoherkkyys ja käden puristusvoima sekä suuri pituus. Vastaavasti naisilla selittävinä tekijöinä olivat alhainen ruumiinpaino ja vartalon ojennusvoima, suuri pituus

sekä hidas liikeaika psykomotorisissa testeissä. Näiden tekijöiden avulla pystyttiin selittämään huojuntaa ja huojuntanopeutta silmät auki 13% miehillä ja 11% naisilla, silmien ollessa kiinni vibraatiotuntoherkkyys ja vartalonojennusvoima selittivät miehillä 11% ja naisilla vartalon ojennusvoima 3 %.

Lord ym. (1991) osoittivat, että lisääntynyt reaktioaika oli yksi tärkeimmistä tekijöistä, mikä liitettiin pysytasennon epävakauteen 59-97-vuotiailla henkilöillä. Stelmach ja Worryngham (1985) ja Teasdale ym. (1991) olettavat, että hidas keskushermoston prosessointi voisi vaikeuttaa ikääntyneillä tasapainon ylläpitoa.

Ikääntyessä erilaisissa psykomotorisissa testeissä, jotka kuvaavat informaation prosessointia, tapahtuu hidastumista etenkin tehtävien vaikeutuessa sekä nopeutta ja tarkkuutta vaativissa tilanteissa. Miehet ovat yleensä naisia nopeampia. Liikunnallisesti aktiiviset ja objektiivisesti terveet ikääntyneet menestyvät paremmin kuin inaktiiviset ja heikossa terveydentilassa olevat. (Gottsdanker 1982, Milligan ym. 1984, Stelmach 1985, Era ym. 1986, Inglin ja Woollacott 1988, Palovaara ym. 1992, Fozard ym. 1994, Earles ja Salthouse 1995.) Hodgkingin (1962) tutkimuksessa reaktio- ja liikeaikatesteissä 12-vuotiaasta 54-vuotiaaksi miehet olivat naisia huomattavasti nopeampia, vanhemmissa ikäryhmissä 55-69- ja 70-84-vuotiailla naisilla ja miehillä ei ollut merkitseviä eroja reaktio- ja liikenopeuksissa. Reaktioajat olivat nopeimmillaan molemmilla sukupuolilla 18-21-vuotiaana ja liikeajat 15-17-vuotiaana. Reaktioajat alkoivat hidastua miehillä hieman aikaisemmin kuin naisilla, vastaavasti liikeajat hidastuvat naisilla aikaisemmin kuin miehillä. Fozard ym. (1994) tutkimuksessa naisten ja miesten välinen ero reaktioajoissa lisääntyi ikääntyessä.

Tasapainoa kuvaavan huojuntanopeuden sekä informaation prosessointia kuvaavan reaktio- ja liikeaikojen tutkimukset ovat olleet pääasiassa poikkileikkaustutkimuksia.

4. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Seurantatutkimuksen tarkoituksena oli saada selville miten 80-vuotiaiden jyvaskyläläisten naisten ja miesten tasapaino ja informaation prosessointi muuttuivat havaintomotoristen järjestelmien eri osioiden osalta viiden vuoden aikana. Havaintomotorisista järjestelmistä keskitytään etenkin aistinelinten toimintaan.

Tutkimusongelmat:

1. Eroavatko naiset ja miehet huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen suhteen 80- ja 85-vuotiaana sekä viiden vuoden aikana tapahtuvien absoluuttisten ja suhteellisten muutoksien suhteen ?
2. Onko 80-vuotiaan iässä mitatuilla huojuntanopeuden sekä reaktio- ja liikeaikojen mittauksilla yhteyttä viiden vuoden kuluessa tapahtuviin absoluuttisiin ja suhteellisiin muutoksiin?

5. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

5.1. Tutkimuksen kohdejoukko

Tutkimus liittyy Jyväskylässä meneillään olevaan Ikivihreät-projektiin, jonka osana keväällä 1990 suoritettiin 80-vuotiaiden terveys- ja toimintakykytutkimus. Tutkimukseen sisältyi tutkittavien kotona tehty haastattelu ja laboratoriomittaukset.

Laboratoriomittaukset tehtiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveyslaboratoriossa.

Niihin kuuluivat lääkärintarkastus, kuulon ja näön tutkimus, fyysisen kunnon ja lihasvoiman mittaukset, verinäytteestä tehtyjä määriä ja kehon rakenteen mittauksia, psykologin tutkimukset sekä tasapainon ja havaintomotorisen toimintojen mittaus (Heikkinen ja Suutama 1992).

I VAIHE

TUTKIMUKSEEN OSALLISTUVIEN 80-VUOTIAIDEN HENKILÖIDEN VALINTA

- vuoden 1990 alussa elossa olevat jyväskyläläiset naiset ja miehet, jotka ovat syntyneet vuonna 1910,
n = 291

- kuoli ennen haastatteluja, n = 6

- ei löydetty, n = 2

Mahdollisten henkilöiden määrä keväällä 1990, n = 283 (= 100%)

- ei osallistunut, n = 28

- huonokuntoisia, haluttomia

ALKUTUTKIMUS

- haastattelu, n = 255 (90,1%)	- naiset, n = 185 (89,4%) / - miehet, n = 70 (92,1%)
- laboratoriomittaukset, n = 205 (72,4%)	- naiset, n = 145 (70,0%) / - miehet, n = 60 (78,9%)
- tasapainotutkimukset, n = 196 (69,3%)	- naiset, n = 140 (49,5%) / - miehet, n = 56 (19,5%)
- havaintomotoriset mittaukset, n 201 (71%)	- naiset, n = 143 (50,5%) / - miehet, n = 58 (20,5%)

- 31.12.1994 mennessä tasapainomittauksiin osallistuneista kuoli, n = 55

- naiset, n = 38 / - miehet, n = 17

II VAIHE

SEURANTATUTKIMUKSEN KOHDEJOUKKO 31.12.1995, n = 170

- osallistunut vuonna 1990 johonkin tutkimuksen osaan

- kuoli ennen haastatteluja, n = 3

Mahdollisten henkilöiden määrä keväällä 1996, n = 167 (100%)

SEURANTATUTKIMUS

- haastattelu, n = 143 (85,6%) - naiset, n = 107 (84,3%) / - miehet, n = 36 (90,0%)

- kieltäytyi laboratoriotutkimuksista, n = 68

- ei halua, ei ole kiinnostunut, n = 38

- ei jaksanut, n = 24

- sairaalassa, n = 6

- ei tavoitettu, n = 2

- kuoli haastattelun jälkeen, n = 3

- laboratoriomittaukset, n = 96 (57,5%) - naiset, n = 69 (54,3%) / - miehet, n = 27 (67,5%)

- tasapainomittaukset, n = 85 (50,9%) - naiset, n = 60 (35,9%) / - miehet, n = 25 (15,0%)

- havaintomotoriset mittaukset, n = 85 (50,9%) - naiset, n = 61 (36,5%) / - miehet, n = 24 (14,4%)

III VAIHE

HUOJUNTANOPEUKSIEN JA REAKTIO- JA LIIKEAIKOJEN MUUTOS 80-VUOTIAILLA
NAISILLA JA MIEHILLÄ VIIDEN VUODEN AIKANA

- huojuntanopeusmittaukset 80- ja 85-vuotiaana, n = 80 (48,0%)

- naiset, n = 58 (34,8%)

- miehet, n = 22 (13,2%)

- reaktio- ja liikeaikamittaukset 80- ja 85-vuotiaana, n = 81 (48,5%)

- naiset, n = 59 (35,3%)

- miehet, n = 22 (13,2%)

Kuva 2. Tutkimusaineiston muodostuminen (Laukkanen ym. 1994).

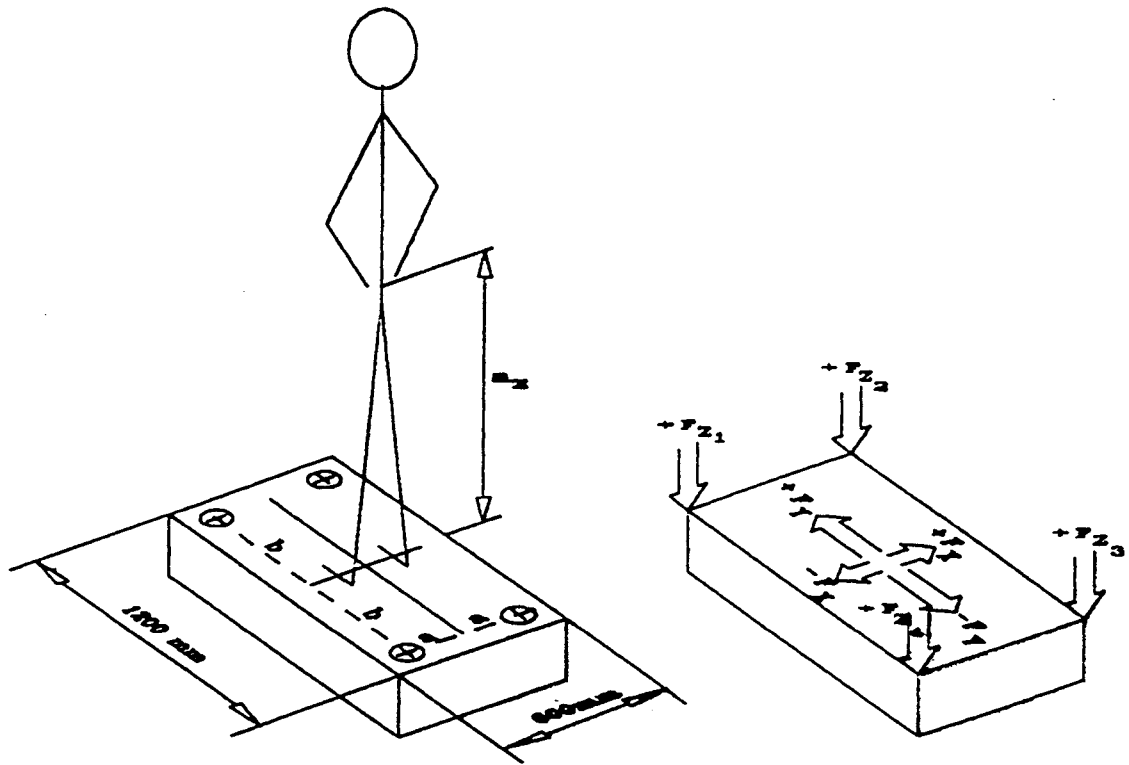
Vuoden 1990 tutkimuksissa laboratoriomittauksiin ja vain haastatteluihin osallistujia vertaillaan todettiin, että 80-vuotiailla ei ollut terveydentilassa eroja näiden ryhmien

välillä (Kauppinen 1992). Myöskään itsearvioidussa terveydentilassa ja fyysisessä aktiivisuudessa naisilla ja miehillä ei todettu merkitseviä eroja tasapainotutkimuksiin ja haastatteluun osallistuneiden välillä. Vuoden 1995 tutkimuksissa 85-vuotiaana tasapainotutkimuksiin ja vain haastatteluihin osallistuneiden naisen ja miesten fyysinen aktiivisuus ei eronnut toisistaan, mutta tasapainotutkimuksiin osallistuneet naiset ja miehet arvioivat oman terveydentilansa tilastollisesti melkein merkitsevästi huonommaksi ($p < 0,05$) kuin vain haastattelututkimuksiin osallistuneet.

5.2 Staattisen tasapainon mittaus

Tutkittavien staattista seisomatasapainoa erilaisissa testiolosuhteissa mitattiin Jyväskylän yliopiston terveystieteen laitoksella kehitetyn voimalevytekniikan avulla. Käytetty voimalevy-tietokonejärjestelmä perustui aiemmin julkaistuun menetelmään (Era ja Heikkinen 1985), mutta siinä hyödynnettiin entistä herkempää voimalevyä (Kistler 9861A) ja mikrotietokonetekniikkaa mittaussignaalien mittaussenaikaiseen numeromuunnokseen (100 näytettä sekunnissa), taltioitiin ja myöhemmin tehtyyn aineiston analysointiin. Ennen tulosten laskentaa mittaussignaaleja suodatettiin digitaalisesti mahdollisten häiriöiden eliminoimiseksi (mediaani suodatus 3 pisteen mittaisella suotimella). Tämän jälkeen levyyn testin aikana kohdistuneiden vertikaalisten ja horisontaalisten voimien avulla laskettiin ns. voimavaikutuksen keskipiste kullakin ajanhetkellä. Voimavaikutuksen keskipisteen oletettiin sijaitsevan tutkittavan kehon massakeskipisteen korkeudella ja tutkittavan pituus ja paino otettiin vakioivina tekijöinä huomioon tuloksen laskennassa. Voimavaikutuksen keskipisteen siirtymisen perusteella laskettiin kehon huojuntaa kuvaavina muuttujina huojunnan keskimääräinen nopeus eteen-taakse ja sivusuunnassa, huojunnan amplitudin ja nopeuden yhdistävä keskimääräinen vauhtimomentti, maksimiampplitudi ja huojunnan pääakselin suunta (Era 1992). Tässä tutkimuksessa on käytetty tasapainoa kuvaavana tekijänä eteen-taakse- ja sivusuuntaista huojunnan keskimääräistä nopeutta (mm/s).

Seisomatasapainoa mitattiin kolmen erilaisen testin avulla, joissa kussakin tutkittavan tuli seistä mahdollisimman vakaasti ja huojumatta 40:n sekunnin ajan. Ensimmäisen testin aikana tutkittava seiso voimalevyllä jalat vierekkäin levyyn merkityissä jalanjäljissä (kantapäiden etäisyys 5-6 cm), kädet lanteilla ja katse kiinnitettynä vastapäisellä seinällä silmienkorkeudella olevaan rastiin (katseluetäisyys 4 metriä). Toinen testi suoritettiin kuten ensimmäinen, mutta tutkittavalla oli silmät suljettuna. Kolmannessa testissä tutkittava seiso levyllä jalat peräkkäin, takimmaisen jalan isovarvas kiinni etummaisen jalan kantapäässä, kädet lanteilla ja katse kiintopisteessä (Era 1992). Tässä tutkimuksessa on käytetty huojuntanopeuksia, jotka on mitattu jalat vierekkäin seisoma-asennossa silmät auki ja kiinni. Jalat peräkkäin asento jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska 85-



Kuva 3. Voimavaikutuksen keskipisteen siirtyminen voimalevyllä jalat vierekkäin asennossa. Alustaan kohdistuu vertikaalisia ($Fz1$, $Fz2$, $Fz3$ ja $Fz4$) sekä eteen-taakse- ja sivusuuntaisia horisontaalisia voimia (Fy ja Fx). Voimavaikutuksen keskipisteen siirtyminen eteen-taakse- ja sivusuunnassa ($2a$ ja $2b$), liikeakselin pituus (az) (Era ym. 1996).

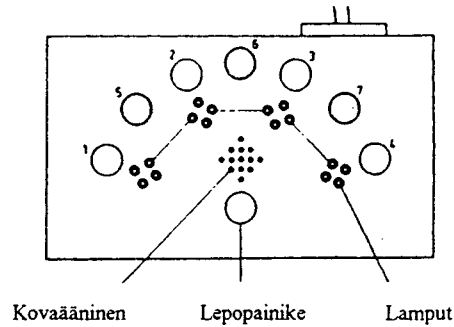
5.3. Havaintomotorisen nopeuden mittaus

Tutkimuksessa selvitettiin 80-vuotiaiden havaintomotorisia ominaisuuksia Jyväskylän yliopiston terveystieteen laitoksella kehitettyjen menetelmien avulla. Tavoitteena oli selvittää motorisen ohjauksen ja liikekontrollin kannalta yksinkertaisia nopeusominaisuuksia (käden liikenopeus, taputusnopeus) sekä monimutkaisempaa havainnontekoa, informaation prosessointia, päätöksentekoa ja näiden perusteella motorista suoritusnopeutta kuvaavia ominaisuuksia (yksinkertainen ja monivalinta liikeaikatestit) (Era ym. 1986, Era 1992). Tässä tutkimuksessa käytettiin havaintomotorisen nopeuden mittauksista yksinkertaista ja monivalintaista reaktio- ja liikeaikatestejä näkö- ja kuuloärsykkeelle (ms).

Reaktio- ja liikeaikatesteissä tutkittavan edessä oli paneeli, jossa oli yksi lepopainike, seitsemän kohdepainiketta sekä neljä lamppua, jotka muodostuivat neljästä pienestä punaisesta lampusta. Lamput sijaitsivat ensimmäisen, kolmannen, viidennen ja seitsemännen kohdepainikkeen alapuolella (kuva 4.). Monivalinta reaktio- ja liikeaikatesteissä visuaalinen stimulus johdettiin satunnaisesti neljään lamppuryhmään tai kahteen vierekkäiseen, jolloin käytettiin kohdepainiketta, joka sijaitsi lamppuryhmien keskellä. Lepopainikkeen ja kohdepainikkeiden etäisyydet olivat 100 mm. Monivalinta reaktio- ja liikeaika ääniärsykkeelle tapahtui 110 Hz, 320 Hz ja 1850 Hz korkuisilla ääniärsykkeillä. Tutkittava sulki äänen vasemmanpuoleista (matala taajuus), keskimmäistä (keskitaajuus) tai oikeanpuoleista (korkeataajuus) kohdepainiketta painamalla. Yksinkertaisessa reaktio- ja liikeaikatestissä käytettiin lamppuryhmiä ja kohdepainiketta, jotka sijaitsivat lepopainikkeen yläpuolella.

Yksinkertaisessa ja monivalintaisissa reaktio- ja liikeaikatesteissä käytettiin dominoivan käden etusormea. Tutkittavan tuli valo- tai kuuloärsyksen havaittuaan sammuttaa valo tai ääni mahdollisimman nopeasti. Alkutilanteessa etusormi oli lepopainikkeella. Reaktioaikana käytettiin aikaa ärsyksen ilmaantumishetkestä lepopainikkeen vapautumiseen. Liikeaikana käytettiin aikaa lepopainikkeen vapautumisesta kohdepainikkeen painamiseen. Yksinkertainen ja monivalinta reaktio- ja liikeaika testeissä näkö- ja kuuloärsykeille oli perinpohjaisen instruktioin jälkeen kolme

harjoitussuoritusta ja sen jälkeen 12 varsinaista toistosuoritusta. Tulos ilmoitettiin viiden viimeisen onnistuneen suorituksen keskiarvona. Selvät epäonnistumiset, ohilyönnit yms. on jätetty tuloksista pois (Era ym. 1986, Era 1992).



Kuva 4. Yksinkertaisessa ja monivalintaisissa reaktio- ja liikeaikojen mittauksissa käytetty laite, tutkittavan paneeli (Era 1986).

5.4. Muutos huojuntanopeuksissa sekä reaktio- ja liikenopeuksissa

Huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutosta viiden vuoden aikana tutkittiin absoluuttisena ja suhteellisena muutoksena (= prosentuaalinen muutos lähtötilanteeseen). Absoluuttinen muutos on saatu vähentämällä 85-vuotiaana mitattujen huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen tuloksista 80-vuotiaana mitattu tulos. Huojuntanopeudet sekä reaktio- ja liikeajat ovat suurentuneet erotuksen ollessa positiivinen ja pienentyneet erotuksen ollessa negatiivinen. Suuri luku kuvastaa suurta muutosta viiden vuoden aikana.

Suhteellinen muutos eli prosentuaalinen muutos lähtötilanteeseen on muodostettu seuraavasti:

$$\frac{\text{absoluuttinen muutos} \times 100}{\text{lähtötilanne 80-vuotiaana}} = \text{suhteellinen muutos (\%)}$$

5.5 Aineiston tilastollinen käsittely

Tutkimusaineiston analysoinnissa käytettiin SPSS/PC + for Windows 6.1 ohjelmaa. Jatkuvien muuttujien normaalisuus testattiin Kolmogorov-Smirnov-yhteensopivuustestillä. Tutkimuksesta poistettiin vain 80-vuotiaana mukana olleista naisista neljä, koska kolmella heistä liikeajat kuuloärsykkeelle ja yhdellä yksinkertainen reaktioaika näköärsykkeelle olivat huomattavasti pitemmät kuin muilla. Regressioanalyysissä jäännöksiä tarkasteltaessa poistettiin 80- ja 85-vuotiaana tutkimukseen osallistuneista naisista kolme, koska 80-vuotiaana heillä oli poikkeavan suuria huojuntanopeuksia sekä yksi nainen ja mies, koska heillä oli poikkeavan suuri prosentuaalinen muutos yksinkertaisessa liikeajassa. Tutkimus on suoritettu aineistolla, josta on poistettu yhteensä yhdeksän henkilöä. Huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen vertailussa naisten ja miesten sekä saman sukupuolen välillä on käytetty ei parametrissa Mann-Whitney-testiä. Huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutoksia vertaillessa käytettiin kaksisuuntaista t-testiä. Taulukoissa on esitetty tulokset mediaanina tai keskiarvoina sekä vaihteluvälinä. Muuttujien välisiä riippuvuuksia tarkasteltiin korrelaatioanalyysin (Pearsonin tulomomenttikorrelaatio) ja askeltavan regressioanalyysin avulla. Faktorianalyysin avulla selvitettiin, voidaanko eri sukupuolille muodostaa omat faktorit huojuntanopeuksille, reaktio- ja liikeajoille sekä vastaaville muutoksille. Tilastollinen merkitsevyys: * $p < 0,05$ tilastollisesti melkein merkitsevä, ** $p < 0,01$ tilastollisesti merkitsevä, *** $p < 0,001$ tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Tuloksista esitetään ensin naisten ja miesten huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen erot 80- ja 85-vuotiaana, seuraavaksi absoluuttisten ja suhteellisten muutosten välinen ero viiden vuoden aikana ja lopuksi huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen yhteys viiden vuoden aikana tapahtuviin muutoksiin. Liitetaulukoissa on esitetty vain 80-vuotiaana tutkimukseen osallistuneiden tulokset.

6. TULOKSET

Huojuntanopeudet sekä reaktio- ja liikeajat 80- ja 85-vuotiaana on esitetty taulukossa 1. sekä liitetaulukoissa 1. ja 2. Naiset ja miehet erosivat 80-vuotiaana huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen suhteen. Niillä naisilla, jotka olivat mukana vain 80-vuotiaana huojuntanopeudet silmät auki ja kiinni olivat pienempiä sekä monivalintatehtävien reaktio- ja liikeajat pitempiä kuin miehillä. Vastaavasti molemmille tutkimuskerroille osallistuneilla naisilla 80-vuotiaana huojuntanopeudet silmät auki testeissä olivat pienempiä sekä reaktio- ja liikeajat pitempiä kuin miehillä. Seurantatutkimuksessa 85-vuotiaana samoilla ikääntyneillä huojuntanopeuksissa ei havaittu enää merkitseviä eroa naisten ja miesten välillä. Reaktio- ja liikeajoissa miehet olivat naisia nopeampia vain monivalinta (ääni) liikeajassa. Reaktio- ja liikeajat olivat 80-vuotiaana nopeampia, niillä naisilla ja miehillä, jotka olivat mukana myös 85-vuotiaana verrattuna vain 80-vuotiaana osallistuneisiin. Lisäksi silmät kiinni huojuntanopeudet olivat miehillä pienempiä.

Viiden vuoden seurannan aikana silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden absoluuttinen ($p < 0,01$) ja suhteellinen ($p < 0,01$) muutos oli suurempaa naisilla ($n = 52$) kuin miehillä ($n = 21$). Naisilla absoluuttisen huojuntanopeuden muutoksen keskiarvo oli 3,6 mm/s ja miehillä 1,0 mm/s. Prosentuaalinen muutos lähtötilanteesta oli naisilla 36,3 % ja miehillä 11,7 %. Lisäksi absoluuttinen muutos silmät auki eteen-taakse suunnassa oli naisilla suurempi kuin miehillä ($p < 0,05$). Naisten eteen-taakse suuntaisen huojuntanopeuden muutoksen keskiarvo oli 6,3 mm/s ja miehillä 3,0 mm/s. Reaktio- ja liikeaikojen absoluuttiset ja suhteelliset muutokset olivat miehillä molemmissa neljässä testissä suuremmat kuin naisilla, mutta erot sukupuolten välillä eivät olleet merkitseviä.

TAULUKKO 1.

Huojuntanopeuksien (mm/s) sekä reaktio- ja liikeaikojen (ms) mediaani ja vaihteluväli miehillä ja naisilla, jotka ovat olleet mukana 80- ja 85-vuotiaana tutkimuksissa. Naisten ja miesten välisen eron merkitsevyys.

SUKUPUOLI					
		MIEHET	NAISET		
		(n = 20 - 21)	(n = 51 - 55)		
		(n = 18 - 22)	(n = 34 - 56)		
	mediaani	vaihtelu- väli	mediaani	vaihtelu- väli	P
A)					
Silmät auki (mm/s)					
sivusuunt.					
80-v.	12,5	6,1 - 24,4	10,4	6,0 - 19,2	0,05
85-v.	14,5	9,2 - 32,5	13,6	6,6 - 29,1	
eteen-taakse					
80-v.	22,1	11,9 - 37,7	18,10	12,3 - 37,9	0,005
85-v.	25,5	17,5 - 39,0	24,5	11,8 - 48,6	
B)					
Silmät kiinni (mm/s)					
sivusuunt.					
80-v.	13,1	7,9 - 33,1	12,7	3,7 - 24,6	
85-v.	17,7	11,4 - 29,8	17,2	6,9 - 33,2	
eteen-taakse					
80-v.	30,1	13,8 - 53,7	24,9	12,5 - 46,4	
85-v.	36,4	21,6 - 52,0	33,2	16,0 - 60,6	
C)					
Yksink. valo (ms)					
reaktioaika					
80-v.	327,0	240,0 - 506,0	352,0	221,0 - 648,0	
85-v.	479,0	241,0 - 782,0	441,5	264,0 - 1017,0	
liikeaika					
80-v.	238,0	150,0 - 431,0	306,0	154,0 - 713,0	0,01
85-v.	343,9	225,0 - 818,0	457,0	189,0 - 853,0	
D)					
Moniv. valo (ms)					
reaktioaika					
80-v.	549,0	400,0 - 1184,0	636,0	339,0 - 1788,0	0,05
85-v.	705,0	502,0 - 1380,0	740,0	339,0 - 1418,0	
liikeaika					
80-v.	295,0	178,0 - 620,0	394,0	221,0 - 1020,0	0,01
85-v.	402,0	246,0 - 960,0	489,5	160,0 - 1476,0	
E)					
Moniv. ääni (ms)					
reaktioaika					
80-v.	661,0	469,0 - 1333,0	822,0	400,0 - 3460,0	0,05
85-v.	815,5	495,0 - 1406,0	877,0	464,0 - 2725,0	
liikeaika					
80-v.	336,0	193,0 - 624,0	436,5	254,0 - 3558,0	0,001
85-v.	396,0	258,0 - 1775,0	469,5	216,0 - 1080,0	

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001

Miehillä ja naisilla huojuntanopeuden ja reaktio- ja liikeaikojen absoluuttinen ja suhteellinen muutos oli suuri niillä, joilla oli pieni lähtötilanne vuoden 1990 testeissä 80-vuotiaana (taulukko 2 ja 3).

TAULUKKO 2.

Korrelaatiot miehillä (n = 19 - 21) ja naisilla (n = 51 - 53) 80-vuotiaana lähtötilanteen huojuntanopeuksien ja vastaavien viiden vuoden aikana tapahtuvien absoluuttisten ja suhteellisten muutosten välillä.

	Huojuntanopeuden muutos viiden vuoden aikana			
	MIEHET		NAISET	
	absoluuttinen	suhteellinen	absoluuttinen	suhteellinen
Huojuntanopeus 80-v.				
Silmät auki				
sivu- suuntainen	- 0,37	- 0,48*	0,03	- 0,28*
eteen- taakse	- 0,48*	- 0,55*	0,08	- 0,25
Silmät kiinni				
sivu- suuntainen	- 0,29	- 0,45	- 0,11	- 0,40**
eteen- taakse	- 0,41	- 0,58**	- 0,02	- 0,33*

Merkitsevyystaso: * < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001

TAULUKKO 3.

Korrelaatio miehillä (n = 18 - 21) ja naisilla (n = 33 - 51) 80-vuotiaana reaktio- ja liikeajan lähtötilanteen ja vastaavien viiden vuoden aikana tapahtuvien absoluuttisten ja suhteellisten muutosten välillä.

	Reaktio- ja liikeaikatestien muutokset viiden vuoden aikana			
	MIEHET		NAISET	
	absoluuttinen	suhteellinen	absoluuttinen	suhteellinen
Reaktio- ja liikeaika 80-v.				
Yksink. valo				
reaktioaika	0,19	- 0,32	- 0,35*	- 0,39**
liikeaika	- 0,13	- ,057**	- 0,22	- 0,36*
Moniv. valo				
reaktioaika	- 0,26	- 0,27	- 0,12	- 0,22
liikeaika	0,24	- 0,32	- 0,35*	- 0,36*
Moniv. ääni				
reaktioaika	- 0,51*	- 0,40	0,16	0,01
liikeaika	0,31	0,08	- 0,38*	- 0,44**

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001

Viiden vuoden aikana tapahtuvien absoluuttisten huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutoksien yhteys on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen yhteys 80- ja 85-vuotiailla naisilla ja miehillä on esitetty liitetaulukoissa 3 ja 4. Molemmilla tutkimuskerroilla mukana olleilla miehillä, joilla huojuntanopeuden muutos oli pieni, reaktio- ja liikeaikojen muutos oli suuri. Naisilla ei ollut merkittävää yhteyttä absoluuttisten huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutoksien välillä. Suhteellisten huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen muutosten välillä naisilla ja miehillä ei havaittu merkitsevää korrelaatiota.

Molemmilla tutkimuskerroilla mukana olleilla 80- ja 85-vuotiaana miehillä, joilla sivusuuntainen huojuntanopeus oli suuri olivat myös liikeajat pitkät. Naisilla vastaavasti 80-vuotiaana silmät auki ja kiinni huojuntanopeudet olivat pieniä niillä naisilla, joilla monivalinta (ääni) reaktioaika oli pitkä. Naisilla ja miehillä, jotka ovat olleet mukana vain 80-vuotiaana, ei havaittu huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen välillä tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota.

Viiden vuoden aikana huojuntanopeuden muutosta selittäviä tekijöitä selvitettiin regressioanalyysin avulla. Absoluuttisilla arvoilla naisilla, joilla oli suuri muutos monivalinta (valo) liikeajassa, oli silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden muutos pieni. Vastaavasti suhteellisilla arvoilla naisilla, joilla oli suuri prosentuaalinen muutos monivalinta (ääni) liikeajassa oli silmät auki sivusuuntaisen huojuntanopeuden prosentuaalinen muutos pieni. Selitysasteet olivat 16,5% ja 14,4%. Miehillä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä selittäjiä huojuntanopeuksien absoluuttisiin muutoksiin. Suhteellisilla arvoilla miehillä, joilla oli suuri yksinkertainen (valo) liikeajan prosentuaalinen muutos oli myös silmät kiinni sivusuuntaisen huojuntanopeuden prosentuaalinen muutos suuri, selitysaste oli 22,2%.

TAULUKKO 4.

Absoluuttisten huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutosten välinen korrelaatio miehillä (n = 17 - 20).

	Huojuntanopeuden muutos viiden vuoden aikana			
	Silmät auki		Silmät kiinni	
	sivu- suunt.	eteen- taakse	sivu- suunt.	eteen- taakse
Reaktio- ja liikeajan muutos viiden vuoden aikana				
Yksink. valo				
reaktioaika	- 0,48*	- 0,43	- 0,36	- 0,50*
liikeaika	- 0,44	- 0,52*	- 0,33	- 0,54*
Moniv. valo				
reaktioaika	0,11	- 0,09	- 0,06	- 0,17
liikeaika	- 0,29	- 0,40	- 0,42	- 0,65**
Moniv. ääni				
reaktioaika	0,07	0,01	0,01	- 0,41
liikeaika	0,17	0,03	0,02	- 0,35

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, **P < 0,01, ***P < 0,001

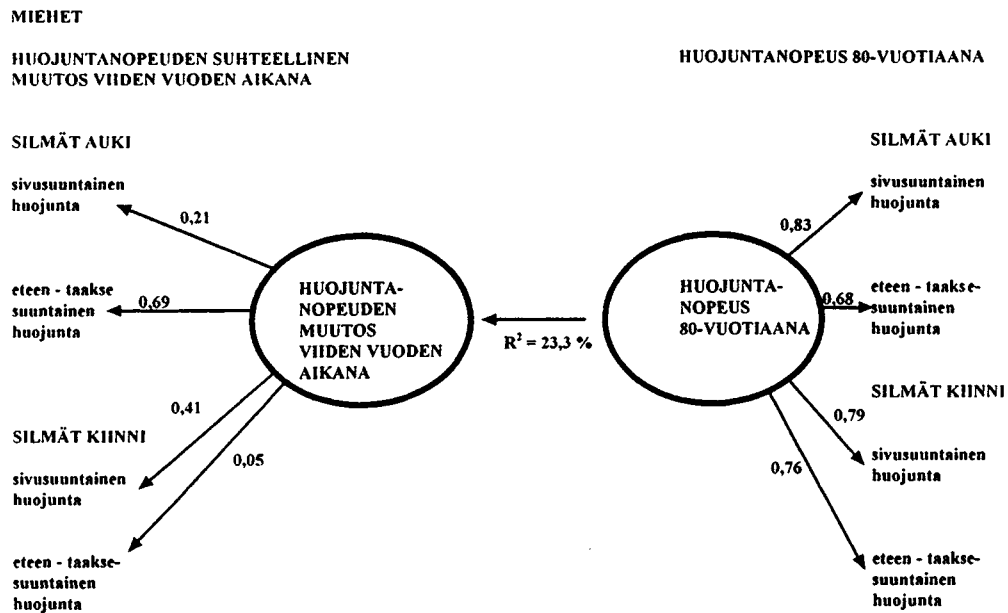
TAULUKKO 5.

Absoluuttisen huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen muutosten välinen korrelaatio naisilla (n = 31 - 48).

	Huojuntanopeudenmuutos viiden vuoden aikana			
	Silmät auki		Silmät kiinni	
	sivu- suunt.	eteen- taakse	sivu- suunt.	eteen- taakse
Reaktio- ja liikeaikojen muutos viiden vuoden aikana				
Yksink. valo reaktioaika	- 0,11	0,07	0,02	0,13
liikeaika	0,00	0,23	0,22	0,33*
Moniv. valo reaktioaika	- 0,03	0,07	0,06	0,27
liikeaika	- 0,28	0,04	- 0,17	0,07
Moniv. ääni reaktioaika	- 0,07	0,03	0,12	0,16
liikeaika	0,05	- 0,09	0,15	0,11

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, **P < 0,01, ***P < 0,001

Miehillä faktoreilla suoritettu regressioanalyysi antoi yhden huojuntanopeuden suhteellista muutosta selittävän tekijän. Miehillä, joilla oli pieni lähtötilanteen huojuntanopeus 80-vuotiaana oli suuri muutos suhteellisessa huojuntanopeudessa, selitysaste on 23,3%. Naisilla ei löydetty tilastollisesti merkitseviä huojuntanopeuden selittäjiä.



Kuva 5. Faktoreilla suoritettu regressioanalyysi, miehillä suhteellista huojuntanopeuden muutosta selittävät tekijät.

7. POHDINTA

7.1 Tutkimukseen osallistuneet henkilöt ja tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimuksen kohteena oli Jyväskylässä vuoden 1990 alussa asuvat 291 80-vuotiasta naista ja miestä. Valikoitumista on tapahtunut 80- ja 85-vuotiaana tutkimukseen ja sen eri osiin osallistumisessa sekä viiden vuoden seurannan aikana. Tasapainomittauksiin osallistuneista henkilöistä seurannan aikana kuoli 55, joista naisia oli 38 ja miehiä 17. Lisäksi ennen seurantatutkimuksen haastattelua ja haastattelun jälkeen kuoli kuusi henkilöä, joista naisia ja miehiä oli kolme. Kuolema oli tasapainotutkimuksesta poisjäännin syynä 55% :lla, naisilla luku oli 51,3% ja miehillä 64,5%. Lisäksi 85-vuotiailla poisjäännin syinä olivat huono kunto ja haluttomuus tai jaksamattomuus osallistua tutkimuksiin. Kuitenkin tutkimukseen osallistuneista 85-vuotiasta tasapainomittauksiin osallistui ne, jotka kokivat oman terveydentilansa huonommaksi. Henkilöt, jotka pitivät itsearvioitua terveydentilaansa parempana osallistuivat vain haastattelututkimukseen.

Tutkimukseen osallistuneiden naisten ja miesten lukumäärä vaihtelee, koska molemmille tutkimuskerroille osallistuneilta huojuntanopeusmittaukset puuttuivat 80-vuotiaana kahdelta naiselta ja kolmelta mieheltä. Reaktio- ja liikeaikatesteissä tulokset puuttuivat kahdelta naiselta ja mieheltä. Lukumäärän vaihtelua eri tuloksissa lisää, että joillakin henkilöillä oli mitattuja arvoja vain osassa reaktio- ja liikeaikamittauksissa.

Tulokset arvioitiin naisilla ja miehillä erikseen, koska huojuntanopeuksissa, reaktio- ja liikeajoissa sekä tasapainoon vaikuttavissa tekijöissä on havaittu eroja sukupuolien välillä (Palovaara ym. 1992, Era 1996). Tässä tutkimuksessa oli myös sukupuolten välisiä eroja 80-vuotiaana huojuntanopeuksissa ja reaktio- ja liikeajoissa sekä huojuntanopeuksien absoluuttisissa ja prosentuaalisissa muutoksissa. Lisäksi naisilla ja miehillä oli erilaiset huojuntanopeuden muutosta selittävät tekijät.

Silmät auki staattisen seisomatasapainon mittauksissa ikääntynyt pystyi käyttämään visuaalista, vestibulaarista ja somatosensorista järjestelmää tasapainonsa hallitsemiseksi. Silmät kiinni seisoessa hänellä oli käytettävissään vestibulaarinen ja somatosensorinen järjestelmä. Ikääntyneen tasapainoa tulisi testata myös tilanteessa, jossa somatosensorisen järjestelmän hallintaa vähennetään pehmeällä alustalla tai häiritään posturaalisiin alaraajojen lihaksiin kohdistuvalla vibraatiolla. Silmät kiinni joustavalla alustalla antaisi kuvan henkilön tasapainon hallinnasta vestibulaarijärjestelmän avulla. Tasapainon arvioinnissa tulisi huomioida kaikki aistinjärjestelmät ja niiden yhdistyminen sensoriseksi strategiaksi. Tässä seurantatutkimuksessa tasapainon tutkiminen kaikkien aistinelinten kannalta ja ristiriitatilanteissa antaisi paremman kuvan ikääntyvän tasapainosta ja siinä tapahtuvista muutoksista.

Tasapainotutkimuksissa tukipinnan laajuus oli vakioitu, ikääntyneen tasapainon hallinnan tasoa ei huomioitu. Ne henkilöt, joiden normaalissa seisoma-asennossa kantapäiden etäisyys on suurempi kuin 5-6 senttimetriä ovat epäedullisemmassa asemassa kuin henkilöt, joiden tukipinta oli tämän levyinen tai jopa pienempi. Woollacott ja Shumway-Cook (1996) artikkelissaan ovat pohtineet ikääntyneiden asentoa ylläpitävien lihasten aktivoitumista, tukipinnan suuruutta ja nilkka- ja lonkkastrategioiden käyttöä. Tässä tutkimuksessa voisi olettaa, että normaalia pienemmällä tukipinnalla olevat henkilöt ovat käyttäneet enemmän lonkkastrategiaa tasapainonsa hallinnassa.

7.2 Tulosten tarkastelu

Naisten ja miesten huojuntanopeudet (mm/s) lisääntyivät sekä reaktio- ja liikeajat hidastuvat viiden vuoden seurannan aikana. Monissa aikaisemmissa lähinnä poikkileikkaustutkimuksissa on todettu vastaavaa iän myötä tapahtuvaa muutosta eri ikäryhmien tuloksia vertaillen (Gottsdanker 1982, Berg 1986, Era ym. 1986, Inglin ja Woollacott 1988, Pyykkö ym. 1990, Era 1992, Palovaara ym. 1992, Hytönen ym. 1993, Dicstein ym. 1993, Fozard ym. 1994).

Seurantatutkimuksessa viiden vuoden aikana sukupuolien välinen ero huojuntanopeuksissa ja reaktio- ja liikeajoissa oli kaventunut. Hodking (1962) havaitsi reaktio- ja liikeaikojen poikkileikkaustutkimuksessaan vastaavaa sukupuolten lähestymistä. Tasapainomittaukset on usein analysoitu ilman sukupuolijakoa. Pientä viitettä erojen kaventumiseen kuitenkin on Eran (1992) Ikivihreät-tutkimuksessa. Huojunnan keskimääräinen nopeus eteen-taakse ja sivusuunnassa on 75-vuotiailla miehillä suurempi kuin naisilla kaikissa kolmessa testityypeissä, vastaava ero todettiin 80-vuotiaiden ikäryhmässä vain kahdessa helpoimmassa testissä.

Eräiden tutkimusten mukaan pystyasennon hallinnan lisääntyminen näkyy sivusuuntaisen huojunnan vähentymisenä (Schumway-Cook ym. 1988, Dicstein ja Dvir 1993). Tässä tutkimuksessa suuri absoluuttinen ja prosentuaalinen huojuntanopeuden muutos sivusuunnassa kuvastaa pystyasennon muutosta epävakaammaksi, jolloin kaatumisen riski lisääntyy. Kannus ym.(1996) on tutkimuksessaan havainnut, että naisia lonkkamurtumapotilaista on noin 75%. Yksilötasolla tämä tarkoittaa, että suomalaisen keskiverto naisen elinikäinen riski saada lonkkamurtuma on 16-18% ja keskivertomiehen 5-6% (Kannus ym 1996, Kannus ym. 1995). Elinikäisen riskin pienuuteen miehillä vaikuttaa suurempi kuolleisuus. Tässä seurantatutkimuksessa naisilla sivusuuntaisen huojuntanopeuksien absoluuttiset ja prosentuaaliset muutokset ovat vastaavasti yli kolme kertaa suuremmat kuin miehillä.

Reaktio- ja liikeaikatestien absoluuttisissa ja prosentuaalisissa muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa sukupuolten välillä, mutta on hyvä muistaa, että naiset olivat 80-vuotiaana lähtötilanteeltaan miehiä hitaampia etenkin monivalinta reaktio- ja liikeaikatesteissä. Seurannassa 85-vuotiaana naiset olivat miehiä hitaampia, mutta tilastollista merkitsevyyttä ei ollut kuin monivalinta (ääni) liikeajassa.

80-vuotiaana naisilla huojuntanopeudet olivat pieniä ja reaktio- ja liikeajat hitaita, viiden vuoden aikana heidän huojuntanopeutensa olivat muuttuneet selvästi suuremmiksi ja hitaat reaktio- ja liikeajat eivät olleet muuttuneet alunperin hitaasta paljon. Miehillä taasen suuret huojuntanopeudet eivät olleet viiden vuoden seurannan aikana muuttuneet paljon, mutta nopeat reaktio- ja liikeajat olivat hidastuneet. Hytösen ym. (1993)

pokkileikkaustutkimuksessa havaitaan huojuntanopeuden ja ikääntymisen olevan U-kirjaimen muotoinen, huojuntanopeus nousee jyrkästi ikäryhmien 61-75-vuotiaat ja 76-90-vuotiaiden välillä. Vastaavanlaiset muutokset on havaittavissa myös Hodking (1962) reaktio- ja liikeaikatutkimuksissa. Tämän seurantalutkimuksen henkilöt kuuluvat ikäryhmään, jossa muutos voi lyhyelläkin ajalla olla suuri.

Aikaisemmissa poikkileikkaustutkimuksissa on havaittu naisilla ja miehillä positiivista korrelaatiota havaintomotoristen toimintojen ja tasapainon, kuten reaktio- ja liikeaikojen sekä huojuntanopeuksien välillä (Worringham 1985, Lord ym. 1991, Teasdale 1991, Palovaara 1992, Era ym. 1996) Tässä seurantalutkimuksessa naisilla ja miehillä ei ole systemaattista yhteyttä huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen sekä vastaavien absoluuttisten ja prosentuaalisten muutoksien välillä. Lähtökohta eroaa aikaisemmista poikkileikkaustutkimuksista, joten tutkimuksia ei voida rinnastaa toisiinsa.

Naisilla ja miehillä on eroja silmät auki ja kiinni tasapainoon vaikuttavissa tekijöissä kuten antropometriassa sekä motorisen ja sensorisen järjestelmän ominaisuuksissa (Era 1992, Palovaara 1992, Era 1996). Myös tässä tutkimuksessa tasapainon muutosta selittivät naisilla ja miehillä eri informaation prosessoinnin tekijät. Naisilla, joilla monivalinta valo ja ääni ärsykkeen informoinnin prosessoinnin muutos absoluuttisesti tai prosentuaalisesti hitaammaksi oli suurta, oli tasapainon hallinnan heikentyminen silmät auki pientä. Henkilöllä oli käytettävissään tällöin visuaalinen, vestibulaarinen ja somatosensorinen aistintieto tasapainonsa hallintaan. Miehillä, joilla yksinkertainen valo ärsykkeen informaation prosessoinnin prosentuaalinen muutos hitaammaksi oli suurta, oli myös silmät kiinni tasapainon hallinnan heikentyminen suurta. Henkilöllä oli käytettävissään tällöin vestibulaarinen ja somatosensorinen aistintieto tasapainonsa hallintaan. Tässä tutkimuksessa informaation prosessoinnin muutoksilla selitettiin 14-22 % tasapainossa tapahtuvista muutoksista. Era ym. (1996) monikansallisessa tutkimuksessa tasapainoa selittivät antropometriset ja sensoristen ja motoristen järjestelmien tekijät silmät auki testeissä 13-11% ja silmät kiinni 11- 3%. Tässä seurantalutkimuksessa selittävien tekijöiden määrä on vähäisempi kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Lisäksi seurantalutkimuksen tutkimusjoukot olivat melko pieniä, 28-29 naista ja 18 miestä. Näiden tekijöiden vuoksi on mahdollista, että regressioanalyysissä

selvästi poikkeavien tuloksien poistaminen ja tutkimukseen mukaan jääneet tulokset vaikuttavat enemmän kuin suuressa aineistossa.

Shumway-Cook ja Woollacott (1995) ovat tutkineet ikääntyneitä heidän siirtäessään vapaaehtoisesti painopistettään eteen-taakse- ja sivusuunnassa stabiliteettirajojen sisällä. Ikääntyneet käyttivät nilkkastrategiaa tai lonkkastrategiaa painopisteen kontrollointiin. Lonkkastrategian käyttö vähensi painopisteen siirtymistä stabiliteettirajojen sisällä. Woollacott (1993) mukaan tukipintaa huojutettaessa ikääntyneiden lisääntynyt agonisti- ja antagonistilihasten yhtäaikainen aktivoituminen vähensi kontrolloitavien vapausasteiden määrää lihas-tukiranka-järjestelmässä auttaen pystyasennon huojunnan kontrollia. Myös Day ym. (1993) on havainnut nilkan ja lonkan yhteistoiminnan vähentävän henkilöiden huojuntaa, etenkin sivusuunnassa. Voidaanko olettaa, että tässä tutkimuksessa naiset käyttivät enemmän lonkkastrategiaa lisääntyvän huojuntanopeuden kontrolloimiseksi kuin miehet, tällöin naisilla hidas reaktio- ja liikeaika selittäisikin asentohallintastrategian muuttumista. Samanaikainen kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen muutosten tarkastelu toisi lisää tietoa ikääntyneiden tasapainoon vaikuttavista tekijöistä sekä mahdollisuuksita vaikuttaa niihin fysioterapian keinoin.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Naiset ja miehet eroavat huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen suhteen 80-vuotiaana. Miesten huojuntanopeudet ovat suurempia kuin samanikäisillä naisilla. Toisaalta naisten reaktio- ja liikeajat ovat hitaampia kuin miesten. Saman suuntainen tulos saadaan, kun verrataan naisia ja miehiä, jotka ovat olleet mukana tutkimuksessa vain 80-vuotiaana tai 80-vuotiaita naisia ja miehiä, jotka ovat osallistuneet molemmille tutkimuskerroille. Naisia ja miehiä erikseen tarkasteltaessa havaitaan kuitenkin, että ne 80-vuotiaana naiset ja miehet, jotka olivat vain ensimmäisellä tutkimuskerralla, olivat reaktio- ja liikeajoiltaan hitaampia kun, myös seurantakerralle osallistuneet. Miehillä lisäksi huojuntanopeudet silmät kiinni olivat suurempia. Sukupuolten välinen ero oli kaventunut huojuntanopeuksissa ja reaktio- ja liikeajoissa viiden vuoden seurannan aikana, 85-vuotiaana naiset ja miehet eivät eronneet huojuntanopeuksien suhteen, myöskään reaktio- ja liikeajoissa ei ollut merkityksellistä eroa. Naisilla huojuntanopeuden absoluuttinen ja prosentuaalinen muutos etenkin sivusuunnassa oli suurempaa kuin miehillä. Reaktio- ja liikeaikojen muutoksissa ei ollut sukupuolten välisiä eroja.

2. Henkilöiden toimintakyky tasapainossa ja havaintomotorisessa nopeudessa on heikentynyt viiden vuoden aikana selvästi niillä, jotka 80-vuotiaana ovat menestyneet hyvin huojuntanopeudessa tai reaktio- ja liikeaikatesteissä. Toisaalta henkilöt, jotka ovat jo 80-vuotiaana menestyneet testauksissa heikosti ovat säilyttäneet toimintatasonsa suhteellisen vakiona. Naisilla ja miehillä ei ole systemaattista yhteyttä huojuntanopeuksien ja reaktio- ja liikeaikojen sekä vastaavien absoluuttisten ja prosentuaalisten muutoksien välillä. Miehillä hidat reaktio- ja liikeaika ja suuri prosentuaalinen muutos näyttäisivät olevan yhteydessä suuriin huojuntanopeuksiin ja suuriin muutoksiin, naisilla vastaavasti hidat reaktio- ja liikeaika ja suuret muutokset olisivat yhteydessä pieniin huojuntanopeuksiin ja vähäisiin muutoksiin.

LÄHTEET

- Alexander, N. B. 1994. Postural control in older adults. *American Geriatrics Society* 42, 93-108.
- Berg, K. 1989. Balance and its measure in the elderly. *Physiotherapy Canada* 4, 304-310.
- Brownlee, M., Banks, M. A., Crosbie, J. ym. 1989. Consideration of spatial orientation mechanisms as related to elderly fallers. *Gerontology* 35, 323-331.
- Canavan, A. G. M., Bayer, N. & Lutzenberger W. 1993. The decline of spatial and temporal abilities with ages. Teoksessa Stelmach G. E. ja Hömberg V. (toim.) *Sensorimotor impairment in the elderly: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 57-72.*
- Carr, J. H. & Shepherd, R. B. 1985. *A Motor learning programme for stroke.* London: Bas Printers Limited Over Wallop.
- Cech, D. & Martin, S. 1995. *Functional movement development across the life span.* W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Daleiden, S. 1990. Weight shifting as a treatment for balance deficits: a literature review. *Physiotherapy Canada* 42, 81-87.
- Day, B. L., Steiger, M. J., Thompson, P. D. ym. 1993. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. *Journal of Physiology* 469, 479-499.
- Dickstein, R. & Dvir, Z. 1993. Quantitative evaluation of stance balance performance in the clinic using a novel measurement device. *Physiotherapy Canada* 45, 102-107.
- Earles, J. L. & Salthouse, T. A. 1995. Interrelations of age, health, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological sciences.* 50B.1. P33-P41.
- Enoka, R. M. 1994. *Neuromechanical basis of kinesiology.* Printed in the United States of America.
- Era, P. 1992. Fyysinen toimintakyky, aistitoiminnot ja havaintomotoriikka. Teoksessa Riitta-Liisa Heikkinen ja Timo Suutama (toim.) *Iäkkäiden henkilöiden toimintakyvyn ja terveyden arviointi. Ikkivihreät-projekti, osa II. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen julkaisu.* Helsinki. 1991:10, 40-70.
- Era, P. & Heikkinen, E. 1985. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men on different ages. *Journal of Gerontology* 40, 287-295.

- Era, P., Jokela, J. & Heikkinen E. 1986. Reaction and movement times in men of different ages: a population study. *Perceptual and motor skills* 63, 111-130.
- Era, P., Schroll, M., Ytting, H. ym. 1996. Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women: a cross-national comparative study. *Journal of Gerontology* 51, M53-M63.
- Forzard, J. L., Vercruyssen, M., Reynolds, S. L., ym. 1994. Age differences and changes in reaction time: the Baltimore longitudinal study of aging. *Journal of Gerontology: psychological sciences* 49, 4, P179-P189.
- Gottsdanker, R. 1982. Age and simple reaction time. *Journal of Gerontology* 37, 3, 342-348.
- Greenspan, S. L., Myers, E. R., Maitland E. R. ym. 1994. Fall severity and bone mineral density at risk factors for hip fracture in ambulatory elderly. *Journal of American Medical Association*. 271:128-133.
- Hodgking, J. 1962. Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. *The Resesearch Quarterly* 34, 3.
- Horak, F. B. 1987. Clinical measurement of postural control in adults. *Physiotherapy* 67, 1881-1885.
- Horak, F. & Nashner, L. 1986. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support surface configurations. *Journal of Neurophysiology* 55, 1369-1381.
- Hytönen, M., Pyykkö, I., Aalto, H. ym. 1993. Postural Control and Age. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 113, 119-122.
- Häkkinen, K. & Häkkinen, A. 1991. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women in different ages. *European Journal of Applied Physiology* 62, 410-414.
- Inglin, B. & Woollacott, M. 1988. Age-related changes in a anticipatory postural adjustments associated with arm movements. *Journal of Gerontology: medical sciences* 43, 4, M105-113.
- Jäntti, P. 1993. Falls in the elderly with special reference to testing posture control and risk factors. *Acta Universitatis Tamperensis ser A vol* 365.
- Kannus, P., Parkkari J. & Niemi S. 1995. Age-adjusted incidence of hip fractures. *Lancet* 346, 50-51.
- Kannus, P., Parkkari J., Sievänen H. ym. 1996. Epidemiology of hip fractures. *Bone (suppl)* 18, 57-63.

- Kauppinen, M. 1992. Aineisto ja menetelmät sekä tutkittujen taustatietoja. Teoksessa Riitta-Liisa Heikkinen ja Timo Suutama (toim.) Iäkkäiden henkilöiden toimintakyvyn ja terveyden arviointi. Ikivihreät projekti, osa II. Sosiaali- ja terveysministeriö, kehittämissosaston julkaisuja 1991:10. Helsinki. 13-19.
- Keshner, E. A., Allum, J. H. J. & Honegger, F. 1993. Predictors of less stable postural responses to support surface rotations in healthy human elderly. *Journal of Vestibular Research* 3, pp 419- 429.
- Kohonen, A. & Jauhiainen, T. 1988. Korvan rakenne. Teoksessa Tauno Palva (toim.) Korva-, nenä- ja kurkkutautuoppi. Porvoo: WSOY, 7-51.
- Laukkanen, P., Era, P., Heikkinen, R-L. ym. 1994. Factors related to carrying out everyday activities among elderly people aged 80. *Aging Clinical and experimental research* 6, 433-443.
- Leibowitz, H. W. & Shupert, C. L. 1985. Spatial orientation mechanisms and their implications for falls. Symposium on falls in the elderly: biologic and behavioral aspects. *Clinics in Geriatric Medicine*, 3.
- Light, K. E. & Spirduso W. W. 1990. Effects of adult aging on the movement complexity factor of response programming. *Journal of Gerontology* 45, 107-109.
- Lord, S. R., Clark R. D. & Webster I. W. 1991. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *Journal of Gerontology* 46, M69-M76.
- Maki, B. E., Holliday, P. J. & Fernie, G. R. 1990. A comparison of spontaneous- and induced-sway balance tests. *The American Geriatrics Society* 38, 1, 1-9.
- Manchester, D., Woollacott, M., Zederbauer-Hylton ym. 1989. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontology*, 44, M118-127.
- Milligan, W.L., Powell, D.A., Harley, C. ym. 1984. A comparison of physical health and psychosocial variables as predictors of reaction time and serial learning performance in elderly men. *Journal of Gerontology* 39, 6, 704-710.
- Nienstedt, W., Hänninen, O. & Arstila, A. 1984. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY 1984. Porvoo.
- Palo, J., Jokelainen, M., Kaste ym. 1985. Neurologia. Werner Söderström osakeyhtiö. Porvoo-Helsinki-Juva.
- Palovaara, T., Sipponen, E. & Era, P. 1992. Tasapaino ja eräitä siihen liittyviä tekijöitä 75-vuotiailla miehillä ja naisilla. *Gerontologia* 6, 185-195.

Pyykkö, I., Jäntti, P. & Aalto, H. 1990. Postural control in elderly subjects. *Age and Ageing* 19, 215-221.

Schmid, R. A. 1988. *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. 2 nd. ed. Champaign, III: Human Kinetics Publishers Inc; chap 4.

Schumway-Cook, A. & Horak, F. 1986. Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Physical Therapy* 66, 1548-1550.

Stelmach, G. E., Teasdale, N., DiFabio R.P ym. 1989. Age related decline in postural control mechanisms. *International Journal of Aging and Human Development* 29, 205-223.

Stelmach, G. E. & Worringham, C. J. 1985. Sensorimotor deficits related to postural stability. Implications for falling in the elderly. *Clin Geriatr Med* 1985; 1: 679-94.

Teasdale, N., Stelmach, G.E., Breuning A ym. 1991a. Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *Journal of Gerontology* 46, B238-244.

Teasdale, N., Stelmach G.E., Breuning A. ym. 1991. Age differences in visual sensory integration. *Exp Brain Res*. 85, 691-96.

Welford, A .T. 1984. Between bodily changes and performance: some possible reasons for slowing with age. *Exp. Aging Res*. 10, 70-88.

Whipple, R., Wolfson, L. I., & Amerman, P. M. 1987. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *American Geriatrics Society* 35, 13-20.

Whipple, R. & Wolfson, L., Derby, C ym. 1993. Altered sensory function and balance in older persons. *Journal of Gerontology* 48, M64-M70.

Woollacott, M.H. 1993. Age-related changes in posture and movement. *The Journal of Gerontology*, 48, 56-60.

Woollacott, M. H. & Manchester, D. L. 1993. Anticipatory postural adjustments in older adults: are changes in response characteristics due to changes in strategy ? *Journal of Gerontology* 48, 71-76.

Woollacott, M. H. & Schumway-Cook, A. 1990. Changes in postural control across the life span. A system Approach. *Physical Therapy* 70, 799-807.

Woollacott, M. & Shumway-Cook, A.. 1996. Concepts and methods for assessing postural instability. *Journal of Aging and Physical Activity* 4, 214-233.

Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A. & Nasher, L. M. 1986. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *International Journal of Aging and Human Development*, 23, 97-114.

Julkaisemattomat lähteet:

Hirvonen, T. 1996. Lihas-, näkö- ja vestibulaariaistin osuus tasapainon säätelyssä
Huimaus ja tasapaino. Suomen Fysioterapeuttiliitto - Finlands Fysioterapeutförbund ry .

LIITETAULUKKO 1.

Huojuntanopeuksien (mm/s) sekä reaktio- ja liikeaikojen (ms) mediaani ja vaihteluväli 80-vuotiaana miehillä ja naisilla, jotka ovat olleet mukana vain ensimmäisellä tutkimuskerralla. Miesten ja naisten eron tilastollinen merkitsevyys.

		SUKUPUOLI				
		MIEHET (n = 33 - 34)		NAISET (n = 73 - 76)		
		mediaani	vaihtelu- väli	mediaani	vaihtelu- väli	P
A) Silmät auki (mm/s)						
sivu- suuntainen	14,2	8,2 - 70,2		11,2	6,7 - 27,7	0,01
eteen- taakse	28,3	13,1 - 70,2		19,0	12,2-39,4	0,001
B) Silmät kiinni (mm/s)						
sivu- suuntainen	18,7	10,8 - 96,9		13,3	6,4 - 38,8	0,001
eteen- taakse	36,6	20,5 - 108,8		24,8	12,7 - 74,6	0,001
C) Yksink. valo (ms)						
reaktioaika	407,5	255,0 - 729,0		412,5	227,0 - 1692,0	
liikeaika	311,5	150,0 - 817,0		361,5	151,0 - 1688,0	
D) Moniv. valo (ms)						
reaktioaika	712,0	437,0 - 1867,0		682,5	406,0 - 2204,0	
liikeaika	426,0	153,0 - 845,0		476,0	244,0 - 980,0	0,05
E) Moniv. ääni (ms)						
reaktioaika	694,0	381,0 - 1722,0		822,0	366,0 - 2391,0	0,05
liikeaika	460,0	152,0 - 1956,0		571,0	225,0 - 2199,0	0,01

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, **P < 0,01, ***P < 0,001

LIITETAULUKKO 2.

Huojuntanopeuksien (mm/s) sekä reaktio- ja liikeaikojen (ms) mediaani ja vaihteluväli 80-vuotiaana miehillä ja naisilla, jotka ovat olleet mukana vain ensimmäisellä tutkimuskerralla (80-v.) verrattuna samaan sukupuoleen, jotka ovat olleet molemmilla tutkimuskerroilla (80/85-v.). Tilastollinen merkitsevyys.

SUKUPUOLI

	MIEHET (n = 33 -35)			NAISET (n = 76 -79) (n = 51 -58)		
	80-v.	80/85-v.		mediaani	vaihteluväli	P
A)						
Silmät auki (mm/s)						
sivusuunt.						
80-v.	14,2	8,2 - 70,2		11,2	6,7 - 27,7	
80/85-v.	12,5	6,1 - 24,4		10,4	6,0 - 19,2	
eteen-taakse						
80-v.	28,3	13,1 - 70,2		19,0	12,2 - 39,4	
80/85-v.	22,1	11,9 - 37,7		18,1	12,3 - 37,9	
B)						
Silmät kiinni (mm/s)						
sivusuunt.						
80-v.	18,7	10,8 - 96,9		13,3	10,8 - 96,9	
80/85-v.	13,1	7,9 - 33,1	0,05	12,7	3,7 - 24,6	
eteen-taakse						
80-v.	36,6	20,5 - 108,8		24,8	12,7 - 74,6	
80/85-v.	30,1	13,8 - 53,7	0,05	24,9	12,5 - 46,4	
C)						
Yksink. valo (ms)						
reaktioaika						
80-v.	407,5	255,0 - 729,0		412,5	227,0 - 1692,0	
80/85-v.	327,0	240,0 - 506,0	0,05	352,0	221,0 - 648,0	0,05
liikeaika						
80-v.	311,5	150,0 - 817,0		361,5	151,0 - 1688,0	
80/85-v.	238,0	150,0 - 431,0	0,05	306,0	154,0 - 713,0	0,01
D)						
Moniv. valo (ms)						
reaktioaika						
80-v.	712,0	437,0 - 1867,0		682,5	406,0 - 2204,0	
80/85-v.	549,0	400,0 - 1184,0	0,01	636,0	339,0 - 1788,0	
liikeaika						
80-v.	426,0	153,0 - 845,0		476,0	244,0 - 980,0	
80/85-v.	295,0	178,0 - 620,0	0,01	394,0	221,0 - 1020,0	0,01
E)						
Moniv. ääni (ms)						
reaktioaika						
80-v.	694,0	381,0 - 1722,0		822,0	366,0 - 2391,0	
80/85-v.	661,0	469,0 - 1333,0		822,0	400,0 - 3460,0	
liikeaika						
80-v.	460,0	152,0 - 1956,0		571,0	225,0 - 2199,0	
80/85-v.	336,0	193,0 - 624,0	0,05	436,5	254,0 - 3558,0	0,01

Merkitsevyytaso: *P < 0,05, **P < 0,01, ***P < 0,001

LIITETAULUKKO 3.

Korrelaatio huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen välillä 80-vuotiaana, niillä miehillä (n = 20 - 21), jotka ovat olleet mukana 80- ja 85-vuotiaana tutkimuksissa.

	Huojuntanopeus			
	Silmät auki		Silmät kiinni	
	sivus.	eteen- taakse	sivus.	eteen- taakse
Reaktio- ja liikeajat				
Yksink.valo reaktioaika	- 0,09	- 0,01	- 0,10	- 0,05
liikeaika	0,04	0,09	0,45*	0,32
Moniv.valo reaktioaika	- 0,08	- 0,16	- 0,05	- 0,25
liikeaika	0,46*	0,13	0,48*	0,25
Moniv.ääni reaktioaika	- 0,07	- 0,22	- 0,06	- 0,35
liikeaika	0,38	0,02	0,42	0,18

Merkitsevyystaso: *P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001

LIITETAULUKKO 4.

Korrelaatio huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikojen välillä 85-vuotiaana, niillä miehillä (n = 18 - 21), jotka ovat olleet mukana myös 80-vuotiaana.

	Huojuntanopeus			
	Silmät auki		Silmät kiinni	
	sivus.	eteen- taakse	sivus.	eteen- taakse
Reaktio- ja liikeajat				
Yksink. valo				
- reaktioaika	0,14	0,06	0,03	- 0,24
liikeaika	0,17	0,35	0,24	0,30
Moniv. valo				
reaktioaika	0,24	0,29	0,07	0,06
liikeaika	0,33	0,27	0,29	0,02
Moniv. ääni				
reaktioaika	0,19	0,23	0,20	0,02
liikeaika	0,60**	0,42	0,47*	0,12

Merkitsevyytaso: *P < 0,05, ** P < 0,01, ***P < 0,001

LIITETAULUKKO 5.

Korrelaatio huojuntanopeuksien sekä reaktio- ja liikeaikatestien välillä 80-vuotiaana, niillä naisilla (n = 50 - 53), jotka ovat olleet mukana 80- ja 85-vuotiaana tutkimuksissa.

	Huojuntanopeus			
	Silmät auki		Silmät kiinni	
	sivus.	eteen- taakse	sivus.	eteen- taakse
Reaktio- ja liikeajat				
Yksink.valo				
reaktioaika	- 0,06	- 0,22	- 0,10	- 0,20
liikeaika	- 0,09	- 0,20	- 0,14	- 0,15
Moniv.valo				
reaktioaika	0,04	- 0,13	- 0,13	- 0,14
liikeaika	0,00	- 0,09	- 0,22	- 0,19
Moniv.ääni				
reaktioaika	- 0,22	- 0,29*	- 0,31*	- 0,34*
liikeaika	- 0,05	- 0,20	- 0,23	- 0,24

Merkitsevyytaso: *P < 0,05, ** P < 0,01, ***P < 0,001