



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Ikääntyneiden tasapainon tutkiminen HUR Smart-Balance-ohjelmistolla

Skaalattujen tasapainoindexien käyttökelpoisuuden testaaminen

Tapani Kudjoi

Samu Lehtola

Opinnäytetyö
Lokakuu 2018
Fysioterapia



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Fysioterapia

KUDJOI TAPANI & LEHTOLA SAMU:

Ikääntyneiden tasapainon tutkiminen HUR SmartBalance-ohjelmistolla
Skaalattujen tasapainoindexien käyttökelpoisuuden testaaminen

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 5 sivua
syyskuu 2018

Opinnäytetyön tilaaja, HUR oy, kehittää mittausmenetelmää, jolla tutkitaan ikääntyneiden ihmisten tasapainoa. Opinnäytetyön aihe oli testata kokeellisesti tasapainon tilaa kuvaavien empiirisesti valittujen tasapainoindexien kykyä erotella kaatuneet ei kaatuneista. Indeksit ovat staattinen tasapainoindexi, proprioseptinen tasapainoindexi, visuaalinen tasapainoindexi ja vestibulaarinen tasapainoindexi. Aihe rajattiin pelkästään voimalevyanturilla tehtäviin tasapainomittauksiin ja niiden tulosten käsitteilyyn. Tutkimusongelmaksi nousi tasapainomittauksista skaalattujen tasapainoindexien yhteyden tutkiminen koehenkilöiden kaatumishistoriaan ja tasapainoindexien käyttökelpoisuuden tutkiminen kaatumisriskin ennustamisessa.

Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tiedonhankintamenetelmiä toisiaan täydentävästi. Tutkittavat haastateltiin ja mittausaineisto käsiteltiin haastattelun perusteella saatuihin tietoihin peilaten. Tutkimusasetelma oli kokeellinen. Opinnäytetyötä varten rekrytoitiin seniori-ikäisiä tutkittavia, joista osa asui itsenäisesti ja osa palvelutaloissa. Mittausolosuhteet pyrittiin vakioimaan tasapainolevyllä tehtäville mittauksille laaditun tutkimusprotokollan mukaisesti. Tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään ilmoitetun kaatumishistorian perusteella. Ryhmien saamia mittaus tuloksia verrattiin esitietoihin. Opinnäytetyötä varten tehtiin kirjallisuuskatsaus, jossa tarkasteltiin aiempien tutkimusten teoriapohjaa ja tuloksia. Lähdeaineiston perusteella tutustuttiin myös käytössä oleviin tasapainon mittausmenetelmiin, tasapainon säätelyjärjestelmiin, ikääntymisen ja sairauksien vaikutuksiin tasapainoa ylläpitäviin elinjärjestelmiin ja kaatumistapaturmien riskitekijöihin. Lähdeaineistona käytettiin sekä suomenkielisiä että englanninkielisiä julkaisuja, painottaen tuoreimpia tutkimuksia.

Tehdyn tutkimuksen perusteella havaittiin, ettei käytössä olleen mittausmenetelmän erottelukyky riitä poimimaan luotettavasti kohdejoukosta niitä henkilöitä, jotka ovat jo kaatuneet. Vain yhden mitatun indeksin perusteella kaatuneiden ryhmässä tulokset olivat kaatumattomia heikompia, ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. Muissa mittauksissa ryhmien välillä ei ollut merkittävää eroa. Luotettavimmat tulokset vaativat pidempiaikaisen seurannan ja uusintamittaukset, jotka eivät olleet työhön käytettävän ajan puitteissa mahdollisia.

Asiasanat: tasapainomittaukset, voimalevy, kaatumisriski, tasapainon tutkiminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Physiotherapy

KUDJOI TAPANI & LEHTOLA SAMU:
Studying the Balance of the Elderly Population with HUR Smart Balance
Suitability of Scaled Balance Indexes to detect the risk of falling

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 5 pages
September 2018

The objective of this study was to test the suitability of the new scaled balance indexes of HUR Ltd's iBalance software to predict the risk of falling in elderly population. The scaled indexes examined were static balance index, proprioceptive balance index, visual balance index and vestibular balance index.

The methods applied in the study were both qualitative and quantitative. The study involved interviewing the participants to explore whether they had previously fallen and measuring the balance with force plate. Based on the interview, the participants were divided into two groups, fallers and non-fallers.

The results showed no significant difference between the two groups. Out of the four measured indexes only vestibular balance index was slightly decreased among the participants who had fallen. The conclusion is, that the resolution of the measurement is insufficient for determining the heightened risk of falling among the elderly.

Further study is required to adjust the scaled indexes to predict the risk of falling. A follow up study would be required to determine whether the worst performers among the non-fallers are at a higher risk of falling than the participants who showed no significant impairment in balance measurements.

Key words: balance examination, force platform, risk of falling, balance measurements

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TASAPAINO JA SIIHEN LIITTYVÄT AISTIT	6
2.1	Vestibulaarinen järjestelmä.....	7
2.2	Visuaalinen järjestelmä.....	8
2.3	Somatosensorinen järjestelmä.....	8
3	TASAPAINON MOTORINEN SÄÄTELY	9
3.1	Keskushermoston toiminta tasapainon säätelyssä	9
3.2	Lihaskoivu.....	9
3.3	Tasapainostrategiat	10
4	IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS TASAPAINOON.....	11
4.1	Tasapainoon vaikuttavat ikääntymismuutokset	11
4.2	Kaatumistapaturmien yleisyys ja riskitekijät	13
5	TASAPAINON MITTAAMINEN.....	15
5.1	Tasapainon mittaaminen voimalevyllä	16
5.2	HUR SmartBalance-ohjelmisto tasapainon mittauksessa.....	16
5.3	Mittausten validiteetti ja reliabiliteetti	18
6	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE.....	19
7	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	20
7.1	Tutkimustrategia ja -menetelmät	20
7.2	Kohdejoukko.....	21
7.3	Aineistonkeruumenetelmät	21
8	TUTKIMUSTULOKSET.....	24
8.1	Kyselytutkimus	24
8.2	Mittaustulokset.....	24
8.3	Tasapainoindeksit ryhmittäin.....	27
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	31
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	37
	Liite 1. Häiriölista.....	37
	Liite 2. Esitietolomake	38
	Liite 3. Kyselylomakkeen tulokset.....	39
	Liite 4. Mittaustulokset.....	40
	Liite 5. Haastattelun tulokset ja tasapainoindeksit	41

1 JOHDANTO

Suomen väestön ikärakenteessa on tapahtumassa muutos. Tällä hetkellä ikääntyneiden suhteellinen osuus väestöstä kasvaa nopeasti. Tilastokeskuksen ennusteen mukaan lähi-vuosina yli 65-vuotiaiden osuus väestössä kasvaa puolitoistakertaiseksi ja 80-vuotiaiden osuus kaksinkertaistuu. Ennusteen mukaan Suomessa on vuonna 2040 yli 300 000 yli 80-vuotiasta kansalaista. Kaatumistapaturmat ovat ikääntyneessä väestönosassa yleisiä ja kaatumistapaturmien ennaltaehkäisyn merkitys kasvaa. Kaatumisista koituu usein yksilön elämänlaatua heikentäviä vammoja, jotka vaativat pitkäaikaista laitoshoidoa sekä kuntoutusta ja täten lisäävät myös terveydenhuollon kustannuksia. Ikääntymisen myötä tasapainon tiedetään heikkenevän, mutta toistaiseksi käytössä ei ole yhtä yksinkertaista menetelmää kohonneen kaatumisriskin yksiselitteiseen arviointiin. (Mänty ym. 2006, 3.)

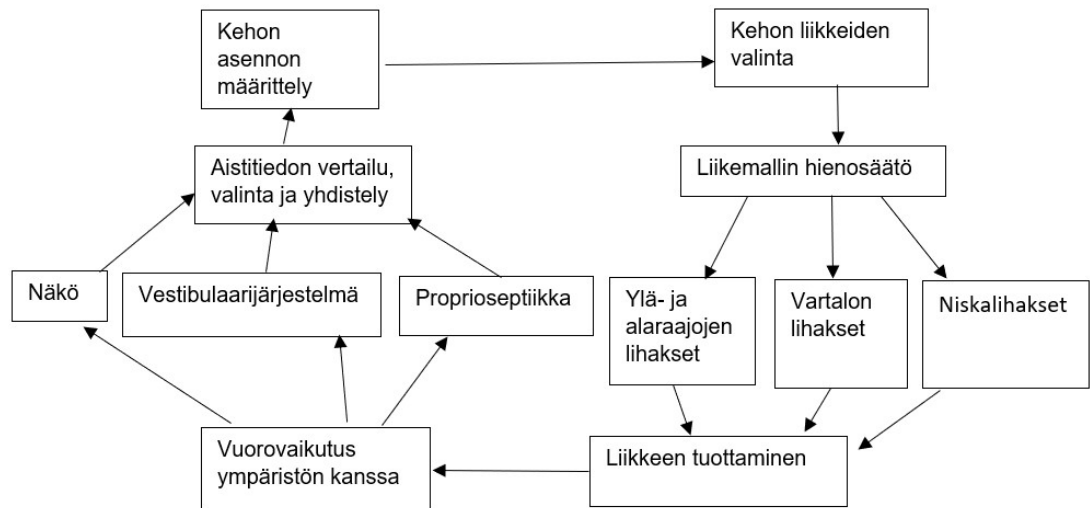
Saimme opinnäytetyömme aiheen HUR Oy:ltä, jonka uusi tasapainomittaus-ohjelma on julkaistu vuoden 2018 alussa. Ohjelmaan on määritelty neljä tasapainoa kuvaavaa mittausdatasta skaalattua indeksiä, jotka kuvaavat henkilön tasapainoa tasaisella ja epätasaisella alustalla silmät auki ja silmät kiinni. Nämä indeksit on valittu aiemmissä tutkimuksissa esille nousseiden havaintojen perusteella siitä, mitkä mittausparametrit antavat luotettavimman tiedon siitä, miten hyvin tutkittava pystyy ylläpitämään pystyasentoa. Indeksien tarkoituksena on sekä havaita kohonnut kaatumisriski varhaisessa vaiheessa, myös esittää mittaustieto koehenkilölle ymmärrettävässä muodossa ja auttaa terveydenhuollon ammattilaisia kohdistamaan kaatumisriskiä pienentävät toimenpiteet mahdollisimman tarkasti.

Opinnäytetyömme tarkoituksena on tutkia kokeellisesti, millainen yhteys mittausten perusteella saaduilla tasapainoindexeillä on tutkittavien kaatumishistoriaan ja soveltuvatko ne kaatumisriskin ennustamiseen. Kohdejoukkona tutkimuksessa on yli 65 vuotiaat. Tätä ikää pidetään ikänä, jolloin kaatumisriski alkaa lisääntyä ja riskitekijät alkavat kasaantua. Työn teoriaosuudessa perehdytään tasapainon säätelyn liittyviin elinjärjestelmiin, niissä tapahtuviin muutoksiin ikääntyessä sekä tasapainon mittaamisen teoriaan.

2 TASAPAINO JA SIIHEN LIITTYVÄT AISTIT

Ihmisen kyky ylläpitää tasapainoa ja hallita erilaisia asentoja on yksi jokapäiväisessä elämässä pärjäämisen edellytys. Tasapaino voidaan karkeasti jakaa kolmeen erilaiseen tehtävään, joita ovat tietyn asennon ylläpito, ulkoisiin häiriötekijöihin reagoiminen sekä kahden asennon välinen liike. Näiden tehtävien suorittamista varten kehossa on useita tasapainon ylläpitämiseen liittyviä palautejärjestelmiä, joita ovat: vestibulaarinen järjestelmä, näköjärjestelmä sekä asento- ja liikeaisti eli proprioseptiikka. Keskushermosto ohjaa tasapainoa ylläpitävää toimintaa saamansa aistitiedon perusteella. Hyvä tasapaino on edellytys tehokkaalle ja tarkoituksenmukaiselle liikkumiselle arkisista toimista huippu-urheiluun. (Sandström & Ahonen 2011, 51.; Sihvonen 2014)

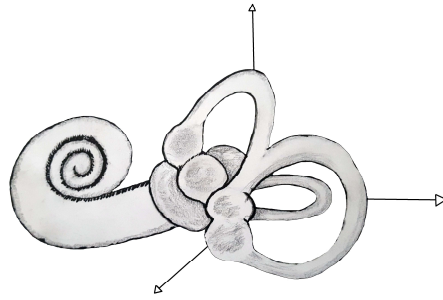
Ihmiskeho on luonnostaan epävakaata ja tarvitsee toimivan säätelyjärjestelmän pysyäkseen pystyasennossa ja liikkuakseen. Kun kehon painopiste säilyy tukipinnan päällä, tasapaino säilyy. Liikuttaessa asennosta toiseen kehon painopistettä siirretään tukipinnalla tukipisteiden kautta. Asennon säätely on jatkuvaa vuorovaikutusta ympäristön, aistitiedon ja liikemallien välillä (kuvio 1). Siihen vaikuttavat keskushermoston automaattiset tasapainorefleksit ja monimutkaisemmat opitut liikemallit ja tuki- ja liikuntaelimestön kunto. Asennon hallinta on kyky palauttaa keho tasapainoon jonkin häiriön vaikuttaessa siihen. Keskushermosto ohjaa tasapainon säätelyä aistielimistä saadun palautteen perusteella. Järjestelmät voidaan jakaa kolmeen erilliseen palautejärjestelmään, jotka toimivat yhteistyössä. Keskushermosto yhdistelee eri aistikanavien kautta saamaansa tietoa, jonka avulla tasapainoa voidaan ylläpitää ja tehdä asennon säilyttämisen kannalta tarpeelliset korjaukset. (Darowski 2008, 5-12; Sihvonen 2014.)



KUVIO 1. Asennonsäätelyprosessi (Sihvonen 2014, muokattu)

2.1 Vestibulaarinen järjestelmä

Tasapainoelin sijaitsee sisäkorvassa ja se aistii pään liikkeiden kiihtyvyyttä sekä pään asentoa suhteessa pystyasentoon. Arvellaan, että vestibulaariaistin perusteella keskushermosto muodostaa tasapainon perustilanteen, johon muiden aistien kautta tulevaa tietoa tasapainosta verrataan. Vestibulaariaisti rekisteröi liikettä painovoimaa vastaan. Tasapainoelimen avulla orientoidumme tilaan ja kykenemme seisomaan pystyasennossa. Tasapainoelimessä on kolme kaarikäytävää, jotka vastaavat kolmiulotteisen koordinaatiston tasoja: syvyyttä, leveyttä ja korkeutta. Kaarikäytävät ovat nesteen täyttymiä ja niissä sijaitsee hyytelömäiseen massaan sitoutuneita tasapainokiviä eli otoliittejä. Tasapainoelimen aistisolut rekisteröivät otoliittien aseman muutosta suhteessa sisäkorvan nesteiden liikkeisiin. Kaarikäytävät ovat fyysisesti kolmessa eri tasossa kohtisuorassa toisiaan vasten (kuva 1). Aivot pystyvät määrittelemään kaikki mahdolliset kiertosuunnat vertaamalla kaarikäytävistä tulevia sensoristen hermosyiden impulssitiheyksiä toisiinsa. (Sihvonen 2014, 20; Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2012, 117.)



KUVA 1. Sisäkorvan tasapainoelin

2.2 Visuaalinen järjestelmä

Ihmisen näköjärjestelmällä on tärkeä tehtävä liittyen tasapainon säätelyyn. Näköaistin avulla ihminen pystyy mukauttamaan liikkeensä ja asentonsa hyvin tarkkaan. Sen tehtävänä on rekisteröidä kehon asennon, liiketilän ja orientaation suhdetta ympäristön liikkuviin ja paikallaan pysyviin kohteisiin. Ääreisnäkö tiedon avulla korjataan kehon huojuntaa, josta hyvä esimerkki on yhdellä jalalla seisominen, joka muuttuu haastavammaksi silmät suljettuina. (Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2012, 169.)

2.3 Somatosensorinen järjestelmä

Somatosensorinen järjestelmä, eli asento- ja liikeaisti, muodostuu erilaisista reseptoreista, joita kutsutaan proprioseptoreiksi. Niitä ovat lihaksissa sijaitsevat lihaskäämit ja jän-teissä, nivelpussin seinämissä, ligamenteissa sekä muissa sidekudoksissa sijaitsevat Golgin jänne-elimet, Ruffinin keräset ja Pacinin keräset. Proprioseptoreiden tehtävä on aistia kudosten venymistä ja kudoksiin vaikuttavia ulkoisia voimia, kuten painetta ja tärinää. Näiden reseptoreiden avulla pystymme esimerkiksi aistimaan raajojemme asennon ja sijainnin toisiinsa nähden, vaikka silmät olisivat kiinni. Proprioseptoreilla on tärkeä rooli myös kaatumisten ehkäisyssä, sillä niiden avulla aistitaan ja säädellään, paljonko voimaa tarvitaan asennon muuttamiseen tai säilyttämiseen. Aivot muodostavat kaikesta proprioseptisestä tiedosta kokonaisuuden ja yhdistävät sitä näköjärjestelmästä ja vestibulaarielimestä saatuihin tietoihin. Nämä tekijät yhdessä muodostavat tasapainon säätelyjärjestelmän. (Sandström & Ahonen 2011, 34.)

3 TASAPAINON MOTORINEN SÄÄTELY

3.1 Keskushermoston toiminta tasapainon säätelyssä

Tasapainon säilyttäminen on monimutkainen motorinen taito, joka perustuu elimistön sensomotoristen järjestelmien vuorovaikutukseen ympäristön kanssa. Edellisissä kappaleissa mainitut säätelyjärjestelmät sisältävät tuhansia erilaisia reseptorisoluja, jotka välittävät sensorista informaatiota keskushermostoon, jossa tietoa käsitellään useassa eri rakenteessa. Keskushermosto kokoaa aistitiedon kehon asennosta ja ympäristön olosuhteista ja valitsee sen mukaan painotettavan aistitiedon ja toteutettavat liikemallit. Keskushermoston tehtävänä tasapainon säätelyssä ovat asennon säilyttäminen, tulevien tilanteiden ennakointi ja odottamattomiin tilanteisiin reagointi. Keskushermostossa tasapainon säätelytoiminta on järjestäytynyt hierarkkisesti. Automatisoituneet heijastetoiminnot hoidetaan alemmalla tasolla, selkäytimessä, jossa syttyvät nopeimmat asentoa korjaavat monosynaptiset refleksit. Vaativimmat prosessit, jotka edellyttävät tarkempien liikemallien aktivoitumista, käsitellään ylemmällä tasolla kuten isoaiivokuoressa, tyvitumakkeissa, pikkuaivoissa ja aivorungossa. (Horak 2006.)

3.2 Lihasvoima

Lihasvoimaa tarvitaan, jotta kehoa on mahdollista kannatella pystyasennossa ja että tarpeen vaatiessa asentoa voidaan korjata nopeasti. Lihasvoiman heikkeneminen, erityisesti alaraajoissa, vaikuttaa tasapainon hallintaan, kävelynopeuteen ja yleiseen toimintakykyyn. Erityisen ongelmallinen yhdistelmä on heikentynyt tasapaino ja heikentynyt lihasvoima. (Schlicht, Camaione & Owen 2001, 21.)

Lihasvoima voi heikentyä useista eri syistä. Passiivinen elämäntapa ja liikkumattomuus altistavat kaiken ikäiset lihasvoiman heikkenemiselle. Heikentynyt lihasvoima tekee liikkumisesta epävakaa, koska kyky tehdä nopeita korjausliikkeitä asentoon ja liikkua epätasaisella alustalla heikkenee. Mitä heikommat lihakset ovat sitä todennäköisemmin häiriö tasapainossa johtaa kaatumiseen. Lihasvoiman heikkeneminen saattaa vaikuttaa myös seisoma-asentoon. Mikäli alaraajoihin pääsee syntymään lihasepätasapaino, asento voi

ohjautua enemmän vahvemman alaraajan puolelle, jolloin jo lähtökohtaisesti seisoma-asento on epävakaampi. (Darowski 2006, 27-29.)

3.3 Tasapainostrategiat

Tasapainoa säädellään erilaisten liikemallien avulla. Liikemalleja, joilla yleisimmin reagoidaan kehon asennonmuutoksiin, kutsutaan tasapainostrategioiksi. Tarkemmin ne ovat nilkka-, lonkka- ja askelstrategiat. Näiden strategioiden avulla pyritään korjaamaan kehon huojuntaa aktiivisen liikkeen avulla. Se, mitä strategiaa keho käyttää tasapainon korjaamiseen riippuu häiriön suuruudesta. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 173-176.)

Nilkkastrategiaa käytetään pääsääntöisesti silloin, kun tasapainotilan häiriöt ovat pieniä. Kun keho huojuu esimerkiksi eteenpäin, siirtyy myös kehon massan keskipiste, joka saa aikaan aktivaation pohjelihaksissa. Tämän seurauksena nilkan plantaarifleksorit aktivoituvat ensin hidastaen eteenpäin huojuntaa ja lopulta korjaten kehon asennon normaaliksi. Tässä liikkeessä myös synergistit, eli hamstring- ja paraspinaalilihakset aktivoituvat pitäen lantion ja polvet paikallaan. Lonkkastrategiaa käytetään, kun häiriö tasapainoa kohtaan on suurempi ja tukipinta haastavampi. Siinä kehon eteen-taaksepäin suuntainen huojunta korjautuu ensiksi keskivartalon ja sitten reisien lihasten aktivaatiolla palauttaen kehon asennon normaaliksi. Kun häiriö tasapainoa kohtaan on niin suurta, ettei nilkka- tai lonkkastrategian avulla pystytä korjaamaan asentoa, käytetään tukipisteitä lisäävää askelstrategiaa palauttamaan tasapaino. (Shumway-Cook & Woollacott 2007, 173-176.)

4 IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS TASAPAINOON

Ikääntyminen ei ole yksi ainoa tarkkarajainen ilmiö, eikä se vaikuta jokaiseen yksilöön täsmälleen samalla tavalla. Iän myötä myös krooniset sairaudet sekä niihin liittyvät toiminta- ja liikkumiskykyä heikentävät muutokset yleistyvät. Ikääntyneiden tasapainon heikkeneminen onkin useiden eri tekijöiden summa. Ikääntyneiden kaatumisten taustalla on usein kaikkien tasapainoon ja liikkumiseen liittyvien elinjärjestelmien herkkyyden, reaktionopeuden ja tarkkuuden heikkeneminen. (Darowski 2006, 23.)

Fysiologisesti tasapainon säätely on keskushermoston, aistitoimintojen ja tuki- ja liikuntaelimestön yhteistyötä. Se on kyky tunnistaa asento suhteessa painovoimaan ja palauttaa se tasapainoiseksi, kun jokin horjuttaa tasapainoista asentoa. Tasapainon säätely tapahtuu enimmäkseen alitajuisesti, elimistön tasapainon säätelyjärjestelmien toimiessa kuten niiden pitää. Ikääntyminen kuitenkin vaikuttaa kaikkiin tasapainon säätelyyn osallistuviin järjestelmiin ja ikääntymisen myötä säätelyjärjestelmät muuttuvat epäluotettavammiksi. Ympäristön muutoksiin sopeutuminen vaikeutuu hermostossa tapahtuvien muutoksien vuoksi ja samalla tuki- ja liikuntaelinten kyky tuottaa tarvittaessa nopeita korjausliikkeitä heikkenee. (Saari 2007, 201-221.)

4.1 Tasapainoon vaikuttavat ikääntymismuutokset

Ikääntymiseen liittyy muutoksia kehon koostumuksessa ja hermoston toiminnassa. Osa muutoksista on toiminnallisia ja osa mekaanisia. Lihasmassa vähenee keskimäärin noin 50% ikävuosien 20 ja 90 välillä. Lihasmassan ja -voiman vähenemiseen vaikuttavat fyysinen aktiivisuus, perimä ja yleinen terveydentila. Iän myötä yleistyvät krooniset sairaudet, kuten keuhkosairaudet, saattavat vähentää liikkumista tai aiheuttaa suoraan myös lihasvoiman heikkenemistä ja lihaskatoa. Joissain tapauksissa lihasmassa saattaa huveta myös huonon ruokavalion vuoksi. (Aiken 1995, 120.)

Mekaaninen ikääntyminen tarkoittaa nivelten ja niiden tukirakenteiden kulumista iän ja kuormituksen myötä. Terveys 2011-tutkimuksen mukaan noin puolet 65 vuotta täyttäneistä naisista ja noin kolmasosa miehistä oli kärsinyt selkäkivun ja polvivaivojen aiheuttamista kävelyvaikeuksista. Oireet yleistyvät iän myötä, noin puolella yli 85-vuotiaista

oli ollut kävelyä vaikeuttava polvivaiva. Nivelissä tapahtuvat muutokset, joista nivelrikko on yleisin, voivat aiheuttaa nivelten jäykistymistä ja nivelkipuja. Nivelten mekaaniset muutokset yhdessä tulehduksen ja turvotuksen kanssa häiritsevät myös nivelten rakenteiden proprioceptorien toimintaa ja heikentävät kykyä ylläpitää tasapainoa (Sihvonen 2014, 25.; Sainio ym. 2013, 50-71.; Aiken, 1995, 120-140.)

Ikääntyessä ääreishermoston toiminta hidastuu ja aistielinten ärsytyskynnys kasvaa. Hermoston muutoksien vuoksi ikääntyneet reagoivat aistitietoon hitaammin tai eivät reagoi siihen ollenkaan. Myös motoriset toiminnot heikkenevät lihasmassan vähentymisen, nivelten jäykistymisen ja hermostollisen säätelyn heikkenemisen vuoksi. Ikääntyessä lihasten hermotus muuttuu. Motoristen yksiköiden koko kasvaa, mutta niiden määrä vähenee lihas - hermoliitoksessa tapahtuvien muutosten vuoksi. Vähentyminen on erityisen suurta nopeissa motorisissa yksiköissä, mikä heikentää kykyä reagoida nopeasti esimerkiksi horjahduksiin ja liukastumisiin (Aiken 1995, 120-140.)

Näkö ja kuulo alkavat heikentyä jo 45 – 50 vuoden iässä. Näkökyky koostuu useista osaluista, joita ovat näön tarkkuus, silmän kontrastiherkkyys, häikäisyn sieto, syvyyserojen havaitseminen ja sopeutuminen hämärään. Iän myötä silmän linssin samentuminen heikentää ääreisnäköä. Myös silmän sopeutuminen valaistusolosuhteiden muutoksiin heikkenee. Näön heikkeneminen vaikuttaa myös tasapainon säätelyyn ja saattaa lisätä kaatumisriskiä. Tutkimuksissa ollaan havaittu viitteitä siitä, että ikääntyneet kompensoivat heikentyneitä proprioseptiikkaa näköaistin avulla. Näköaisti ei kuitenkaan kykene täysin korvaamaan lihaksista ja nivelistä saatavaa tietoa kehon asennosta, ja sen toiminta on täysin riippuvainen valaistusolosuhteista. (Sihvonen 2014, 25.; Lupsakko & Ikäheimo 2008, 146-164; Saari 2007, 201- 221.)

Vestibulaariaistin toiminta heikkenee kehon vesimäärän vähenemisestä johtuvan sisäkorvassa sijaitsevan tasapainoelimen nesteen viskoosisuuden kasvamisen vuoksi. Noin viidenkymmenen ikävuoden jälkeen myös kaarikäytävien tasapainokivet alkavat rappeutua ja niiden määrä vähenee vähitellen. Tasapainoelimen muutosten seurauksena ikääntymiseen liittyy usein hyvänlaatuisen asentohuimauksen kehittyminen, jonka arvioidaan vaikeuttavan liikkumista jopa kolmasosalla yli 65-vuotiaista. (Saari, P. 2007. 201- 221.)

4.2 Kaatumistapaturmien yleisyys ja riskitekijät

Kansanterveyslaitoksen mukaan Suomessa iäkkäiden henkilöiden tapaturmista 80 % on kaatumisia ja matalalta putoamisia. Myös ikääntyneiden kaatumisista suuri osa on liukastumisia ja kompastumisia. Ongelmallisia ovat ne tapaukset, joissa kaatumiset alkavat olla toistuvia ja joissa on taustalla heikentynyt kyky ylläpitää tasapainoa. Länsimaissa joka kolmas kotonaan asuva yli 65-vuotias kaatuu kerran vuodessa ja laitoksissa asuvista yli puolet. Aiemmin kaatuneista ikäihmisistä jopa puolet kaatuu toistuvasti (Mänty ym. 2006, 3). Usein kaatumisia vähätellään ja rationalisoidaan jostain ulkopuolisesta syystä johtuneiksi, mikä voi johtaa siihen, ettei kaatumisten ehkäisyä aloiteta riittävän ajoissa (taulukko 3). Siksi on tärkeää, että kaatumistapaturmia pyritään ehkäisemään myös tasapainoa tutkimalla, jotta kohonnut kaatumisriski havaitaan ajoissa. (Darowski, A. 2008. 17.)

Mitä parempi yksilön tasapaino on, sitä pienempi hänen kaatumisriskinsä on. Aiempi kaatuminen, joka on johtanut loukkaantumiseen, saattaa aiheuttaa liikkumisen välttämistä, joka puolestaan johtaa toimintakyvyn alenemiseen. Toisinaan syntyy noidankehä, jossa kaatumisen pelko johtaa toimintatapoihin, jotka lisäävät kaatumisriskiä ja pahimmillaan johtavat toimintakyvyn alenemiseen ja uuteen kaatumiseen. Tasapainon säätely ja kaatumisriski ovat kuitenkin monen tekijän summa, eikä täysin luotettavaa menetelmää kaatumisriskin arviointiin olla vielä löydetty. (Frykberg, Karlsson 2000.)

Viimeisten vuosikymmenien aikana ikäihmisten sairaalahoitoa vaativat kaatumistapaturmat ovat lisääntyneet. Kaikki ikäihmisten kaatumistapaturmat eivät aiheuta vammoja, mutta tutkimusten mukaan noin puolet aiheuttaa pehmytkudosvammoja, 5% murtumia, 5-10% muita vakavia vammoja, kuten erilaisia päävammoja ja nivelten nyrjähdyksiä. Vain 1-2 % kaatumisista johtaa lonkkamurtumaan, mutta noin 90 % lonkkamurtumista johtuu kaatumisesta. (Mänty ym. 2016, 6.)

TAULUKKO 1. Yleisimmät kaatumisen vaaratekijät iäkkäimmillä henkilöillä (Mänty ym. 2016, 6.)

Aiemmat kaatumiset
Heikentynyt liikkumiskyky
Heikentynyt lihasvoima ja tasapaino
Sairaudet
Lääkitys
Kaatumisen pelko
Liikkumisen apuvälineet
Inaktiivisuus
Yli 80-vuoden ikä

5 TASAPAINON MITTAAMINEN

Tasapainoon liittyvät useat eri komponentit ja sen monimutkainen luonne asettavat haasteita tasapainon tutkimiselle. Tasapainoa voidaan tutkia laitemittausten tai toiminnallisten testien avulla. Tasapainoa mittaavia testejä on useita (taulukko 2) ja jotta voidaan saada riittävä tieto henkilön tasapainosta, pitäisi tasapainoa tutkia usealla eri testillä ja yhdistellä niistä saatavaa tietoa. Helppoissa testeissä, kuten staattisen tasapainon säilyttäminen silmät auki vakaalla alustalla seisten, erot tutkittavien välillä ovat pieniä. Kun testisuoritukset vaikeutuvat tai niitä hankaloitetaan alustasta saatavaa tukea pienentämällä tai häiriöitä aiheuttamalla, erot tulevat selvemmin esiin. Yleisesti testit jaotellaan dynaamisen ja staattisen tasapainon mukaan, vaikka usein molempia tasapainon muotoja käytetään limittäin liiketehtävissä. Tämä johtuu siitä, että sekä dynaamisen, että staattisen tasapainon säätelystä vastaavat samat säätelyjärjestelmät. (Paltamaa 2004, 10.)

TAULUKKO 2. Eri tasapainotestejä osa-alueittain luokiteltuna (Paltamaa 2004 muokattu)

Testattava osa-alue	Tasapainotesti
Staattinen tasapaino	Rombergin testi ja sen eri variaatot Yhden jalan seisontatessti Staattisten asentojen ylläpito voimalevyllä
Dynaaminen tasapaino	Timed Up and Go- testi, UKK:n taaksepäin kävelytesti
Tasapainon ja asennonhallinnan testit toiminnan aikana	Bergin tasapainotesti, Tinettin tasapainotesti, Kelan tasapainotesti
Asennon horjutustestit	Postural Stress – testi, voimalevytestit joissa ulkoinen häiriö, Functional Reach-testi

5.1 Tasapainon mittaaminen voimalevyllä

Monissa tutkimuksissa on käytetty voimalevyanturia mittaamaan tasapainon vaihteluita, esimerkiksi huojunnan pinta-alaa ja nopeutta. Vallitseva mielipide on, että horisontaalitasossa tapahtuva huojunta kuvaa tasapainon tilannetta luotettavasti. Tämän mittaamiseen voimalevyanturit sopivat hyvin. Poikkileikkaustutkimuksissa on todettu tasapainon kehityksen noudattelevan U-muotoista käyrää, josta käy ilmi, että pienten lasten ja ikääntyneiden tasapainomittauksissa voimalevyanturilla painopiste huojuu eniten. (Sihvonen S. 2014. 32.)

Voimalevyanturilla tehtävissä mittauksissa tarkastellaan kehon painekeskipisteessä tapahtuvia muutoksia (center of pressure, COP), jotka syntyvät kehon painopisteen (center of gravity, COG) siirtyessä horisontaalitasossa sekä lihasvoimien aiheuttamista reaktivoimista. Painekeskipisteen avulla tasapainolevyyn liittyvä ohjelmisto pystyy laskemaan parametreja, jotka kuvaavat tasapainon vakautta. Tyypillisimpiä parametreja ovat eteen- taakse sekä sivuttaissuuntaan tapahtuva huojunta, huojunnan nopeus ja pinta-ala. (Kejonen 2002, 26.)

Yksi laskettavista ja yleisesti käytössä olevista parametreista on rombergin vakio, joka kuvaa näkökyvyn vaikutusta tasapainon ylläpitoon. Rombergin vakiossa verrataan silmät auki ja silmät kiinni tapahtuvan huojunnan pinta-alan suuruutta toisiinsa. Smart Balance ohjelmistossa tulos ilmoitetaan prosentteina, joka lähes kaikissa tapauksissa on suurempi kuin 100, sillä näköpalaute normaalisti parantaa tasapainoa. Mitä suurempi prosenttilukema on, sitä enemmän se viittaa testattavan olevan riippuvainen näköhavainnoistaan. (HUR iBalance käyttöohje 2015, 24)

5.2 HUR SmartBalance-ohjelmisto tasapainon mittauksessa

Rombergin testiä ja sen eri variaatioita käytetään yleisesti, kun halutaan mitata henkilön staattista tasapainoa. Alun perin Rombergin testi on ollut käytössä neurologisia sairauksia diagnosoidessa, mutta sen eri variaatioiden avulla pystytään mittaamaan myös terveiden henkilöiden staattista tasapainoa. Tässä työssä keskityttiin voimalevyanturilla tehtävään

modifioituun Rombergin testiin, joka mittaa tasapainon säilyttämiseen osallistuvien aisti-järjestelmien toimintaa. Hur Oy:n SmartBalance – ohjelmiston Rombergin testissä mitataan henkilön tasapainoa 30 sekunnin jaksoissa kovalla ja pehmeällä alustalla sekä silmät kiinni että auki. Testin aikana mitatuista COP:n muutoksista pystytään laskemaan tasapainon vakautta kuvaavia parametreja sekä eri aistijärjestelmien vaikutusta tasapainoon. (Hartikainen 2017, 27.)

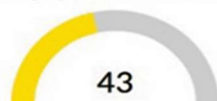
Hur Oy:n Smart Balance- ohjelmisto laskee modifoidusta Rombergin testin tuloksena neljä erilaista tasapainoindeksiä (kuva 3). Tasapainoindeksit ilmoitetaan lukuna 0 - 100, jossa tulos alle 40 osoittaa heikentynettä tasapainoa ja tulokset 40 - 60 lievästi heikentynettä tasapainoa ja 60-100 hyvää tai kohtalaisen hyvää tasapainoa. Indeksien tarkoitus on antaa mittaajalle ja mitattavalle yleisluontoinen ja yksinkertainen esitys tasapainon tilasta, eivätkä ne ole täysin eksakteja lukuja. Tasapainoindeksit on johdettu kolmesta keskeisestä tasapainon parametrasta, jotka ovat huojunnan pinta-ala, huojunnan nopeus sekä lateraalinen huojunta. Nämä kolme parametriä on HUR oy:n testaustuotteiden johtajan Anssi Lipsosen mukaan todettu liittyvän heikentyneeseen kykyyn ylläpitää tasapainoa. Näitä parametreja käytetään myös yleisesti voimalevyanturilla toteutetuissa staattisen tasapainon mittauksissa. (Lipsonen 2018)

Staattinen tasapainoindeksi



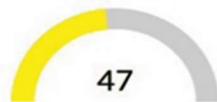
Staattinen tasapainoindeksi kuvaa henkilön kykyä ylläpitää pystyasentoa seisessa silmät auki kovalla alustalla.

Näkökyvyn vaikutusindeksi



Näkökyvyn vaikutusindeksi kuvaa silmien kiinni pitämisen vaikutusta pystyasennon ylläpidossa seisessa kovalla alustalla.

Asentotuntoindeksi



Asentotuntoindeksi kuvaa henkilön kykyä ylläpitää pystyasentoa kun asentotuntoa häiritään seisomalla pehmeällä alustalla.

Vestibulaari-indeksi



Vestibulaari-indeksi kuvaa henkilön kykyä pitää yllä pystyasentoa kun asentotuntoa häiritään pehmeällä alustalla ja silmät ovat kiinni.

KUVA 2. Tasapainoindeksit (Näyttökuva Hur Oy:n SmartBalance)

5.3 Mittausten validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimusta tehdessä täytyy aina tarkastella sen luotettavuutta ja kykyä mitata tutkimuksessa kohteena olleita asioita. Tutkimuksissa yleensä käytetty termi reliabiliteetti arvioi tutkimuksen toistettavuutta. Tutkimuksen voidaan sanoa olevan luotettava ja tarkka silloin, kun tutkimuksen tulokset eivät ole riippuvaisia tutkijasta ja ne ovat toistettavissa. Tutkimuksen validiteetti tarkoittaa, että tutkimuksessa käytetyllä mittarilla pystytään mittaamaan haluttuja asioita. (Vilka 2007, 152.)

Painekeskipisteen muutoksien mittaaminen voimalevyllä on täyttänyt niin sanotun kultaisen standardin kriteerin, jonka johdosta voidaan todeta sen soveltuvan hyvin tasapainon mittaamiseen. Kultainen standardi tarkoittaa mittausmenetelmää, jonka toistettavuus ja luotettavuus on käytössä havaittu hyväksi. Esimerkiksi Eran ym. (2006) ja Sarabon ym. (2006) tutkimuksissa todettiin voimalevyillä tehtyjen mittausten toistettavuus ja luotettavuus hyväksi. Tasapainotutkimuksissa voimalevyanturia pidetään laboratoriotestien kultaisena standardina. Esimerkiksi tutkittaessa edullisempien kaupallisesti saatavilla olevien tasapainolautojen mittaustarkkuutta, niitä verrataan laboratoriotasoisiin voimalevyantureihin. (Mengarelli 2018 ym.)

Mittarin tekninen luotettavuus ja validiteetti ei kuitenkaan yksinään riitä tutkimuksen luotettavuuteen, vaan huomioon pitää ottaa myös, miten mittaukset suoritetaan. Tärkeää on, että mittauksia varten luodaan mittausprotokolla ja mittausten hylkäämiskriteeristö, joita noudatetaan mittauksia tehdessä. Protokollan avulla varmistetaan, että eri päivinä ja paikoissa tehtävät mittaukset ovat vertailukelpoisia keskenään ja suljetaan pois myös systemaattisten virheiden mahdollisuus. (Vilka 2007, 152.)

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida HUR Oy:n kehittämien tasapainoindexien soveltuvuutta kaatumisriskin ennustamiseen. Tarkoituksena on selvittää kokeellisesti uusien tasapainoindexien kykyä erotella kaatuneet ei kaatuneista. Vastaavaa selvitystä ei ole aiemmin tehty. Lähtöoletuksena on, että henkilöiden, jotka ovat kaatuneet viimeisen vuoden aikana, pitäisi saada heikompi tulos myös skaalatuissa tasapainoindexeissä.

Tutkimusta ohjaa kaksi tutkimusongelmaa, jotka ovat:

1. Millainen yhteys tasapainolevyllä mitatuilla indekseillä on tutkittavan kaatumishistorian kanssa?
2. Miten mittausdatasta skaalatut tasapainoindexit soveltuvat kaatumisriskin arvioimiseen?

7 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

7.1 Tutkimustrategia ja -menetelmät

Opinnäytetyön aihe ohjasi alusta asti kokeelliseen tutkimusstrategiaan. Valitsimme satunnaisesti yli 65-vuotiaista otannan, jolle suoritettiin haastattelu ja tasapainomittaukset. Sosiologi Hanna Vilkan (2007, 58) mukaan otoskoon määrittelyyn ei ole yksinkertaista menetelmää, vaan se on aina määriteltävä tutkimuskohtaisesti. Jos tavoitteena on vertailla eri ryhmiä, pitäisi otoskoon olla vähintään 30 havaintoyksikköä per ryhmä. Tutkija voi valita aineistonsa myös harkinnanvaraisesti, jos ei pyritä tulosten yleistämiseen suurempaan perusjoukkoon. Opinnäytetyön tilaajalla, HUR oy:llä, oli tavoite saada vähintään suuntaa antava otanta, jolloin otoskoon minimimääräksi päätettiin ottaa vähintään 10 kaatunutta ja 10 ei kaatunutta tutkittavaa. Otanta oli myös opinnäytetyön resurssien ja tavoitteiden puitteissa sopivan kokoinen.

Yleisimmin tutkimusmenetelmät jaotellaan kvalitatiivisiin (laadullinen) ja kvantitatiivisiin (määrällinen). Jaottelu hahmottaa yleislinjaa, jonka mukaan tietoa hankitaan ja käsitellään. Kvalitatiivisen tutkimuksen ajatellaan liittyvän aineistonkeruuseen, joka perustuu haastatteluihin ja kenttätutkimuksiin. Kvalitatiiviselle tutkimukselle tyypillistä on tulosten ei-numeerisuus. Kvantitatiivisen menetelmän ajatellaan käsittelevän numeerista, mitattavaa tietoa. Menetelmää pyritään käyttämään niin, että löydetäisiin tuloksia, jotka ovat yleispäteviä. Suuntauksia eivät ole kuitenkaan toisilleen vastakkaisia tai toistensa vastakohtia. Ne voidaan ajatella myös toisiaan täydentävinä. Tutkimuksessa niitä voidaan käyttää rinnakkain, esimerkiksi niin, että toisella luodaan perusteet sille, miten luodaan mielekkäitä vertailtavia ryhmiä, joita arvioidaan toisella menetelmällä. (Hirsjärvi 2009 ym.)

Lopputyössä käytettiin kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen menetelmää. Käytännössä tämä tarkoitti tasapainolevyllä tehtyjä mittauksia. Lopputyössä käytettiin myös kvalitatiivista menetelmää. Tutkittavat täyttivät ennen mittauksia haastattelulomakkeen, jolla kartoitettiin kaatumisen riskitekijöitä ja tutkittavien kaatumishistoriaa. Tarvittaessa haastattelun vastauksia täydennettiin lisäkysymyksillä, jos henkilö oli kaatunut, mutta kaatumisen olosuhteet jäivät epäselviksi. Tulokset muodostuivat tasapainolevyn kerää-

mästä mittausdatasta ja haastattelemalla kerätyistä esitiedoista, joita verrattiin mittaustuloksiin.

7.2 Kohdejoukko

Tutkimukseen osallistunut kohdejoukko koostui pääasiassa palvelutaloissa asuvista ikäihmisistä, joiden ikähaarukka oli 65-94 vuotta. Tutkimukseen osallistujat saatiin kontaktoimalla Tampereen seudun palvelutaloja. Mittauksia suoritettiin neljänä eri päivänä klo 9 –15 välisenä aikana kahdessa eri Tampereen alueella sijaitsevassa palvelutalossa, jolloin talon asukkailla sekä sen päivätoimintaan osallistuneilla henkilöillä oli mahdollisuus osallistua mittauksiin. Lopullinen tutkimuksen kohdejoukon koko oli 29 henkilöä, joista miehiä oli 8 ja naisia 21. Tutkittavat jaettiin kaatumishistorian mukaan kahteen ryhmään, joiden mittaustuloksia vertailtiin keskenään. Mittauksia tehtäessä ei kerätty tutkittavien henkilötietoja ja tulokset käsiteltiin nimettöminä.

7.3 Aineistonkeruumenetelmät

Alkukysely

Alkukyselyn (liite 2) tarkoituksena oli selvittää tutkittavien ikä, sukupuoli sekä kaatumishistoria. Valitsimme kaatumishistorian määrittelyyn viimeisen vuoden, sillä useiden lähteiden mukaan kaatuminen viimeisen vuoden aikana lisää kaatumisriskiä (Pajala 2016, 106). Jotta tuloksista saatiin mahdollisimman luotettavia, oli myös selvitettävä millaisissa olosuhteissa kaatumiset ovat tapahtuneet. Liukastuminen jäällä ei esimerkiksi välttämättä kerro siitä, että tasapainon säätely on heikentynyt. Kysymyksenasetteluvaiheessa oli kiinnitettävä huomiota siihen, että kysymykset ovat riittävän tarkkaan rajattuja ja yksiselitteisiä. Luotettavimpia kuvauksia kaatumisesta olisivat olleet ne, joissa joku muu on nähnyt kaatumisen, sillä kaatuneen muistikuvat tapahtuneesta eivät välttämättä ole selkeitä. Ei ole myöskään aina täysin yksiselitteistä, minkä kukin laskee kaatumiseksi. Yksinkertaisuuden vuoksi kysymys aseteltiin siten, että tiedusteltiin ainoastaan, onko tutkittava kaatunut viimeisen vuoden aikana. Tutkimuksen tulosten kannalta oleellisia tietoja olivat ikä, sukupuoli ja kaatumishistoria viimeisen vuoden ajalta. Näiden tietojen lisäksi pyysimme osallistujia arvioimaan alkukyselyssä myös omaa tasapainoaan ja kaatumisen pelkoaan

asteikolla 1-5, jotta saisimme moniulotteisemman kuvan henkilön sen hetkisestä tasapainosta. Kyselyssä selvitettiin myös mahdolliset liikkumisen apuvälineet. Tutkimuksessa ei kerätty yksilöivää tietoa, eikä tuloksista voida täten jälkeinpäin yksilöidä ketään.

Tasapainomittaus

Mittaukset suoritettiin Hur Oy:n Balance Trainer BT4-voimalevyllä, joka on suunniteltu tutkimus ja harjoittelukäyttöön. Tasapainolevy oli kiinnitettynä tietokoneeseen, jossa mittaustulokset rekisteröitiin käyttämällä Hur Oy:n SmartBalance-ohjelmistoa. Ohjelmisto sisältää useita eri testausprotokollia, joiden lisäksi on mahdollista luoda myös omia protokollia. Ohjelmistossa on olemassa viitearvotietokanta, joka koostuu noin 2900 testituloksesta, joihin saatuja mittaustuloksia verrataan. Tasapainolevyssä on neljä venymäliuska-anturia (HUR oy, Kokkola), joista jokainen kerää tietoa levyyn vaikuttavista voimista vertailemalla muutosta anturin läpi kulkevassa jännitteessä. Anturi lähettää mittausdatan tietokoneelle oman lähtevän kanavansa kautta 50 Hz taajuudella. Yksittäisen anturin mittausalue on 0-200 kg ja herkkyys $2\text{mV/V} \pm 0,25\%$. Tasapainolevy saa käyttöjännitteensä USB-liittimen kautta, jolla se yhdistetään tietokoneeseen. Tasapainolevyn maksiminäytteenottotaajuus on 400Hz, mikä tarkoittaa sitä, että optimaalisissa olosuhteissa painopisteen sijainti suhteessa tukipintaan voidaan mitata 400 kertaa sekunnissa. Anturit mittaavat levyyn vaikuttavia pystysuuntaisia voimia ajan funktiona, jolloin voidaan mitata esimerkiksi painopisteen huojuntaa suhteessa tukipintaan.

Mittaustilanteita varten laadittiin mittausprotokolla ja häiriölista (liite 1.) Hur Oy:n aiempien mittauskäytäntöjen perusteella. Ennen mittausten aloittamista mittausprotokolla käytiin läpi tutkittavien kanssa, jotta varmistettaisiin, että tutkittavat ovat ymmärtäneet yhdenmukaisesti, miten mittaukset tulisi suorittaa. Mittaustilanteessa valvottiin tutkittavien suoritusta mahdollisten horjahdusten ja muiden häiriöiden varalta, jotta mittaustilanne sujuisi mahdollisimman turvallisesti ja jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Mittaukset suoritettiin mittausprotokollan mukaan rauhallisessa tilassa, jossa on neutraalin väriset seinät. Voimalevyanturi sijoitettiin kohti ikkunatonta seinää, noin kahden metrin päähän seinästä (kuva 2). Seinälle kiinnitettiin katseen tasolle selvästi seinästä erottuva kiintopiste.



KUVA 2. Mittaustilanteen valmistelu

Mittaustilanteessa käytettiin modifioitua Rombergin testiä, jossa tasapainoon vaikuttavia aistijärjestelmiä häiritään järjestelmällisesti, sen selvittämiseksi miten eri tasapainonsäätelyjärjestelmät osallistuvat tasapainon ylläpitämiseen. Testiin kuului neljä mittausta, jotka suoritettiin 30 sekunnin jaksoissa. Tutkittavalla ei saanut olla kenkiä jaloissa. Ensimmäinen mittaus tehtiin vakaalla alustalla silmät auki. Toinen mittaus tehtiin vakaalla alustalla silmät kiinni. Kolmas mittaus tehtiin epävakaalla alustalla silmät auki ja neljäs mittaus tehtiin epävakaalla alustalla silmät kiinni. Mittaukset tehtiin kahteen kertaan, mikäli mahdollista, joista paremmat tulokset otettiin mukaan analysoitavaksi. Mittaukseen oli käytettävissä noin 15 minuuttia per tutkittava.

Jalat asetettiin mittalevyllä olevien ohjausviivojen mukaiseen neutraaliin seisoma-asentoon, tai niin lähelle sitä kuin on mahdollista. Ellei ohjeen mukainen asento ollut mahdollinen, aseteltiin tutkittava niin lähelle sitä kuin mahdollista. Mittauksen aikana tutkittavan oli seisottava mahdollisimman hiljaa ja liikkumatta. Mikäli ilmeni mittaukseen vaikuttavia häiriöitä (liite 1), käynnissä oleva mittaus keskeytettiin ja aloitettiin uudelleen, pois lukien ne tapaukset, joissa mittaus keskeytyi välittömästi tasapainon pettämisen vuoksi. Silloin katsottiin turvallisemmaksi kirjata suoritus hylätyksi ilman uutta yritystä. Mittauksen aikana mittaajat pysyivät poissa tutkittavan näkökentästä. Mittauksen turvallisuuden vuoksi toinen mittaajista oli koko ajan varmistamassa, että mahdollisen horjahduksen satuessa tutkittava ei pääse kaatumaan. Mittaustuloksina saimme neljä eri tasapainoindeksiä per tutkittava. Mittaustietokanta ja niihin liittyvät haastattelutulokset yhdistettiin ja analysoitiin käyttämällä Excel-ohjelmistoa.

8 TUTKIMUSTULOKSET

8.1 Kyselytutkimus

Kyselylomakkeeseen vastasi yhteensä 31 henkilöä, jotka olivat iältään 65-92 vuotiaita. Näistä vastanneista jouduttiin tutkimuksen ulkopuolelle jättämään kaksi koehenkilöä, jotka eivät pystyneet suorittamaan tasapainomittausta loppuun asti. Tutkimukseen kelvollisia tuloksia oli siis lopulta 29, joista miehiä 8 ja naisia 21. Osa tutkittavasti asui vakituisesti palvelutaloissa ja osa itsenäisesti omassa kodissaan. Tutkimuksen rajauksen kannalta asumismuodon katsottiin kuitenkin olevan epäoleellinen tieto, koska ensisijaisesti tarkasteltiin kykyä ylläpitää tasapainoa. Tästä joukosta 15 henkilöä ilmoitti kaatuneensa viimeisen vuoden aikana. Kyselyssä ei tarkemmin määritelty onko kaatumisesta aiheutunut vammoja, vaan kaatumiseksi laskettiin jokainen tasapainon pettäminen, joka on jäänyt mieleen kaatumistapaturmana.

Tutkittavia pyydettiin arvioimaan neliportaisella asteikolla, miten he kokevat tasapainonsa. Oman tasapainonsa arvioi hyväksi 31% tutkittavista, keskinkertaiseksi 44,8%, huonoksi 20,7% ja erittäin huonoksi 3,4%. Esitiedoissa kysyttiin myös neliportaisella asteikolla, kuinka paljon tutkittavat pelkäävät kaatumista liikkueessaan ulkona tai sisätiloissa. Erittäin paljon kaatumista ilmoitti pelkäävänsä 3,4%, paljon 20,7%, vähän 31%, erittäin vähän 20,7% ja ei lainkaan 24,1%. Kaatumisen pelko tosin vaihteli kaatuneiden ja ei-kaatuneiden välillä suuresti ja saattoi liittyä enemmän yleiseen elämänasenteeseen kuin kykyyn ylläpitää tasapainoa. Kymmenen tutkittavaa ilmoitti käyttävänsä jotain liikumisen apuvälinettä, yleisin apuväline oli rollaattori, toiseksi yleisin pikkukeppi. Tarkempi taulukko kyselytutkimuksen vastauksista löytyy liitteestä 3. Liitteessä 5. on taulukoitu yhteenveto haastattelusta ja mittaustuloksista.

8.2 Mittaustulokset

Saaduista mittaustuloksista tarkasteltiin opinnäytetyön kohteena olleita neljää eri tasapainoindeksiä (taulukko 3). Mittaustulokset jaettiin kahteen ryhmään sen perusteella, oliko tutkittava ilmoittanut kaatuneensa viimeisen vuoden aikana vai ei. Tämän jälkeen ryhmien tasapainoindeksijä verrattiin keskenään (Liite 4). Verrattaessa kaatuneiden ja ei

kaatuneiden indeksejä toisiinsa, ryhmien välillä ei havaittu merkittäviä eroja. Nollahypoteesimme tutkimukseen lähdetessä oli, että kaatuneiden ryhmässä indeksit olisivat huonompia. Tulokset olivat kuitenkin jopa päinvastaiset, sillä ainoastaan vestibulaarisessa indeksissä kaatuneiden ryhmän tulokset olivat huonommat, mutta ero ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkittävä. Tilastollista merkitsevyyttä ryhmien välillä tutkittiin t-testien avulla, joista saadut p-arvot olivat kaikki suurempia kuin 0,05, jota pidetään yleensä tilastollisen merkitsevyyden raja-arvona.

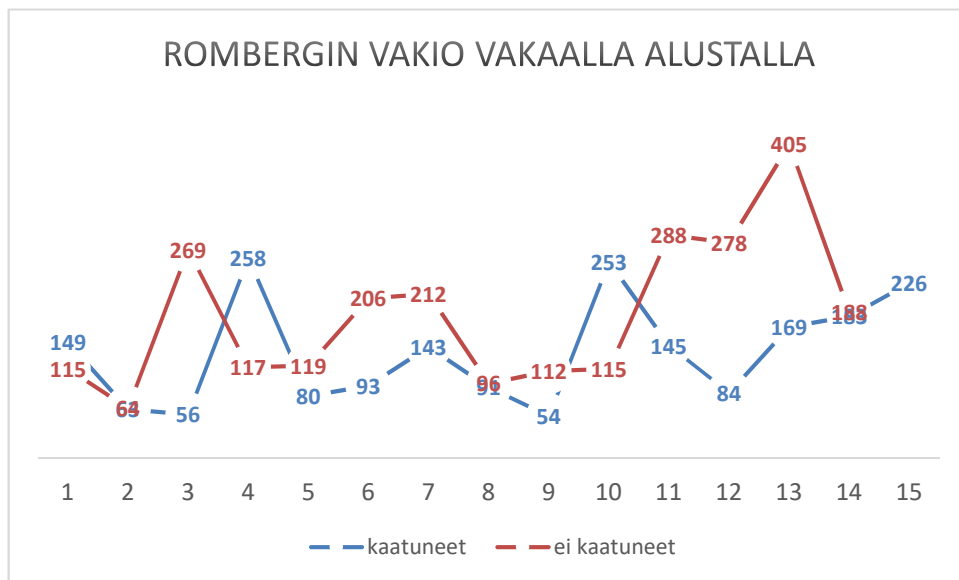
Tulosten käsittelyssä mittaustuloksia vertailtiin myös haastattelussa kartoitettuihin tunnettuihin kaatumisen riskitekijöihin. Kyselytutkimuksessa 24,1% tutkittavista arvioi oman tasapainonsa huonoksi tai erittäin huonoksi. Mitattujen tasapainoindeksien perusteella puolet tasapainonsa heikentyneeksi arvioineista suoriutui mittauksista ryhmien keskiarvoja heikommin. Muilla mittaustulokset olivat keskiarvon mukaisia tai jopa keskiarvoa parempia. Kaatumisen pelolla ja mittaustuloksilla ei ollut yhteyttä keskenään. Selkein yhteys heikentyneeseen tasapainoon oli liikkumisen apuvälineen käytöllä. Apuvälineitä käyttävien tutkittavien tasapainoindeksit olivat pääsääntöisesti jollain tasapainon osa-alueella alle keskiarvon.

TAULUKKO 3. Mittaustulokset ryhmittäin eri indeksien mukaan

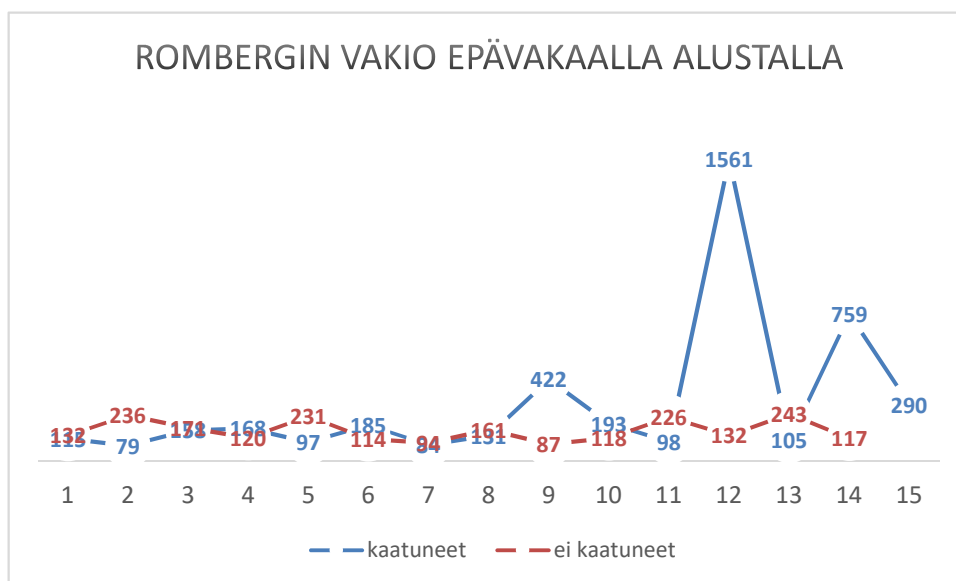
Onko kaatunut viimeisen vuoden aikana		Staattinen tasapainoindeksi vakaalla alustalla	Visuaalinen tasapainoindeksi vakaalla alustalla	Staattinen tasapainoindeksi epävakaa alustalla (proprioseptiikka)	Visuaalinen tasapainoindeksi epävakaa alustalla (Vestibulaarinen indeksi)
kyllä	keskiarvo	79,80	84,87	78,40	71,867
	N	15	15	15	15
	keskihajonta	13,235	13,569	9,991	20,7807
ei	keskiarvo	76,93	73,86	77,64	81,500
	N	14	14	14	14
	keskihajonta	15,289	17,386	16,430	14,4688
yhteensä	keskiarvo	78,41	79,55	78,03	76,517
	N	29	29	29	29
	keskihajonta	14,080	16,241	13,244	18,3607

Näiden indeksien lisäksi analysoitaviin parametreihin otettiin mukaan myös Rombergin vakio, jota käytettiin varmistamaan tulosten luotettavuutta, koska sen käyttökelpoisuus tasapainon tutkimisessa on jo osoitettu. Rombergin vakiossa verrataan silmät auki ja sil-

mät kiinni tapahtuvan huojunnan pinta-alan suuruutta toisiinsa. Smart Balance ohjelmistossa tulos ilmoitetaan prosentteina, joka lähes kaikissa tapauksissa on suurempi kuin 100, sillä näköpalaute normaalisti parantaa tasapainoa. Mitä suurempi prosenttilukema on, sitä enemmän se viittaa testattavan olevan riippuvainen näköhavainnoistaan. Vertailtaessa Rombergin vakioita tasapainoindekseihin löydettiin korrelaatio sen ja visuaalisen tasapainoindeksin välillä (liite 4.). Tuloksen perusteella voitiin todeta, että vaikka ryhmiä ei tasapainoindeksien perusteella voitukaan erotella toisistaan, ovat tulokset silti käyttökelpoisia, eikä esimerkiksi käyttämässämme ohjelmistossa ole ollut virhettä. Kuviossa 2. näkyy, ettei vakaalla alustalla mitatuissa Rombergin vakioissa ollut ryhmien välillä suurta eroa. Kuviossa 3. nähdään epävakaalla alustalla kaatuneiden ryhmässä jonkin verran enemmän huojuntaa silmät suljettuina. Erot ovat kuitenkin selvimpiä muutaman tutkitun yksilön tuloksissa suhteessa sekä kaatuneiden että ei-kaatuneiden ryhmiin, eikä senkään perusteella ryhmiä voitu erotella selkeästi toisistaan.



KUVIO 2. Rombergin vakio vakaalla alustalla



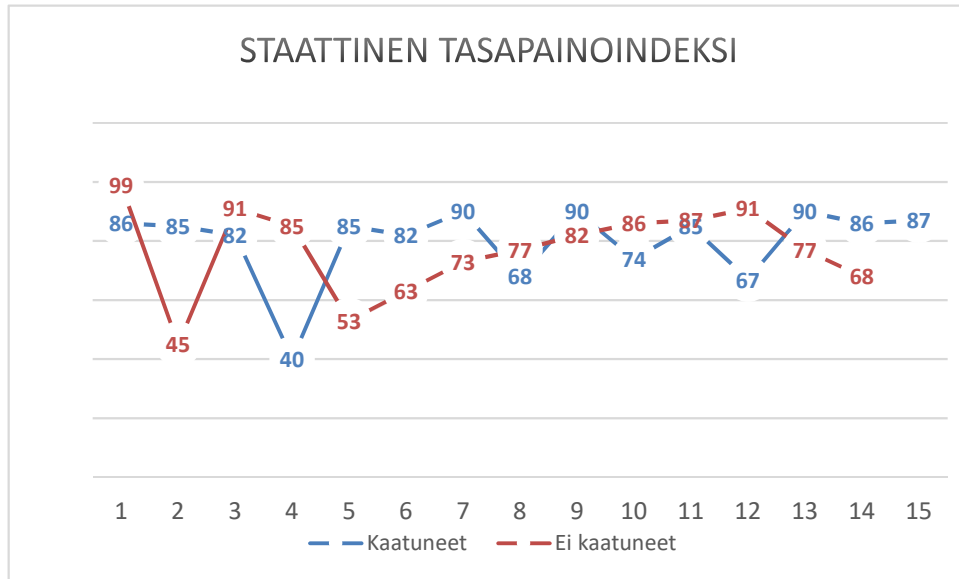
KUVIO 3. Rombergin vakio epävakaalla alustalla

8.3 Tasapainoindeksit ryhmittäin

Ryhmien saamia tasapainoindeksijä analysoitaessa ei ryhmien välillä ollut tilastollisesti merkittävää eroa (liite 4). Pienen otoskoon vuoksi tarkastelimme myös yksilöiden saamia mittaustuloksia ja vertailimme heikoimpia tuloksia ryhmien keskiarvoihin ja haastattelulla saatuihin esitietoihin (liite 5).

Staattinen tasapainoindeksi

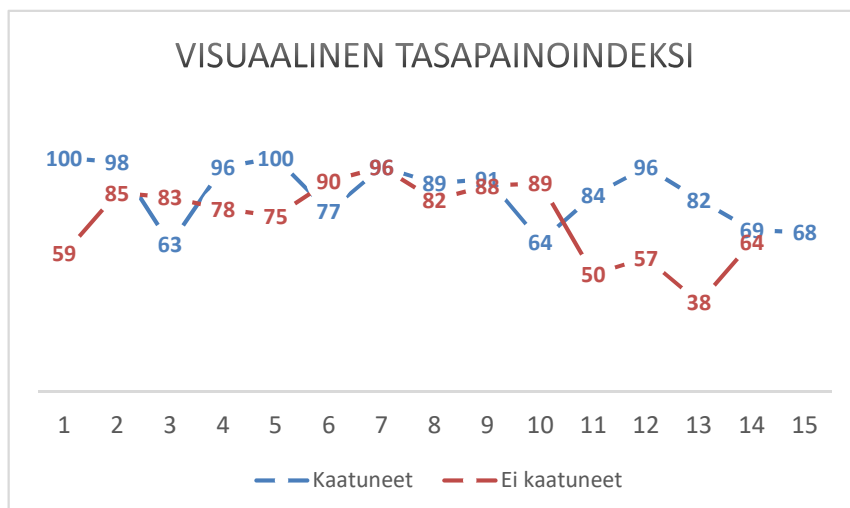
Vähiten hajontaa oli staattisessa tasapainoindeksissä, jossa kaatuneiden ryhmän indeksien keskiarvo oli 79,8 ja kaatumattomien 76,3 (kuvio 4). Staattinen tasapainoindeksi ei erottele eri aistijärjestelmien toimintaa, vaan käytössä ovat yhtä aikaa sekä visuaaliset vihjeet, asentotunto ja vestibulaarinen järjestelmä. Kun tutkittava saa palautteen kaikkien tasapainon säilyttämisen kannalta tärkeiden aistijärjestelmien kautta, useimmat pystyvät ylläpitämään staattisen pystyasennon ongelmitta. Vain neljällä kaatumisen ilmoittaneella staattinen tasapainoindeksi oli alle ryhmän keskiarvon, ei kaatuneiden ryhmässä vastaavia tuloksia oli viisi, joista kolmella oli käytössä jokin liikkumisen apuväline.



KUVIO 4. Staattinen tasapainoindeksi kaatuneet ja ei kaatuneet. Suurempi luku kuvaa parempaa tasapainoa. Asteikko 0-100.

Visuaalinen tasapainoindeksi

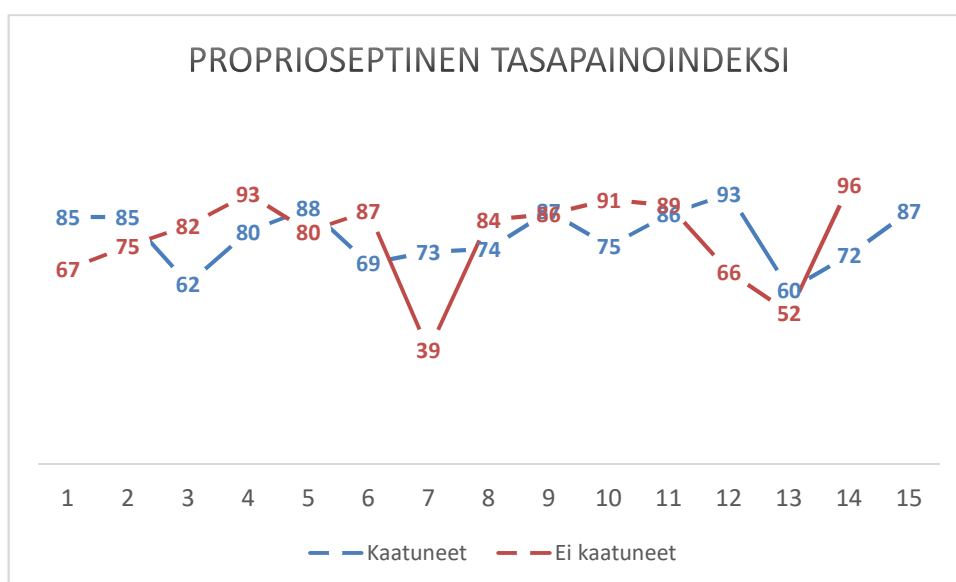
Visuaalisen tasapainoindeksin avulla pyritään kuvaamaan näkökyvyn vaikutusta tasapainon ylläpitämiseen. Tasapaino pysyy mittauksen aikana yllä proprioseptisen ja vestibulaarisen aistijärjestelmän antaman palautteen avulla. Visuaalisessa tasapainoindeksissä kaatuneiden ryhmän keskiarvo oli 85 ja ei kaatuneiden 74. Kaatuneiden ryhmässä alle ryhmän keskiarvon tuloksia oli 7, joista kahdella oli käytössä liikkumisen apuväline. Ei kaatuneiden ryhmässä alle ryhmän keskiarvon tuloksia oli 5, joista kahdella oli käytössä liikkumisen apuväline.



KUVIO 5. Visuaalinen tasapainoindeksi kaatuneet ja ei kaatuneet

Proprioseptinen tasapainoindeksi

Staattista tasapainoindeksiä epävakaalla alustalla kutsutaan myös proprioseptiseksi tasapainoindeksiksi. Epävakaa alusta on solumuovinen pehmuste voimalevyanturin päällä, joka vähentää jalkapohjien kautta tulevaa palautetta alustasta. Mittauksen aikana tasapainoa ylläpidetään visuaalisen ja vestibulaarisen aistijärjestelmän kautta. Pehmeä alusta vähentää asentotunnon antamaa palautetta, vaikka ei täysin sitä poistakaan. Tässä indeksissä ryhmien välillä oli kaikista vähiten eroa, sillä molempien ryhmien indeksien keskiarvo oli ~78. Alle keskiarvon tuloksia oli kaatuneiden ryhmässä 7, joista liikkumisen apuväline oli käytössä kahdella. Ei kaatuneiden ryhmässä alle keskiarvon tuloksia oli 5, joista kolmella oli käytössä liikkumisen apuväline.

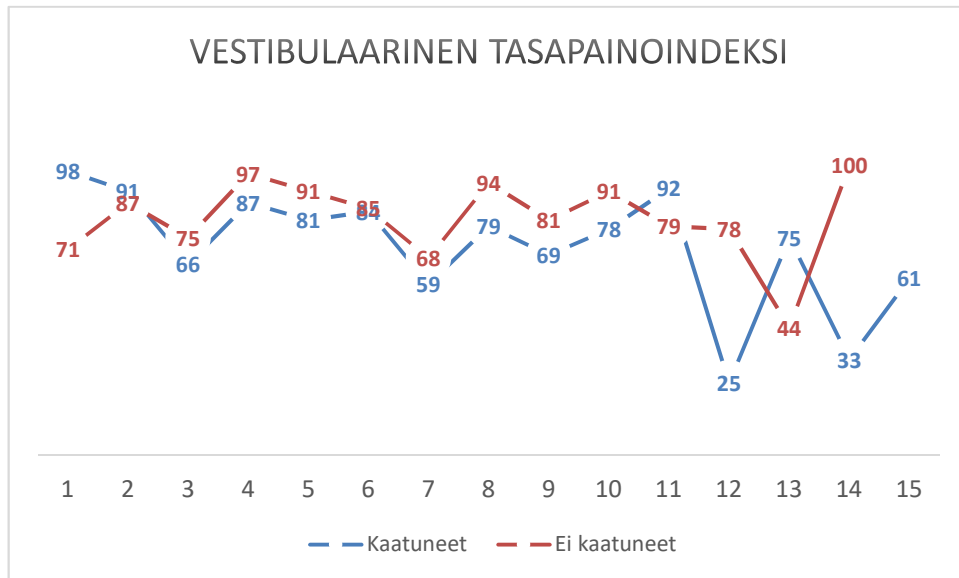


KUVIO 6. Proprioseptinen tasapainoindeksi kaatuneet ja ei kaatuneet

Vestibulaarinen tasapainoindeksi

Vestibulaarinen tasapainoindeksi mitataan silmät suljettuina pehmeällä alustalla. Silloin visuaaliset vihjeet eivät vaikuta tasapainon ylläpitämiseen ja pehmeä alusta häiritsee alustasta saatavaa proprioseptistä palautetta. Vestibulaarinen indeksi oli ainut missä voitiin havaita heikompia tuloksia kaatuneiden ryhmässä (kuvio 7). Näissä mittauksissa osa kaatumisen ilmoittaneista sai tulokseksi indeksin alle 40, mikä kertoo vestibulaarisen tasapainoaistin heikentyneestä toiminnasta. Kaatumisen ilmoittaneiden ryhmän tulokset oli-

vat näissä mittauksissa pääosin heikompia kuin ei kaatuneissa, ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkittävä, vaikka se kuvaajasta onkin luettavissa. Kaatuneiden ryhmän keskiarvo oli noin 71,9 ja ei kaatuneiden 81,5. Kaatuneiden ryhmässä tuloksia alle keskiarvon oli 6, joista kolmella oli käytössä liikkumisen apuväline. Ei kaatuneiden ryhmässä alle ryhmän keskiarvon tuloksia oli myös 6, joista kolmella oli käytössä liikkumisen apuväline.



KUVIO 7. Vestibulaarinen tasapainoindeksi kaatuneet ja ei kaatuneet

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimusongelmina oli selvittää, millainen yhteys tasapainoindekseillä on tutkittavan kaatumishistorian kanssa ja miten skaalatut tasapainoindeksit soveltuvat kaatumisriskin arvioimiseen. Tasapainoindekseillä ei tutkimuksessa tehtyjen mittausten perusteella voida luotettavasti erotella kaatuneita ei kaatuneista. Molemmat ryhmät suoriutuivat staattisista tasapainotesteistä suurin piirtein yhtäläisillä tuloksilla. Tasapainoindekseissä vain vestibulaari-indeksin mukaan heikoimmin suoriutuneiden joukossa oli myös enemmän kaatuneita. Ero ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. On mahdollista, että näkö- ja asentotuntoaisti kompensoivat vestibulaariaistin heikentyntä toimintaa myös iäkkäämmillä ja erot tulevat esiin vasta, kun niiden toimintaa häiritään mittaustilanteessa. Kaatuneiden tutkittavien tuloksissa oli vähemmän hajontaa kuin ei-kaatuneiden, mistä voisi päätellä, että ryhmässä, jossa kaatumisia ei ollut, kyky ylläpitää tasapainoa vaihteli enemmän. On mahdollista, että ei-kaatuneiden ryhmässä mittauksissa heikommin suoriutuneet saattaisivat olla tulevaisuudessa alttiimpia kaatumiselle kuin parhaiten suoriutuneet. Näiden mittausten perusteella ei kuitenkaan ole osoitettu, että indeksit ennustaisivat kaatumisriskiä, vaikka ne antavatkin tietoa yleisestä tasapainon tilasta.

Mittaustuloksia käsiteltäessä nousi esiin huomio, että indeksit antavat melko hyvän tuloksen myös niille tutkittaville, joiden tasapaino on silmin nähden heikentynyt. Sen perusteella voisi jopa ajatella, että indeksien skaalaamista voisi miettiä uudelleen. Esimerkiksi tulos noin 60 ilmoitetaan vihreällä, joka tarkoittaa vielä suhteellisen hyvää tulosta, mutta kyselytutkimuksen ja havaintojen perusteella useilla tutkittavilla, jotka saivat tuloksen sille alueelle, kyky ylläpitää tasapainoa oli selvästi heikentynyt. Mittaustuloksia saattaa osittain selittää se, että otannassa ei välttämättä ollut kuin muutama yksilö, joiden kaatumisriski on todellisuudessa jatkuvasti kohonnut pelkästään tasapainoa ylläpitävien aistijärjestelmien heikkenemisen vuoksi. Suurempi otoskoko olisi voinut johtaa selvempiin tuloksiin. Iäkkäillä ihmisillä myös yleinen terveydentila vaikuttaa kykyyn ylläpitää tasapainoa, esimerkiksi infektiot voivat heikentää väliaikaisesti tasapainoa suuresti ja aiheuttaa jopa kaatumisia, vaikka perustilanne olisikin hyvä. Otannan satunnaisuuden vuoksi tutkittaviksi saattoivat valikoitua sellaiset henkilöt, joiden liikkumiskyky on kohdallisen hyvä.

On myös mahdollista, että alustan ollessa vakaa, tasapainon ylläpitäminen on niin helppoa, että erot kyvyssä pitää asentoa yllä eivät tule tarpeeksi selvästi esiin. Koejärjestelyn puitteissa esimerkiksi horjahduksen aiheuttamisen turvallisesti ei ollut mahdollista, eikä käytössä olevilla menetelmillä voitu tutkia tasapainoreaktioita suuremmissa häiriötilanteissa. Tätä johtopäätöstä tukee myös kirjallisuuskatsauksessa esiin noussut tasapainon ylläpitämisen monimutkainen luonne, jonka vuoksi ei ole olemassa yhtä ainuttakaan testiä, jolla kaatumisriski voidaan luotettavasti ennustaa.

Mittausten luotettavuutta heikentää osittain myös se, ettei tutkimuksessa kontrolloitu sitä, mitä tutkittavat olivat tehneet ennen mittauksia ja olivatko he esimerkiksi valmiiksi rasituneita vai eivät. Myöskään mittausten suorittaminen täysin samaan aikaan päivästä kaikille ei ollut käytännön järjestelyjen kannalta mahdollista. Kaikille tutkittaville ei saatu tehtyä kahta mittausta, mikä saattaa osaltaan suurentaa mittausvirheen mahdollisuutta. Siitä huolimatta, että niissä tapauksissa, joissa kaksi mittausta onnistui, tulokset eivät merkittävästi muuttuneet mittausten välillä.

Kyselytutkimuksella pyrittiin kartoittamaan paitsi tutkittavien kaatumishistoriaa, myös kaatumisen tunnettuja riskitekijöitä. Haastattelun käyttäminen esitetietojen hankkimiseksi kaatumishistoriasta osoittautui joissain tapauksissa haastavaksi. Mikäli esitetiedot voitaisiin kerätä niin, että kaatumishistoriasta saataisiin tietoa myös hoitohenkilökunnalta tai omaisilta, silloin voitaisiin saada mahdollisesti varmempaa tietoa, koska joku muukin voi vahvistaa kaatumisten tapahtuneen. Mahdollisesti myös kaatumiseen johtaneista olosuhteista olisi silloin saatavilla luotettavampaa tietoa. Lopputyötä varten ei kuitenkaan ollut mahdollista käyttää tutkittavien terveystietoja. Esitetiedoista puuttui myös kysymys siitä, onko tutkittava ollut kuntoutuksessa kaatumisen jälkeen, jolloin mahdollinen harjoituksen vaikutus kykyyn säilyttää tasapaino jäi huomioimatta. Esitetiedoista jätettiin pois myös kysymys käytössä olevasta lääkityksestä. Lääkityksen selvittäminen olisi vaatinut pääsyä tutkittavien hoitotietoihin, koska oli mahdollista, etteivät huonokuntoisimmat tutkittavat välttämättä olleet tietoisia kaikista käytössään olevista lääkityksistä.

Mittaustilanteessa osalla tutkittavista tasapaino oli silmin nähden heikentynyt, mutta he kykenivät kuitenkin ponnistellen pitämään tasapainon vakaana 30 sekunnin mittauksen ajan. Itse mittaus ei ottanut kantaa siihen, onko tasapainon säilyttäminen työlästä vai vaivatonta. Voisi olla hyödyllistä myös verrata tasapainoindeksejä johonkin toiseen yleisesti käytettävään tasapainotestiin, kuten Bergin tasapainotesti, jotta voitaisiin selvittää myös

toiminnallisen tasapainon yhteys mittaustuloksiin. Esimerkiksi liikkumisen apuvälineet, joita joillain tutkittavista oli käytössään, oli todennäköisesti annettu käyttöön myös jonkin muun testin, kuin pelkän staattisen tasapainon testaamisen perusteella.

Opinnäytetyöhön käytettävissä olevan ajan puitteissa, ei ollut mahdollista järjestää seurantamittauksia. Kaatumisriskin selvittämisen kannalta voisi olla kuitenkin hyödyllistä toteuttaa sopivan ikäiselle kohdejoukolle kaksi mittausta, joiden välissä olisi noin vuosi. Silloin mahdolliset kaatumiset saattaisivat näkyä myös tasapainomittauksissa. Tähän työhön seuranta ei kuitenkaan kuulunut, eikä seurantamittausten tekeminen olisikaan mahdollista, koska tulokset kerättiin anonymisti. Harjoittelun vaikutus tasapainoindeksiin olisi myös mielenkiintoinen tutkimusaihe, joka kuitenkin rajattiin tästä tutkimuksesta pois.

Opinnäytetyöprosessi kokonaisuudessaan oli meille opettava kokemus. Haasteita aiheuttivat opinnäytetyön lopullinen aiheen rajausta sekä aikataulujen sovittaminen yhteen kaikkien opinnäytetyöhön osallistuneiden osapuolten kesken. Myös tutkimuksemme tulosten käsittely ja analysointi oli haastavaa sillä lähtötaso tilastotieteeseen ja sen erityispiirteisiin oli puutteellinen. Tietämyksemme tasapainoon vaikuttavista mekanismeista ja niiden mittaamisesta syveni kuitenkin merkittävästi prosessin aikana ja tulemme näistä opeista hyötymään varmasti myös tulevaisuudessa fysioterapian ammattia harjoittaessamme. Myös yhteistyö Hur Oy:n kanssa ollut palkitsevaa ja olemme tyytyväisiä, että pääsimme tekemään opinnäytetyömme työelämäyhteistyössä.

LÄHTEET

Aiken, L. 1995. Aging. An introduction to gerontology. London: Sage publications.

Darowski, A. 2008. Falls: The facts. Oxford University Press.

Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M. & Aromaa, A. Postural balance in a random sample of 7979 subjects aged 30 years and over. 2006. Gerontology 52, 204- 213.

Hartikainen, E. 2017. Dynaamisen tasapainotestin toistettavuus ja validointi. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian tiedekunta. Pro gradu – tutkielma.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Horak F.B. 2006. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls. Age and Ageing, 35-S2. Oxford University Press.

Hur Oy. 2015. iBalance SmartTouch - käyttöohje. Luettu 12.2.2018.

Karlsson, A. & Frykberg, G. 2000. Correlations between force plate measures for assessment of balance. Department of Systems and Control, Uppsala University.

Kejonen, P. 2002. Body movements during postural stabilization. Oulun yliopisto. Lääketieteiden tiedekunta. Pro gradu-tutkielma.

Lipsonen, A. diplomi-insinööri. 2017. 2012. Palaveri 20.12.2017. Tampere.

Lupsakko, T. & Ikäheimo, K. 2008. Geriatria. Iäkkäiden aistiongelmät: kun ei kuule ja näkökin reistaa. Helsinki: Edita

- Mengarelli, A., Verdini, F., Gardarelli, S., Di Narda, F., Burattini, L. & Fioretti, S. 2018. Balance assesment during squatting exercise: A comparison between laboratory grade force plate and a commercial, low cost device. *Journal of Biomechanics* vol. 71.
- Mänty, M., Sihvonen, S., Hulkko, T. & Lounamaa, A. 2006. Iäkkäiden henkiöiden kaatumistapaturmat – opas kaatumisten ja murtumien ehkäisyyn. Helsinki: Kansanterveyslaitoksen julkaisuja. Luettu 30.11.2017. <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/78142/2006b08.pdf?sequence=1>
- Pajala, S 2016. Iäkkäiden kaatumisten ehkäisy. Helsinki: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Luettu 16.7.2018. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/>
- Paltamaa, J. 2004. Tasapainon tutkiminen ja kliiniset tasapainotestit. *Fysioterapia* 51/2004, 10-14.
- Rubenstein, L.Z. 2006. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing* vol 35.
- Saari, P. 2007. Ikääntyminen ja terveys. Kaatumiset ja kaatumistapaturmat. Helsinki:Edita.
- Sainio, P; Koskinen, S; Sihvonen, A-P; Martelin, T; Aromaa; A. 2013. Gerontologia, Iäkkään väestön terveyden ja toimintakyvyn kehitys. Duodecim.
- Sand, O., Sjaastad, O., Haug, E., Bjålie, J. & Toverud, K. 2013. Ihminen fysiologia ja anatomia. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen. Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Helsinki: VK-Kustannus.
- Sarabon, N., Mlaker, B. & Markovic, G. 2010. A novel tool for the assessment of dynamic balance in healthy individuals. *Gait & Posture* 31, 261-264.

Schlicht, J., Camaione, D.M. & Owen, S.V. 2001. Effect of Intense Strength Training on Standing Balance, Walking Speed, and Sit-to-Stand Performance in Older Adults. *The Journals of Gerontology* 56/2001.

Sievänen, H., Karintaka, S., Tokola, K., Pajula, S., Vasankari, T. & Kaikkonen, R. Iäkkäiden toimintakyky, liikkuminen ja kaatumiset Suomessa 2013 – ATH-tutkimuksen tuloksia

Sihvonen, S. 2014. Postural balance and aging: Cross-sectional Comparative Studies and a Balance Training Intervention. Jyväskylän yliopisto. Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta. Väitöskirja.

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. 2017. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practise*. Philadelphia: Wolters Kluwer.

Vilka, H. 2007. *Tutki ja mittaa*. Helsinki: Tammi.

LIITTEET

Liite 1. Häiriölista

Testiin kuuluu neljä mittausta. Mittaukset suoritetaan 30 sekunnin jaksoissa, tukittavalla ei saa olla kenkiä jaloissa. Ensimmäinen mittaus tehdään vakaalla alustalla silmät auki, toinen mittaus tehdään vakaalla alustalla silmät kiinni, kolmas mittaus tehdään epävakaaalla alustalla silmät auki ja neljäs mittaus tehdään epävakaaalla alustalla silmät kiinni. Mittaukset tehdään kahteen kertaan, joista parempia tuloksia käytetään tutkimuksessa. Mittaukseen on käytettävissä 15 minuuttia per koehenkilö.

Jalat asetetaan mittalevyllä olevien ohjausviivojen mukaiseen neutraaliin seisoma-asentoon, tai niin lähelle sitä kuin mahdollista. Ellei ohjeen mukainen seisoma-asento on ole mahdollinen, seisotaan niin lähellä sitä kuin mahdollista ja levyn päälle asetetaan paperi, johon jalkojen asento piirretään ja jota käytetään mittausten ajan perusasentona.

Testin aikana on seisottava mahdollisimman liikkumatta. Käynnissä oleva mittaus keskeytetään ja aloitetaan uudelleen mikäli:

- joku tulee mittauksen aikana mittaustilaan
- koehenkilö puhuu mittauksen aikana
- koehenkilö aivastaa tai yskii
- koehenkilön jalka irtoaa mittausalustasta
- koehenkilö avaa silmänsä silmät suljettuna tehtävän mittauksen aikana
- tapahtuu jokin muu ulkopuolinen häiriö, johon koehenkilö reagoi

Liite 2. Esitietolomake

Kyselylomake tasapainotutkimuksen osallistujille

Kyselylomakkeella kartoitetaan tutkimukseen osallistuneiden kaatumishistoriaa ja tasapainon tilaa, sekä mahdollisia tasapainoon vaikuttavia tekijöitä.

Kaikki tiedot käsitellään luottamuksellisesti, mittaajat ovat allekirjoittaneet salassapitosopimuksen, eikä mittaustuloksia pystytä jälkeinpäin yhdistämään kehenkään tutkimukseen osallistuneeseen.

Nimi

Päiväys

Syntymäaika

Sukupuoli mies / nainen

Käytättekö liikkumisen apuvälineitä? kyllä/ ei

Jos käytätte, mitä?

Oletteko kaatuneet viimeisen vuoden aikana? kyllä/ ei

Jos olette, millaisissa olosuhteissa (alusta, valaistus)?

Millaisena koette tämänhetkisen tasapainonne

hyvä
keskinkertainen
huono
erittäin huono

Pelkättekö kaatumista liikkuessanne ulkona tai sisätiloissa

erittäin paljon
paljon
vähän
erittäin vähän
en lainkaan

Liite 3. Kyselylomakkeen tulokset

Sukupuoli	Lukumäärä	%
Mies	8	27,6
nainen	21	72,4
Yhteensä	29	100,0
Käyttääkö liikkumisen apuvälineitä		
kyllä	10	34,5
ei	19	65,5
Yhteensä	29	100,0
Onko kaatunut viimeisen vuoden aikana		
kyllä	15	51,7
ei	14	48,3
Yhteensä	29	100,0
Oma arvio tasapainosta		
hyvä	9	31,0
keskinkertainen	13	44,8
huono	6	20,7
erittäin huono	1	3,4
Yhteensä	29	100,0
Pelkääkö kaatumista		
erittäin paljon	1	3,4
paljon	6	20,7
vähän	9	31,0
erittäin vähän	6	20,7
en lainkaan	7	24,1
Yhteensä	29	100,0

Liite 5. Haastattelun tulokset ja tasapainoindeksit

nro	ikä	Sukupuoli	1 = apuväline, 2 = ei apuvälinettä	1 = kaatunut, 2 = ei kaatunut	Oma arvio tasapainosta 1-5, hyvä - erittäin huono	Kaatumisen pelko 1-5, ei lainkaan - erittäin paljon	Saattimen tasapainoindeksi	Visuaalinen tasapainoindeksi	Proppioseptinen tasapainoindeksi	Vestibulaarinen tasapainoindeksi
1	74	2	2	1	1	5	86	100	85	98
2	71	2	2	1	1	4	85	98	85	91
3	88	2	1	2	3	2	99	59	67	71
4	88	2	2	2	2	2	45	85	75	87
5	69	2	2	2	1	5	91	83	82	75
6	66	2	2	2	1	4	85	78	93	97
7	86	1	1	2	3	3	53	75	80	91
8	68	1	2	2	2	3	63	90	87	85
9	88	2	1	2	3	2	73	96	39	68
10	77	2	2	1	4	4	82	63	62	66
11	88	1	2	1	2	4	40	96	80	87
12	82	2	1	1	3	2	85	100	88	81
13	76	2	2	1	1	3	82	77	69	84
14	79	2	2	2	2	5	77	82	84	94
15	65	2	2	2	1	5	82	88	86	81
16	66	1	2	1	2	3	90	96	73	59
17	73	2	2	2	2	3	86	89	91	91
18	92	2	1	1	1	2	68	89	74	79
19	85	1	1	1	2	2	90	91	87	69
20	75	1	1	1	2	3	74	64	75	78
21	94	2	1	1	3	1	85	84	86	92
22	89	1	2	1	2	5	67	96	93	25
23	72	2	2	2	1	3	87	50	89	79
24	82	2	2	1	2	4	90	82	60	75
25	69	2	2	2	1	3	91	57	66	78
26	84	2	2	1	2	5	86	69	72	33
27	92	2	1	2	3	3	77	38	52	44
28	75	1	2	2	2	5	68	64	96	100
29	72	2	1	1	2	4	87	68	87	61