

Ainone- tasapainomittauslaitteen validiteetti

LAB-ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti (AMK), Sosiaali- ja terveysala

2022

Katajasaari Ville, Kautto Miro, Lainila Jarkko

Tiivistelmä

Tekijä(t) Ville Katajasaari, Miro Kautto, Jarkko Lainila	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 40	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Ainone tasapainomittauslaitteen validiteetti		
Tutkinto ja koulutusala Fysioterapeutti (AMK)		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Kari Kauranen, yliopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Ainone tasapainomittauslaitteen validiteetti staattisissa tasapainotesteissä. Tasapainotesteissä käytettiin vertailulaitteena HurLabs BT4 – voimalevyä. Staattisissa tasapainotesteissä tarkasteltiin huojunnan pituutta, nopeuden keskihajontaa ja huojunnan pinta-alaa. Opinnäytetyön yhteistyökumppanina oli Ainone Oy.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 10 koehenkilöä. Mittaukset suoritettiin LAB-ammattikorkeakoulun Lappeenrannan kampuksen biomekaniikan laboratoriossa. Mittausasennot, joita käytettiin, olivat Rombergin testi silmät kiinni, tandem asento silmät auki, sekä kiinni, oikealla ja vasemmalla jalalla yhden jalan seisonta kovalla alustalla silmät auki, sekä oikealla ja vasemmalla jalalla yhden jalan seisonta pehmeällä alustalla silmät auki. Tasapainomittaus suoritettiin siten, että Ainonen tasapainomittauslaite ja HurLabs BT4 voimalevy mittasivat samanaikaisesti. Yksittäinen mittaus kesti 30 sekuntia ja tässä ajassa voimalevy mittasi yhden tuloksen ja tasapainomittalaite mittasi kaksi kymmenen sekunnin tulosta, joista laskettiin keskiarvo. Tutkimustulokset analysoitiin SPSS-ohjelmalla määrällisin menetelmin.</p> <p>Tässä tutkimuksessa seitsemästä mittausasennosta kuudessa korrelaatio oli vähintään kohtalaista ollen yli 0.3. Hurlabs Balancen ja Ainone -tasapainomittauslaitteen väliset tulokset eivät kuitenkaan korreloineet vahvasti toisiaan ja vain yksittäisissä vertailuissa korrelaatio oli suurempaa kuin 0.7. Huojunnan pituuden sekä pinta-alan tuloksista heikkoa korrelaatiota esiintyi vain pehmeällä alustalla tehdyssä oikean jalan mittauksessa. Nopeuden keskihajonnoista heikkoa korrelaatiota esiintyi vain tandemseisonnassa silmät auki.</p> <p>Laite soveltuu erityisesti ikääntyneiden kaatumisvaaran arviointiin ja yleisen toimintakyvyn seurantaan, koska validiteetti oli voimakkainta asennoissa, joissa huojuntaa esiintyy eniten. Yksi käyttökohde voisi olla myös neurologisten sairauksien diagnosoinnin apuväline.</p>		
Asiasanat tasapaino, tasapainomittauslaite, validiteetti, asennon hallinta, asentohuojunta, voimalevy		

Abstract

Author(s) Ville Katajasaari, Miro Kautto, Jarkko Lainila	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 40	
Title of Publication The validity of Ainone balance measuring device		
Degree, Field of Study Physiotherapist (UAS)		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Kari Kauranen, Principal lecture, LAB University of applied sciences		
Abstract <p>The purpose of this study was to examine the validity of Ainone balance measurement device in static balance tests. During the balance tests the HurLabs BT4 force plate was used as a comparison device. Length of sway, standard deviation of velocity, area of sway were measured in the static balance tests. Ainone Oy was our partner in this thesis.</p> <p>The research involved 10 participants. The measurements were carried out in the biomechanics laboratory of LAB - university of applied sciences in the campus of Lappeenranta. The static balance tests which were used in this study were Romberg's test with eyes closed, tandem position with eyes open and closed, one leg standing with right and left leg on a hard base and one leg standing with right and left leg on a soft base. The static balance tests were done simultaneously with the Ainone balance measurement device and the HurLabs force plate. The length of one single measurement was 30 seconds and during this time the force plate measured one result and the balance measurement device measured two results whose average was calculated for analyzing results. The results were analyzed with quantitative methods using SPSS – program.</p> <p>In this study, six out of seven measurement positions correlated at least moderately, correlation being over 0.3. However the results between Hurlabs Balance and the Ainone Balance measuring device did not correlate strongly with each other, and only in individual comparisons the correlation was greater than 0.7. Regarding the results of swing length and surface area, a weak correlation occurred only in the measurement of the right leg made on a soft surface. A weak correlation of the standard deviation of speed only occurred in tandem standing eyes open</p> <p>The device is particularly suitable for assessing the risk of falls in the elderly and for monitoring general functional ability, because the validity was strongest in positions where swaying occurs the most. One intended use could also be an aid for diagnosing neurological diseases.</p>		
Keywords balance, balance measurement device, validity, postural control, postural sway, force plate		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Opinnäytetyön tausta.....	1
1.2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimuskysymykset	2
2	Tasapaino.....	4
2.1	Tasapainon säätely.....	4
2.2	Tasapainorefleksit.....	9
2.3	Tasapainon säilyttämisstrategiat.....	9
2.4	Tasapainon mittaaminen.....	10
3	Mittarin validiteetin tutkiminen	13
4	Tutkimusmenetelmät	14
4.1	Tutkimisaineisto.....	14
4.2	Tutkimusasetelma.....	14
4.3	Tiedonkeruumenetelmät	16
4.4	Tutkimuksen eettiset näkökulmat.....	19
4.5	Aineiston analysointi	19
5	Tulokset.....	21
5.1	Validiteetti eri mittausasentojen välillä.....	21
5.2	Validiteetti eri parametrien välillä	21
6	Pohdinta	25
6.1	Aineisto.....	25
6.2	Menetelmät.....	25
6.3	Tulokset.....	26
6.4	Jatkotutkimusaiheet	26
7	Johtopäätökset	28
	Kuvat, kuvat ja taulukot.....	29
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1. Suostumuslomake

Liite 2. Saatekirje

Liite 3. Tietosuojalomake

Liite 4. Yhteistyösopimus

Liite 5. Sijainti- ja hajontaluvut

Liite 6. Korrelaatiot huojunnan pituudelle

Liite 7. Korrelaatiot huojunnan pinta-alalle ja nopeuden keskihajonnalle

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Validiteettia tutkiessa tulee kliinisessä käytössä olevien laitteiden luotettavuus testata vertaamalla laitteita erilaisin testein ja tutkimuksin (Cabitza, F. Ym. 2020). Nämä tutkimukset usein sisältävät laitteen vertaamista kultaisen standardin saaneeseen laitteeseen (Annarumma, M. Ym. 2019). Laitteiden vertaaminen kultaiseen standardiin tapahtuu usein määrällisin mittauksin, jonka pohjalta voidaan analysoida laitteen luotettavuutta (Winter, P. Carusi, A. 2022).

Kaatumiset ovat yksi merkittävin tekijä loukkaantumisissa maailmanlaajuisesti. Tasapainon säilyminen pystyasennossa korostuu ikääntyneillä ihmisillä. Yli 64-vuotiailla kaatumistapauksia esiintyy vuosittain 28–35 %. (Chen, B. Liu, P. Xiao, F. Liu, Z. Wang, Y. 2020). Kaikista ikääntyneiden traumaperäisistä kuolemista 40 % on kaatumisesta johtuvia. (Zampogna, A. Ym. 2020.)

Kaatumisen kustannusarvion suuruusluokkaa Suomessa tutkinut Pajala on todennut tutkimuksessaan (Pajala, 2016, 14), että kaatumisten kokonaiskustannukset voivat nousta vuoden jälkeen kaatumisesta 19 000 euroon potilasta kohden. Terveystieteiden tutkimuskeskus on tutkimuksessaan (2019) todennut, että 75-84 vuotiaiden naisten kaatumistapauksia, jotka vaativat sairaalahoitoa, on tilastoitu noin 6700 kappaletta vuosina 2013-2015. Suurin osa tapaturmista johtui kaatumisista ja putoamisista. Nurmi-Luthje ja Lillsunde totesivat tutkimuksessaan (2018), että lonkkamurtumapotilaan kustannukset nousevat noin 49 000 euroon vuodessa, jos potilas on ennen tapaturmaa asunut kotonaan. Heistä 13 % jää pysyvästi laitoshoitoon ja 5 % kuolee ensimmäisen kuukauden sisällä.

Tulevaisuudessa fysioterapian sisältö tulee olemaan yhä enemmän tietotekniikkaan ja teknologiaan tukeutuvaa. Tämän seurauksena ihmisten tarkempi terveydentilan seuraaminen on mahdollista sensoriteknologian avulla (Kauranen 2021, 635). Erilaisten testauspalveluiden määrä on lisääntynyt niin urheilijoiden testauksessa, kuin kaiken kuntoisten suorituskyvyn mittaamisessa (Pekkarinen, V.M. 2015).

Asiakkaan kotona tapahtuvaan mittaamiseen soveltuvan sensoriteknologian lisääntynyt käyttö haastaa tutkijat etsimään käytännöllisiä ja helppokäyttöisiä vaihtoehtoja tasapainon mittaukseen (Kelly, D 2021). Tutkimuksen mukaan tapahtuneiden aivotärähdysten toteaminen nuorilla yliopistourheilijoilla on spesifimpää sensoreiden avulla mitattuna, kuin kvalitatiivisen mBESS (engl. modified balance error scoring system) - mittarin avulla (King, L.A 2017). Puettavien sensoreiden avulla on päästy parempiin tuloksiin kaatumisen ehkäisyssä

ja kaatumisvaaran arvioinnissa (Oh-Park, M 2021). Tutkimuksen mukaan henkilöt, jotka sairastivat Parkinsonin tautia, hyötyivät sensoreiden avulla tehdystä tasapainoharjoittelusta, joka sisälsi toiminnallisia harjoitteita. Sensorit antoivat näköön ja kuuloon perustuen palautetta harjoittelun aikana (Carpinella, I 2017).

LAB-ammattikorkeakoululta tuli aloite sensoripohjaisen tasapainomittarin validiteetin tutkimiseen. Aikaisemmin tasapainoa on pystytty mittaamaan ammattikorkeakoulun laboratoriossa voimalevyllä, mutta laitetta on työlästä siirtää muualle. Tasapainoa olisi tärkeää voida mitata myös asiakkaan kotona ja opinnäytetyössä pyritään ratkaisemaan mikä sensoripohjaisen tasapainomittarin validiteetti on verrattuna voimalevyyn. Yhteistyökumppani Ainone on suomalainen yritys, joka on kehittänyt tasapainomittaussovelluksen nimeltään Ainone Balance ja puettavan sensorin, joka on Suunnon valmistama. Laite on CE-merkitty lääkinällinen laite, joka on suunniteltu terveydenhuollon ja valmennuksen ammattilaisille. Asiakkaan kehon huojuntaa voidaan mitata erilaisissa asennoissa ja mittaaja saa numeerista tietoa kuntoutuksen ja lääketieteellisen diagnostiikan avuksi. (Ainone 2021).

1.2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia Ainone tasapainomittauslaitteen validiteettia tasapainon mittauksessa. Tutkimusongelmana on Ainone mittausominaisuuksien validiteetin selvittäminen verrattuna käytössä oleviin tasapainomittausjärjestelmiin. Tasapainolaitetta verrattiin Hurlabs BT4-voimalevyyn. Toisena tutkimusongelmana oli validiteetin selvittäminen eri mittausasentojen välillä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on vastata seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti?
 - 1.1. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti huojunnan pituuden mittaamisessa
 - 1.2. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti nopeuden keskihajonnan mittaamisessa
 - 1.3. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti huojunnan pinta-alan mittaamisessa
2. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti eri mittausasennoissa?
 - 2.1. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti Romberg jalat yhdessä testissä
 - 2.2. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti tandemseisonnassa

2.3. Mikä on Ainone-tasapainomittausjärjestelmän validiteetti yhden jalan seisonnassa

2 Tasapaino

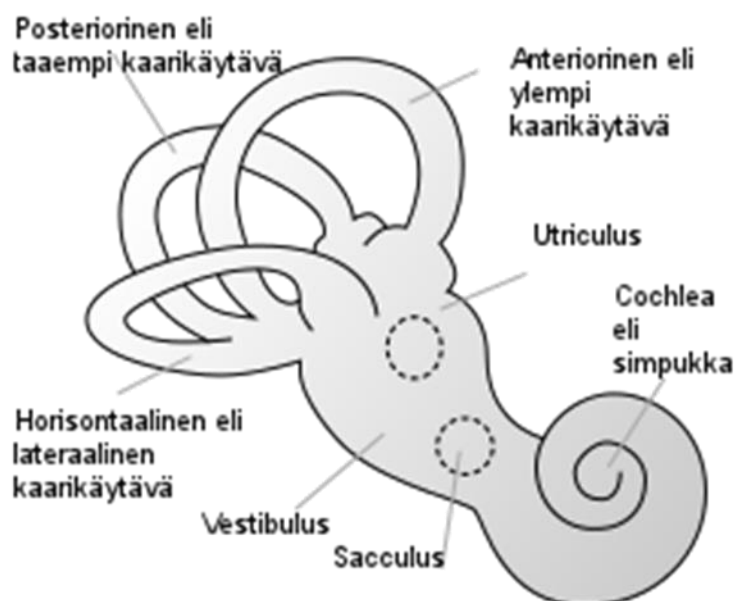
Tasapaino määritellään yleisesti kyvyksi pitää vartalon massakeskipisteen kautta kulkeva luotisuora tukipinnan sisäpuolella. Tasapainonsäätelyjärjestelmä koostuu kolmesta yhteistyötä tekevästä järjestelmästä, jotka ovat visuaalinen, sensomotorinen ja vestibulaarinen järjestelmä. Tasapaino voidaan luokitella neljään eri tyyppiluokkaan, ja ne ovat staattinen, dynaaminen, ennakoiva ja reaktiivinen tasapaino (Schedler, S. Kiss, R. Muehlbauer . 2019). Ikääntyessä tasapainon heikentymiseen liittyy lihasvoiman laskun lisäksi somatosensorisen-, visuaalisen ja vestibulaarijärjestelmän rakenteelliset ja toiminnalliset muutokset. (Zampogna, A. YM. 2020).

2.1 Tasapainon säätely

Tasapainoelin

Ihmisen tasapainoelinjärjestelmä jaetaan sentraaliseen ja perifeeriseen järjestelmään. Järjestelmän sentraalinen osa sisältää neljä tasapainotumaketta, jotka sijaitsevat ydinjatkeen alueella. Näiden tasapainotumakkeiden päätehtäviä tasapainonsäätelyssä ovat suunnitautuminen, orientoituminen ja navigointi lähiympäristössä. Perifeerisen tasapainojärjestelmän tehtävä on huolehtia asentojen ja liikkeiden aistimisesta. Perifeerisen tasapainojärjestelmän keskeinen osa on tasapainoelin (labyrinthus vestibularis), joka sijaitsee molemmissa sisäkorvan kalvosokkeloissa. Tasapainoelin koostuu tasapainoreseptoreista, jotka aistivat kehon eri liikkeitä ja asentoja (Kauranen & Nurkka 2014, 342.)

Tasapainoreseptoreita on kahdenlaisia: asento- ja liikereseptoreita. Asentoreseptoreihin sisältyvät kaksi pientä rakkulaa, jotka ovat halkaisijaltaan 2 mm. Toinen rakkula on soikea rakkula (utrículus) ja toinen on pyöreä (sacculus). Rakkuloiden sisällä tukisolujen joukossa on karvasolureseptoreita. Tämän kokonaisuuden tehtävä on välittää tietoa keskushermostolle pään asennosta. Liikereseptoreihin kuuluvat kolmessa eri tasossa olevat kaarikäytävät (canalis semicircularis anterior, -lateral ja -posterior). Reseptorit ovat järjestäytyneet toisiinsa nähden siten, että niiden on mahdollista aistia pään asentoa ja kaarevaa sekä suoraviivaista liikettä kaikissa kolmessa eri liiketasossa (Kauranen & Nurkka 2014, 342.) Tasapainoelimestä lähtevä tieto kulkee kahdeksannen aivohermon, eli tasapaino- kuulohermon sensoristen hermosyiden kautta aivorungossa sijaitseviin tasapainotumakkeisiin (Sand, Sjaastad, Haug, Bjålie & Toverud 2013, 164-166.) Tasapainotumakkeiden tehtävä on hermoimpulssien yhdistely kokonaisuudeksi ja informaation jakaminen eteenpäin (Kauranen, K 2011, 192.)



Kuva 1. Tasapainoelin (Wikipedia. Hyvänlaatuinen asentohuimaus. 2022)

Näköaisti

Näköaistin avulla ihminen orientoituu ympäristöönsä ja saa valtaosan informaatiostaan sen kautta. Näköaistin ansiosta ihminen pystyy kontrolloimaan tasapainoaan perustuen erityisesti horisonttiviivaan. Ihminen saa näköaistin avulla tietoa lähiympäristössä olevista kohteista, sekä niiden sijainnista ja mahdollisesta liikkumisnopeudesta. Ihmisen näköaivokuorella sijaitsevat neuronit reagoivat ja käsittelevät ympäristöstä saatavaa visuaalista informaatiota pääosin erilaisten valoviivojen avulla (Kauranen & Nurkka 2014. 345,348.)

Erilaisilla pysty- ja vaakalinjoilla on suuri merkitys ihmisen hahmottaessa asentoaan ja paikkaansa ympäristössä. Erityisesti vaakatasossa kulkevalla horisonttilinjalla näyttäisi olevan merkitystä ihmisen tasapainon visuaalisessa säätelyssä. Ihmisellä on kaksi näköaluetta, tarkan näön alue ja laajan näön alue. Tarkan näön alue keskittyy kohteiden ja esineiden tunnistamiseen. Laajan näön alue orientoi ihmistä lähiympäristöön. Ihmisen motorisen suorituskyvyn kannalta oletetusti keskeisempi on laajan näön alue, jota ihminen käyttää ensisijaisesti liikkeiden ja toiminnan kontrolliin. (Kauranen 2011. 157,161.)

Tasapainotumakkeissa synapsoivilla tuojaneuroneilla on runsaat neuraaliset yhteydet silmien liikkeitä säätelevien tumakkeiden kanssa. Nämä neuroniyhteydet koordinoivat ja hoitavat tasapaino-silmärefleksejä. Näiden refleksien ja hermoratojen tehtävä on korjata ja kohdistaa katse, sekä sen suunta, kun pää liikkuu ja muuttaa asentoa. Esimerkiksi kun ihminen kohdistaa katseensa johonkin tiettyyn kiintopisteeseen, ja kiertää päätään samalla oikealle ja vasemmalle, ihminen pystyy erottamaan kiintopisteen selkeästi. Vastaavasti, kun kiintopistettä liikutetaan nopeasti vasemmalle ja oikealle edestakaisin, kiintopistettä ei

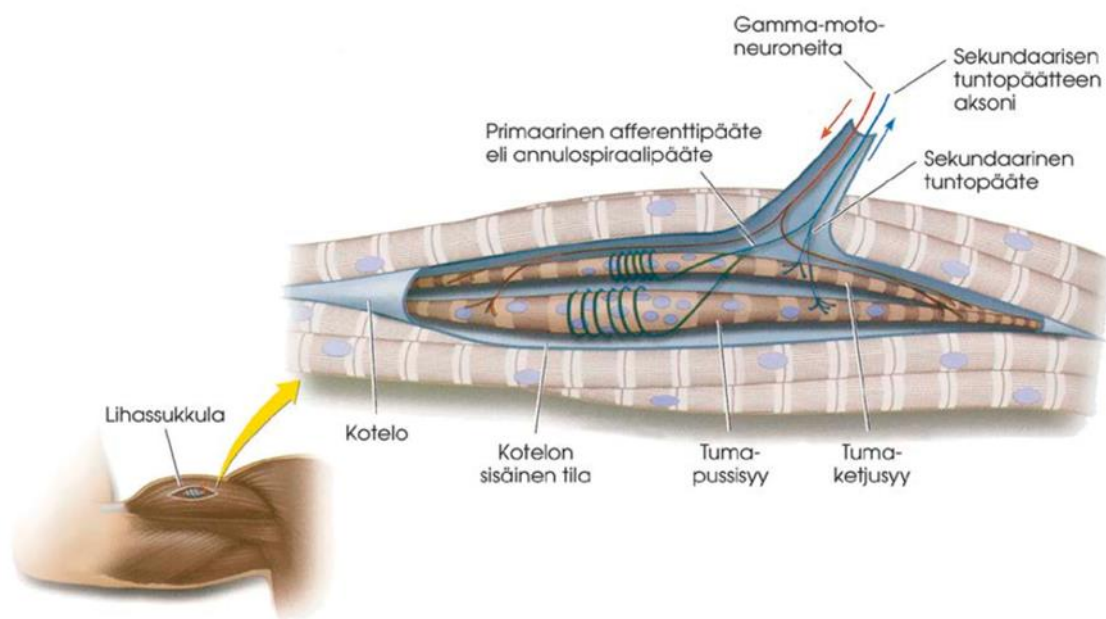
pystytä erottamaan selkeästi. Ensimmäisessä esimerkissä kaarikäytävät auttavat kohdistamaan silmät kiintopisteeseen. Jälkimmäisessä esimerkissä tätä avustavaa toimintoa ei kuitenkaan ilmene. Silmävärve (nystagmus) on ilmiö, jossa tasapainoelimen ja silmän yhteistoiminta näkyy. Silmävärve näkyy esimerkiksi siten, että kun ympäristö liikkuu katsottaessa liikkuvasta autosta ulos, katse kohdistetaan johonkin kiintopisteeseen, jonka jälkeen katse siirretään seuraavaan kiintopisteeseen. Kun tasapainoelin vioittuu, sen virheellinen toiminta saattaa aiheuttaa silmävärvettä myös stabiilissa ympäristössä (Kauranen & Nurkka 2014, 342.)

Proprioseptinen järjestelmä

Proprioseptiikka voidaan määritellä neuraaliseksi prosessiksi, jossa keho vastaanottaa sensorista syötettä ympäristöstä ja käsittelee tämän tiedon luodakseen motorisen vasteen ärsykkeelle (Rivera, M-J. Winkelmann, Z. Powden, C. Games, K. 2017.) Ihmisen keskushermosto tarvitsee jatkuvasti tietoa lihasten pituudesta, jännitystasosta ja nivelten asennosta, jotta se pystyy tiedostamaan kehon eri osien asentoja, ja ohjaamaan lihaksia toimimaan tarkoituksenmukaisesti sekä optimaalisella teholla. Nämä ovat tasapainon kannalta tärkeitä tietoja keskushermostolle ja näitä tietoja aistivat sensoristen hermojen päässä sijaitsevat tietyille ärsykeille herkäät reseptorit. Näitä reseptoreita sijaitsee ympäri kehoa ja niitä on erityisesti ihossa, lihaksissa, jänteissä ja nivelissä. Reseptoreiden tehtävänä on muuttaa ärsykkeet, kuten venytys, paine, kosketus, lämpötila ja värinä muotoon, jota keskushermosto pystyy ymmärtämään. Keskeisimpiä reseptoreita tasapainon säätelyn kannalta ovat lihassukkula, Golgin jänne-elin, nivelten proprioceptorit, ihon mekanoreseptorit, sekä vapaat hermopäätteet (Kauranen & Nurkka 2014, 349.)

Lihassukkuloilla on tärkeä tehtävä ihmisen asennon ja tasapainon säätelyssä. Lihassukkulat välittävät keskushermostolle tietoa lihasten pituuksista sekä lihaspituuksien muutoksista. Lihaksen venytykseen ja pituuden muutoksiin reagoivat ensisijaisesti lihassukkulan primaarireseptorit. Lihassukkulan keskiosan molemmin puolin sijaitsevien senkundaarireseptorien tehtävä on viestiä tietoa lihaksen sen hetkisestä pituudesta. Keskushermosto pystyy kontrolloimaan lihassukkuloiden herkkyyttä gammamotoneuronien kautta ja se asettaa sukku-
lan sisällä olevien pienten säikeiden avulla lihassukkulan määrätylelle pituudelle. Näin keskushermosto herkistää lihassukkuloiden toimintaa ja esivenytetty lihassukkula on erityisen herkkä venytyksen muutoksille. Tasapainon kannalta lihassukkuloita tarvitaan, kun ihminen seisoo, sillä lihakset joutuvat koko ajan pitämään tiettyä lihasjännitystä yllä maan vetovoimaa vastaan. Tämän lihasjännitystaso pysyy yllä vartalon lihasten lihassukkulan aiheuttaman ojennusheijasteen avulla. Maan vetovoimasta aiheutuu jatkuvasti tiheään toistuvia pieniä lihasvenytyksiä, jotka aktivoivat lihassukkuloita. Sukkulat lähettävät

hermoimpulsseja, joiden avulla refleksikaari ylläpitää optimaalista lihasjännitystä tasapainon ja pystyasennon säilyttämiseksi (Kauranen & Nurkka 2014, 349.)



Kuva 2. Lihassukkula. (Liikkuva ihminen. Sandström & Ahonen 2011. 35)

Golgin jänne-elin on aktiivisena erityisesti lihasupistuksen aikana, jolloin se lähettää tiheästi hermoimpulsseja keskushermostolle. Tämä on ihmiselle tiedostamatonta toimintaa, mutta erilaisten asentojen ja liikkumisen aikana sensoriset radat tarjoavat jatkuvaa tietoa keskushermostolle lihasten jännitystasosta. Golgin jänne-elin on herkkä jänteen jännitystason muutosten suhteen, ja se pystyy aistimaan alle 0,01 newtonin muutoksia (Kauranen & Nurkka 2014, 349.) Golgin jänne-elin koostuu kollageenisäiekimpuista, jotka yhdistävät pieniä lihassolukimppuja lihaksen jänteisiin tai kalvojänteeseen. Se sijoittuu lihassäikeiden ja jänteiden sekä kalvojänteen väliin, päinvastaisesti verrattuna lihassukkulaan, joka sijaitsee rinnakkain lihassyiden kanssa (Milana, P. Mileusnic, Loeb G-E. 2006, 1.)

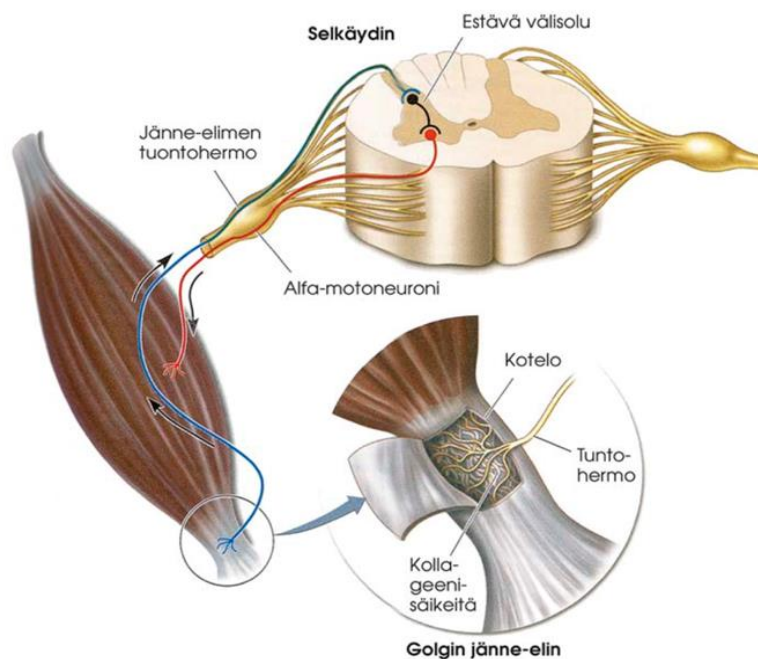
Keskushermosto saa lihasten lisäksi sensorista informaatiota proprioseptoreilta, jotka sijaitsevat nivelten ympäristössä, erityisesti nivelkapseleissa, nivelsiteissä ja niveltä ympäröivässä sidekudoksessa. Proprioseptoreiden tehtävänä on ilmaista nivelen asentoa, nivelen sisäistä painetta, liikettä ja nivelen liikkeen kulmanopeutta (Kauranen & Nurkka 2014, 350.)

Ihon mekanoreseptorit keräävät tietoa keskushermostolle ympäristöstä ja kehon suhteesta siihen. Tasapainon säilyttämisen ja kontrolloimisen kannalta tärkeässä roolissa ovat erityisesti jalkapohjassa sijaitsevat reseptorit, joiden avulla saadaan tietoa painon jakautumisesta jalkojen eri osien välillä. Edellä mainittujen lisäksi keskuhermosto saa sensorista informaatiota lukuisien vapaiden hermopäätteiden avulla. Näistä reseptoreista valtaosa on

herkkiä erilaisille mekaanisille ärsykeille, kuten kudosten liikkumiselle, paineelle ja venytykselle (Kauranen & Nurkka 2014, 350.)

Tasapainotiedon käsittely aivoissa

Sisäkorvan ganglioissa sijaitsevat soikean ja pyöreän rakkulan sekä kaarikäytävien hermosyiden soomat, josta ne kulkevat kahdeksannen aivohermon, eli tasapainokuulohermon, mukana aivorungon tasapainotumakkeisiin. Tasapainoelimen kautta tuleva tieto yhdistetään silmistä tulevaan, luuston, lihasten ja ihon aistisolujen tuottamaan tietoon muodostettaessa havaintoja ympäristöstä ja kehon asennosta. Kun tasapainoelin aistii pään kiihtyvää liikettä, aivojen on pystyttävä määrittämään pään asento suhteessa vartalon ja raajojen asentoon. Tasapainotumakkeiden hermosyyt kulkevat neljälle eri alueelle keskushermostossa. Selkäyttimeen kulkevat hermot ovat osana lihaksia ohjaavien refleksien syntymiseen, ja ne ovat merkittäviä tasapainon säilyttämisen kannalta. Hermosyyt, jotka kulkevat muihin aivorungon tumakkeisiin, osallistuvat silmän lihasten refleksien ohjaamiseen ja ne vastaavat mm. silmävärveen tuottamisesta. Hermosyyt, jotka kulkevat pikkuaivoihin, välittävät tietoa toteutuneista liikkeistä, ja tämän tiedon ansiosta pikkuaivot pystyvät osallistumaan lihasten toiminnan säätelyyn. Osa hermosyistä kulkee talamuksen kautta aivokuoreen, jolloin saadaan tietoisuuteen kehon asento ja liikkeet. Tasapainoelinten välittämä tieto jää kuitenkin suurelta osin tiedostamattomaksi sillä refleksien säätely on automaattista. (Haug, Sand, Sjaastad & Toverud. 1992, 167–168.)



Kuva 3. Golgin jänne-elin (Liikkuva ihminen. Sandström & Ahonen 2011. 37)

2.2 Tasapainorefleksit

Tasapainorefleksit ovat ihmiselle oppimisesta riippumattomia automaattisia motorisia vasteita liittyen motoriikan ja tasapainonsäätelyjärjestelmiin. Nopea lihaksen venyntyminen tai ihon ärsyyntyminen venytyksen tai kosketuksen seurauksena on tasapainorefleksiä laukaiseva tekijä. Lihaksessa saapuva hermoimpulssi synapsoi lihassolujen kanssa, joka saa aikaan lihassolujen supistumisen ja näin asennolta vaadittavan lihastonuksen, liikuttaen niveltä lihaksen toimintafunktion suuntaan. Näitä tasapainon kannalta tärkeitä refleksitoimintoja ei pystytä erottelemaan tahdonalaisista liikkeistä. Ihmisen normaalien asentojen ylläpitämiseksi ei tarvita tahdonalaista lihastyötä, vaan vartalon lihasjännitystaso pysyy yllä ojennusheijasteen avulla (Kauranen & Nurkka 2014, 355.)

2.3 Tasapainon säilyttämisstrategiat

Ihmisen tasapainonsäilyttämisstrategiat voidaan jakaa karkeasti: nilkka-, lonkka- ja askeenottamisstrategiaan. Nämä strategiat voivat vaihdella elämän eri vaiheissa ja vaihteluun vaikuttavia tekijöitä ovat ikä, motorinen suorituskyky ja rakenteelliset tekijät (Shumway-Cook & Woollacot 2017, 173)

Nilkkastrategiassa tasapainottava liike tapahtuu lähinnä ylemmässä nilkkanivelessä, jolloin muu keho nilkasta ylöspäin toimii heilurin tavoin ilman lonkkanivelen kompensoivia liikkeitä. Pääsääntöisesti tätä menetelmää käytetään pienissä sekä hitaissa tasapainon menetyksissä ja tönäisyissä. Menetelmä toimii ensisijaisesti eteen-taakse suuntaisesti korjauksissa ja lihastyö tulee pohkeen ja säären alueen lihaksista (Kauranen & Nurkka 2014, 355.)

Lonkkastrategiassa tasapainottava liike tapahtuu ensisijaisesti lonkkanivelen koukistuksen tai ojennuksen avulla. Tällöin lonkan seutu ja pää liikkuvat eri suuntiin liikkeen aikana. Ihminen käyttää lonkkastrategiaa suuremmalla amplitudilla ja nopeudella tapahtuvissa horjautumisissa, sekä alustan ollessa epävakaa tai pinta-alaltaan pieni. Liikkeen suoritus tapahtuu pääasiassa suurilla ja vahvoilla lonkan koukistaja- ja ojentajalihaksilla. Lihasaktivaatioiden suunta liikkeessä on keskiosista ääreisosiin päin (Kauranen & Nurkka 2014, 355.)

Painopisteen alentamisstrategia toimii pääosin koukistamalla molempia lonkka- ja polviniveleitä. Tällöin kehon painopiste laskeutuu alemmas, ja tarvitaan suurempi vääntömomentti siirtämään painopiste tukipinnan ulkopuolelle. Lonkka- ja polviniveleihin saadaan myös jousenkaltaista joustoa, kun painopistettä lasketaan alaspäin. Jouston avulla voidaan helpottaa tasapainon hallintaa erityisesti dynaamisissa suorituksissa. (Kauranen & Nurkka 2014, 355.)

Askeleenottostrategiassa ihminen ottaa askeleen horjahduksen suuntaan päin. Tämä on yleensä tasapainostrategioista viimeinen ja sen tarkoituksena on estää kaatuminen. Kun mennään tämän strategian käyttöön, painopiste on yleensä ylittänyt jo tukipinnan, eikä lihasvoiman avulla pystytä enää palauttamaan painopistettä tukipinnan sisälle. Kun ihminen ottaa askeleen, tukipinta siirtyy uudelleen kehon painopisteen alle, jolloin uuden kontrolloidun tasapainotilan saavuttaminen helpottuu. (Kauranen & Nurkka 2014, 355.)

2.4 Tasapainon mittaaminen

Tasapainomittauksissa pitää kiinnittää huomiota asiakasturvallisuuteen ja kaatumisen ehkäisyyn. Mitattava saa yleensä itse valita jalkojen asennon ja etäisyyden toisistaan yksilöllisen seisoma-asennon mukaan. Yläraajat pidetään rentoina vapaasti vartalon sivuilla ja kädet asetetaan lanteille suoliluun harjun kohdalle tai ristittynä rintakehän päälle. Pää tulee mittauksen aikana pitää mahdollisimman paikallaan, sillä kaularangan fleksio, ekstensio ja kierrot aiheuttavat mittaustuloksiin sisältyviä virheitä ja laukaisevat tasapaino-silmärefleksejä. Jotta mittausten vakiointi ja vertailu olisi optimaalisinta, mittaukset kannattaa suorittaa paljain jaloin (Kauranen 2011, 261). Hurlabs voimalevyn parametreinä ovat huojunnan pituus, huojunnan pinta ja nopeuden keskihajonta, jotka olivat parametreinä tässä tutkimuksessa. Näitä verrattiin Ainonen vastaaviin parametreihin. Hurlabsissa huojunnan pituuden yksikkö on millimetri, huojunnan pinta-alassa millimetrin neliö ja keskinopeuden keskihajonnassa millimetriä sekunnissa. Ainone-laitteessa yksikkö on liikesalaisuus. Näiden lisäksi Hurlabs laite antaa kymmenen muuta parametriä, joita ovat mm. x- ja y-akselin maksimi- ja minimiarvo, niiden keskiarvo ja keskihajonta. Kahdella jalalla suoritetuissa mittauksissa voimalevy laskee myös testattavan painonjakauman (HUR 2022).

Nämä parametrit kertovat, kuinka paljon ja kuinka nopeasti henkilö huojuu muuttaessaan kehonsa asentoa. Mitä vähemmän huojuntaa esiintyy, sitä parempi on henkilön tasapaino. Keskinopeuden keskihajonnan parametri kertoo, kuinka suuri on hajonta nopeimman ja hitaimman keskinopeuden välillä. Parametri ei yksiselitteisesti kerro tasapainon hyvyydestä. Lihaksiston ja hermoston reagoiessa nopeasti tasapainomuutoksiin, keskinopeuden keskihajonta voi kasvaa korkeaksi ja toisaalta mitä vähäisempi tarve on korjaaville liikkeille, sitä paremmaksi henkilön tasapainon katsotaan olevan (Nyeon Jun Kima ym, 2014).

Yleisin parametri staattisen tasapainon mittauksessa on voimalevystä saatava painekeskipisteen liikkuma matka tasapainomittauksen aikana. Staattisen tasapainon mittauksissa muita yleisimpiä parametreja ovat painekeskipisteen siirtymä eteen-, taakse- ja sivuttaisuunnassa, painekeskipisteen keskinopeus, huojunnan määrää kuvaavan ellipsin pinta-ala (Nyeon Jun Kima ym, 2014).

Tasapainotestejä, joita yleisimmin käytetään ovat seisominen kahdella jalalla silmät auki tai kiinni sekä yhden jalan seisonta silmät auki tai kiinni. Lisäksi ainakin tandem- ja semitan-dem- seisontaa käytetään. Tasapainomittaukset voidaan jaotella laboratorio-olosuhteissa suoritettaviin, laitteistolla tehtäviin mittauksiin ja toiminnallisiin testeihin, jotka voidaan suorittaa kenttämittauksina ilman erikoisia välineitä. Yleisimpiä laboratoriovälineitä, joita käytetään tasapainomittauksissa ovat voimalevyt, liikeanalyysilaitteet ja elektromyografia-laitteet (EMG). Yleisin tasapainoa mittaava kenttätesti on Rombergin testi. Yleisin tasapainon mittaamiseen käytettävä laboratoriomenetelmä on voimalevy, joka on suunniteltu mittaamaan ensisijaisesti reaktiivoimia, joita jalkapohjat välittävät ja tuottavat alustaan. Tasapainosta voidaan näiden voimien avulla määrittää vakautta, symmetrisyyttä ja dynaamisuutta (Kauranen 2011, 261). Hurlabs voimalevyn parametreinä ovat huojunnan pituus, huojunnan pinta-ala ja nopeuden keskihajonta, jotka olivat parametreinä tässä tutkimuksessa. Näiden lisäksi Hurlabs laite antaa kymmenen muuta parametriä, joita ovat mm. x- ja y-akselin maksimi- ja minimiarvo, niiden keskiarvo ja keskihajonta. Kahdella jalalla suoritetuissa mittauksissa voimalevy laskee myös testattavan painonjakauman (HUR 2022).

Nämä parametrit kertovat, kuinka paljon ja kuinka nopeasti henkilö huojuu muuttaessaan kehonsa asentoa. Mitä vähemmän huojuntaa esiintyy, sitä parempi on henkilön tasapaino. Keskinopeuden keskihajonnan parametri kertoo, kuinka suuri on hajonta nopeimman ja hitaimman keskinopeuden välillä. Parametri ei yksiselitteisesti kerro tasapainon hyvyydestä. Lihaksiston ja hermoston reagoiessa nopeasti tasapainomuutoksiin, keskinopeuden keskihajonta voi kasvaa korkeaksi ja toisaalta mitä vähäisempi tarve on korjaaville liikkeille, sitä paremmaksi henkilön tasapainon katsotaan olevan (Nyeon Jun Kima, ym. 2014).

Yleisin parametri staattisen tasapainon mittauksessa on voimalevystä saatava painekeskipisteen liikkuma matka tasapainomittauksen aikana. Staattisen tasapainon mittauksissa muita yleisimpiä parametreja ovat painekeskipisteen siirtymä eteen- taakse ja sivuttaisuunnassa, painekeskipisteen keskinopeus, huojunnan määrää kuvaavan ellipsin pinta-ala (Nyeon Jun Kima, ym. 2014).

Tasapainon mittaamisessa ympäristön vaikutus tulee ottaa huomioon valaistuksessa, huoneen lämpötilassa ja tilan äänissä. Pystyasennossa tehdyissä staattisissa mittauksissa testien pituus tulisi sijoittua 25–40 sekunnin välille luotettavien tulosten saamiseksi. (Chen, B. Liu, P. Xiao, F. Liu, Z. Wang, Y. 2020).

Ihmisen tasapainoa pystyasennossa pystytään mittaamaan kvantitatiivisin menetelmin erilaisilla mittareilla. Puettavien tasapainolaitteiden käyttö on yleistynyt ja se muuttaa tasapainon kvantitatiivista mittaamista paikasta riippumattomaksi. Pystyasennossa voidaan

mitata huojumisen määrä ja suunta, jonka pohjalta voidaan arvioida esimerkiksi kaatumisen riskiä. Nämä mittaukset ovat hyödyllisiä ikääntyneillä, joilla on tasapainoon vaikuttavia sairauksia, kuten Parkinsonin tauti. Tasapainon mittauksessa puettavat mittarit eivät kuitenkaan ole vakioineet paikkaansa laboratoriolaitteiden tapaan. Epävarmuutta aiheuttaa mittarien validointi, jossa tulisi keskittyä erityisesti mittarien sensitiivisyyteen, eli kykyyn ilmaista eroja yksilöiden välillä (Ghislieri, M. Gastaldi, L. Pastorelli, S. Tadano, S. Agostini, V. 2019. 1–2). Puettavat mittarit koostuvat pääsääntöisesti kiihtyvyyssanturista, gyroskoopista ja magnetometrillä. Mittareiden sijoittelu keholle vaihtelee, mutta yleisin paikka mittarille on lähellä kehon laskennallista massakeskipistettä, L4 ja L5 välissä. (Lee, C-H. Sun, T-L. 2018. 3).

Vertailevia tutkimuksia voimalevyn ja puettavan sensorin välillä on tehty yhä enemmän viime vuosina. Vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa verrattiin menetelmiä 15 koehenkilöllä, jossa tasapainoa testaavat asennot olivat kahdella ja yhdellä jalalla seisominen silmät auki ja kiinni. Silmät auki tehdyissä mittauksissa koehenkilöille annettiin kiintopiste seinältä, jolla pyrittiin minimoimaan ympäristön häiriötekijät. Tutkimuksen johtopäätökset suosivat voimalevyn käyttöä, jos tarkoituksena on tutkia visuaalisen palautteen merkitystä (esimerkiksi silmät auki ja kiinni testeissä), kun taas alaraajojen toimintakykyä ja tasapainoa tutkitessa puettava mittari olisi suositeltavampi (Lee, C-H. Sun, T-L. 2018. 3, 11–14).

Vuonna 2019 tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin Biodex Biosway voimalevyä ja SWAY Balance kiihtyvyyssanturipohjaista mobiilisovellusta, jossa älypuhelin kiinnitettiin rintalastan kohdalle. Tutkimus suoritettiin 40:lle koehenkilölle (19 miestä ja 21 naista iältään 24.6 ± 3.1), joilta testattiin tasapainoa 10:llä eri testillä mm. yhden ja kahden jalan seisonta testeillä silmät auki ja kiinni sekä epätasaisella alustalla. Testit suoritettiin kasvattamalla vaikeusaste, joka testin jälkeen. Biodexin voimalevystä saadut tulokset kasvoivat lineaarisesti vaikeusasteen mukaan, mutta SWAY Balancen tulokset neljässä ensimmäisessä mittauksessa olivat alhaisia ja lähellä nollaa, minkä vuoksi tilastollista

korrelaatiota ei voitu osoittaa. Nämä neljä testiä suoritettiin kahdella jalalla seisten silmät auki ja kiinni sekä samat testit epätasaisella alustalla. SWAY Balance mobiilisovelluksen tulosten luotettavuutta heikensivät älypuhelimien kiinnityshaasteet rintalastan kohdalle. Tutkimuksen johtopäätökset tukevat voimalevyn käyttöä pystyasennossa suoritettavissa tasapainomittauksissa yhdellä ja kahdella jalalla. SWAY Balancen käyttö ei ole suositeltavaa helpoissa tasapainotesteissä, joissa huojunta on pientä. Laitteen kiihtyvyyssanturi ei ole vielä riittävän tarkka mittaamaan hyvin pientä huojuntaa, minkä seurauksena tulokset helpoissa testeissä ovat liian samankaltaisia. (Dewan, B. James, R. Kumar, N. Sawyer, S. 2019.)

3 Mittarin validiteetin tutkiminen

Validiteetilla tarkoitetaan mittausmenetelmän pätevyyttä mitata sitä ominaisuutta, mitä sen on tarkoituskin mitata. Mittausmenetelmällä voidaan sanoa olevan korkea validiteetti, kun se mittaa ominaisuutta tarkasti ja luotettavasti (Sudaryono. Rahardja, U. Qurotul, A. Graha, Y-I. Lutfiani, N. 2019.)

Validiteetti voidaan jakaa kahteen ryhmään: sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin. Sisäinen validiteetti kuvaa sitä, kuinka hyvin tutkimuksen löydökset vastaavat jo tutkitusti todettuja asioita. Ulkoinen validiteetti kuvaa sitä, kuinka hyvin tulokset voidaan sijoittaa elävään maailmaan ja ympäristöön sekä kuinka hyvin tulokset pätevät perusjoukkoon (Business Research Methodology 2021).

Tieteellisen kokeen validiteetti jaotellaan kahteen luokkaan: Loogiseen validiteettiin ja empiiriseen validiteettiin. Loogisella validiteetilla tarkoitetaan erityisen kriittistä tarkastelua siitä, näyttääkö mittaustulos tutkijan mielestä oikealta, eli tutkijan omaa loogista päättelyä tulosten varmistamiseksi. Empiirinen validiteetti, jota kutsutaan myös ennustevaliditeetiksi tai kriteerivaliditeetiksi, kuvaa mittaustulosten ennustettavuutta (Sudaryono. Rahardja, U. Qurotul, A. Graha, Y-I. Lutfiani, N. 2019.) Kriteerivaliditeetti tarkoittaa mittarilla saatujen tulosten vertaamista aiemmin saatuihin valideiksi todettuihin tuloksiin (Kankkunen, P. Vehviläinen-Julkunen, K. 2010. 7.)

Tässä opinnäytetyössä käytetään kriteerivaliditeettia, koska staattiselle tasapainomittaukselle on olemassa kultainen standardi, tässä tapauksessa voimalevy. Kultainen standardi tarkoittaa ulkoista verrokkia, joka on aihealueen paras käytettävissä oleva arviointimenetelmä. Tämä antaa tutkitusti tarkimman ja luotettavimman tuloksen ilmiötä mitattaessa. Näin saadaan määritettyä mittarin yhtenevyys kultaiseen standardiin, jolloin saatuja tuloksia verrataan etukäteen asetettuun kriteeriin. Validoinnin tarkoituksena on selvittää, onko mittari pätevä siihen käyttötarkoitukseen, mihin se on suunniteltu (Finch ym. 2002, de Vet ym. 2011.) Tässä opinnäytetyössä käytetään myös samanaikaista validiteettia. Samanaikainen validiteetti tarkoittaa tilannetta, jossa tutkittavaa mittaria verrataan kultaisen standardiin lähes samanaikaisesti. Mittauksiin sisältyy aina jonkin verran mittausvirhettä ja on mahdollista, että samaa ilmiötä mitattaessa mittareiden välinen korrelaatio voi jäädä tämän vuoksi keskinkertaiseksi. Alhainen korrelaatio tarkoittaa mahdollisesti sitä, että jommankumman mittarin reliabiliteetti on heikko, tai että mittarit mittaavat eri ilmiötä (Streiner ja Norman 2008.)

4 Tutkimusmenetelmät

4.1 Tutkimisaineisto

Tutkimusaineiston perusjoukko koostui Lappeenrantalaisista työkäisistä sekä opiskelijoista. Sisäänottokriteeri tutkimukseen oli 18–64 vuoden ikä. Poissulkukriteerejä olivat tasapainoon vaikuttavat sairaudet kuten Parkinsonin tauti ja aivoverenkiertohäiriö tai vakava-laatuiset huimausoireet. Tutkimukseen otettiin yhteensä 10 koehenkilöä pyrkien pitämään sukupuolijakauma samana. Otantamenetelmänä käytettiin näyteotantaa LUT-yliopiston opiskelijoista ja henkilökunnasta. Tutkimushenkilöt koostuivat 10 (n=10) henkilöstä (taulukko 1), joista miehiä oli 7 (70 %) ja naisia 3 (30 %), joiden iät vaihtelivat 21 ja 28 välillä keski-ikä ollessa 23 vuotta. Tutkimushenkilöiden pituudet vaihtelivat 162 cm ja 183 cm välillä keskipituuden ollessa 173 senttimetriä (Taulukko 1). Koronaepidemian vuoksi koehenkilöiden heterogeenisyyden luominen oli haasteellista ja mukaan ei saatu iäkkäämpiä henkilöitä. Mittausasennot valittiin kuitenkin sen perusteella, että ne haastavat mitattavia tarpeeksi, jolloin tulosten analysointiin saatiin enemmän hajontaa. Poissulkumenetelmänä oli koehenkilön kyvyttömyys säilyttää tasapainoaan yhdellä jalalla silmät auki ja kahdella jalalla silmät kiinni 30 sekunnin ajan. Mittauksissa ulkopuolista tukea ei saanut hakea käsillä eikä jaloilla. Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla mittauslaitteiden välisiä eroja, eikä koehenkilöiden yksilöllisiä ominaisuuksia.

4.2 Tutkimusasetelma

Mittaukset järjestettiin poikittaistutkimusmenetelmällä yhden päivän aikana LAB-ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa. Mittausajankohtana toimi arki-iltapäivä, jolloin koehenkilöiden oli helpointa saapua paikan päälle mitattavaksi. Ennen mittaushuoneeseen tuloa jokainen mitattava täytti suostumuslomakkeen (Liite 1), jossa mittaushenkilöt antoivat suostumuksensa opinnäytetyössä käytettävien tulosten tallentamiseen ja analysointiin. Lisäksi heiltä kysyttiin ikä, paino ja pituus. Pituus oli kysyttävä, jotta se voitiin syöttää Ainone -laitteeseen optimaalisten tulosten saavuttamiseksi. Jokaiselta pyydettiin allekirjoitus suostumuslomakkeeseen (Liite 1). Ennen mittausten aloittamista laboratorioon otettiin maksimissaan kaksi henkilöä, jolloin toinen henkilöistä oli mitattavana ja toinen pääsi seuramaan mittauksen kulkua vierestä. Koehenkilöitä ohjeistettiin mittausasunnoista sekä niiden kestosta. Tämän lisäksi kerrottiin hylätyn suorituksen kriteerit, jotka olivat tasapainolaudalta putoaminen tai huomattava horjahtaminen, jolloin asentoa joutuu vaihtamaan alkuperäisestä. Silmät kiinni tehdyissä mittauksissa hylätty suoritus oli myös, jos mitattava henkilö joutui avaamaan silmät kesken mittauksen. Hylättyä suoritusta ei hyväksytä analysoitavaksi ja tällöin mittaus suoritetaan uudelleen.

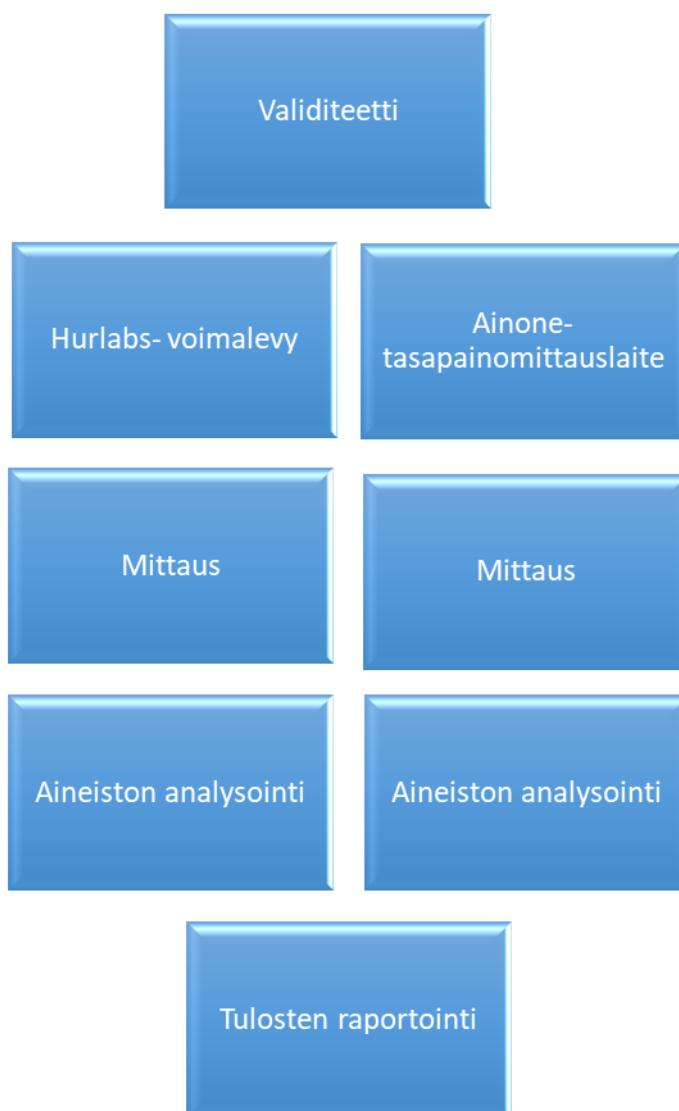
<u>Koehenkilö</u>	<u>Sukupuoli</u>	<u>Ikä</u>	<u>Pituus (cm)</u>	<u>Paino (kg)</u>
1	Mies	22	183	83
2	Nainen	21	176	71
3	Mies	22	173	82
4	Mies	22	170	66
5	Mies	26	181	86
6	Mies	23	170	70
7	Mies	24	172	70
8	Nainen	25	166	64
9	Nainen	21	162	62
10	Mies	28	172	65
Keskiarvot		23	173	72

Taulukko 1. Koehenkilöiden tiedot

Ennen mittauksia Hurlabs -voimalevy kalibroitiin ja kalibrointi suoritettiin jokaisen mitattavan henkilön välissä. Ainone -laitteella kalibrointi suoritettiin vain ennen ensimmäistä mitattavaa henkilöä. Mittaukset aloitettiin jalat yhdessä silmät kiinni asennosta, jonka jälkeen suoritettiin tandem- asento silmät auki ja kiinni sekä lopuksi yhdellä jalalla kova ja pehmeä alusta. Yhdellä jalalla tehtävät mittaukset suoritettiin molemmilla jaloilla niin kovalla kuin pehmeällä alustalla. Silmät auki suoritetuissa mittauksissa koehenkilöitä varten oli taululle piirretty ruksi, josta he saivat kiintopisteen mittausten ajaksi. Mittauksen aikana huoneen tuli olla hiljainen eikä ylimääräisiä häiriötekijöitä saanut olla näkökentässä. Silmät kiinni suoritetuissa mittauksissa koehenkilöä ohjeistettiin laittamaan silmät kiinni varoajan aikana, joka oli viisi sekuntia ennen mittauksen käynnistymistä. Varoajan käynnistyminen kerrottiin sanallisesti mitattavalle, samoin kuin mittauksen alkaminen ja loppuminen. Mittauksen ollessa käynnissä koehenkilön suoriutumista tarkkailtiin hyväksytyyn suoritukseen kriteerien täyttymiseksi ja varmistettiin mitattavan turvallisuus mahdollisessa kaatumistilanteessa. Mittauksen päätyttyä tulokset hyväksyttiin molemmille laitteille, jos yhtään hylätyn suoritukseen kriteeriä ei täytynyt.

Mittauksen kokonaissuoritusajan ollessa 30 sekuntia, tehtiin Ainone -laitteella kaksi 10 sekunnin mittauksia Hurlabsin 30 sekunnin mittauksen aikana. Molemmat laitteet käynnistet-

tiin samaan aikaan, jolloin ensimmäiset 10 sekuntia taltioituivat molemmille mittauslaitteille. Tämän jälkeen Ainone -laitteella aloitettiin heti perään uusi mittaus, jolloin mittausaika osui noin 15- 25 sekunnin välille koko mittausajasta. Ainone -laitteen kyvyttömyys mitata 30 sekunnin ajanjaksoa oli opinnäytetyön yhtenä uhkana, joka pääsi mittauksissa toteutumaan. Tämä johtaa analysoinnissa siihen, että Ainonella suoritetuista kahdesta 10 sekunnin tuloksesta lasketaan keskiarvo, jota verrataan Hurlabsin antamiin tuloksiin 30 sekunnin ajalta. Ennen mittauksen aloittamista koehenkilö asettui mittausasentoon viiden sekunnin varoajan aikana, joka ilmoitettiin sanallisesti.



Kuvio 1. Tutkimuksen vuokaavio

4.3 Tiedonkeruumenetelmät

Koehenkilöiltä kysyttiin taustamuuttujina ikä, pituus, paino, sukupuoli, hallitseva jalka yhden jalan seisonnassa ja sähköpostiosoite tulosten lähettämistä varten. Tässä tutkimuksessa

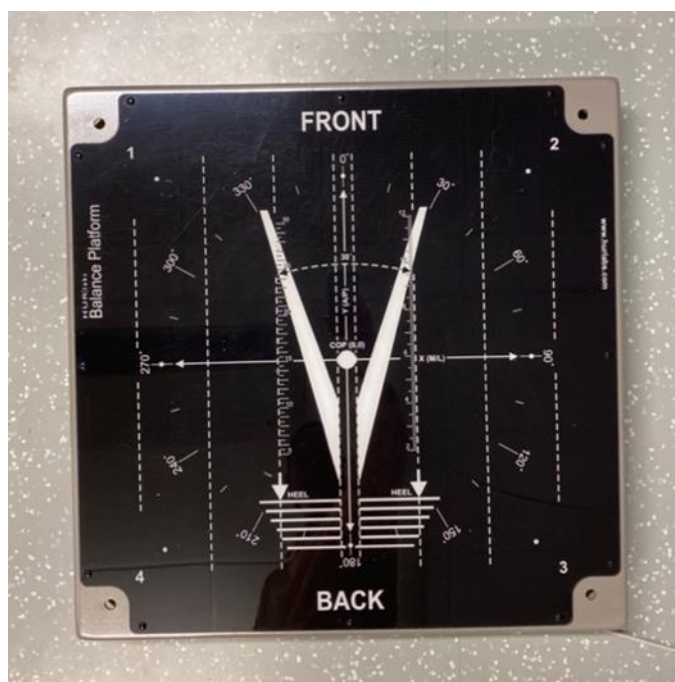
käytettiin puettavaa Ainone Balance- laitetta (kuva 5). Laite perustuu suomalaisen Suunnon kehittämään Movesense anturiin ja IBM:n tekoälyyn. Ainone toimii yhteistyössä Suunnon kanssa ja Suunnon valmistama laite muistuttaa normaalia sykevyötä. Laitteen käyttöön tarvitaan Android mobiilisovellus, johon laite yhdistetään. Tasapainon mittauksessa tutkitaan painopisteen liikkumaa matkaa, nopeuden keskihajontaa ja huojunnan pinta-alaa. Tutkimuksessa tasapainon ensisijaisena indikaattorina on huojunnan pituus. Yleensä tasapainoa mitataan silmämääräisesti sekuntikellolla merkatien tulokset ylös paperille. Tällä tavoin tasapainon arviointi jää karkeaksi ja tutkija keskittyy enemmän laadullisiin seikkoihin. Joskus on mahdollista käyttää tarkkoja mittareita, kuten voimalevyjä, mutta näiden käyttö on harvinaista ja kallista. Ikääntyessä tasapainon mittaaminen korostuu tasapainon heikentymisen ollessa oireena moniin sairauksiin, mutta myös toimintakyvyn näkökulmasta on tärkeä olla tietoinen omasta kyvystään ylläpitää tasapainoa. Tasapainon mittaaminen on myös keskeisessä asemassa urheilijoilla, joilla testaaminen on tärkeässä osassa kehittymisen seurannassa. Ammattilaisen on helpompi seurata asiakkaan tasapainon kehitystä ja työnsä vaikuttavuutta näiden tulosten pohjalta (Ainone. 2021).



Kuva 4. Ainone Balance- sensori

Toinen käytettävä mittauslaite oli Hurlabs Balance trainer BT4 2202 (kuva 5). Kyseessä on tasapainolevy, joka on suunniteltu tasapainon mittaamiseen ja sen harjoittamiseen perustuen venymäliuska-anturiin. Laitteen SmartBalance-ohjelmisto sisältää kaksi valmista testausprotokollaa, joiden lisäksi testattavan tilasta saa palautteen numeerisesti sekä graafisesti. Tavallisten numeeristen tasapainomittausten lisäksi laitteella on mahdollista harjoittaa tasapainoa erilaisten pelien avulla, mikä tekee harjoittelemisesta mielekkäämpää. Laitteen

käyttöä varten tarvitaan tietokone, jossa on Windows XP/Vista/7/8/8.1/10 ja USB-liitäntä. Levyn mittausalue rajoittuu 0-200 kg välille, joka on jaettu neljän anturin kesken (HUR. 2021).



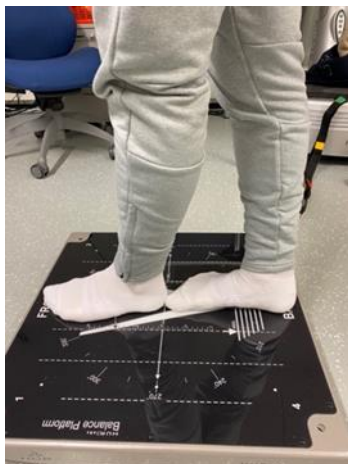
Kuva 5. Hurlabs Balance Trainer BT4 2202

Staattisen tasapainon mittaukset

Tutkittavien staattista tasapainoa mitattiin samanaikaisesti voimalevyllä ja Ainone- sensorilla kuudessa (6) eri mittausasennossa, joista tandem- seisonta suoritettiin silmät auki ja kiinni. Ensimmäisenä suoritettiin Rombergin testi, jossa mitattava seiso jalkaterät yhdessä keskellä voimalevyä silmät kiinni 30 sekunnin ajan (kuva 6). Jokaisessa mittauksessa kädet olivat lantiolla, suoliluun harjun kohdalla. Toinen testi oli 30 sekunnin tandem- seisonta silmät auki, jossa jalkaterät ovat peräkkäin varpaiden koskettaessa toisen jalan kantapäätä (kuva 7). Tandem-seisonnassa hallitseva jalka eli se, jolla henkilö potkaisee palloa, oli mittauksessa etummaisena (Terveurheilija). Kolmas testi oli tandem- seisonta silmät kiinni. Neljäs testi yhdellä jalalla seisonta silmät auki kovalla alustalla 30 sekuntia, siten että jalkaterä nousee irti alustasta (kuva 8). Viides testi on sama kuin neljäs, mutta toisella jalalla. Kuudes testi yhdellä jalalla seisonta pehmeällä alustalla ja seitsemäs sama, mutta toisella jalalla. Mitattavat parametrit olivat huojunnan pituus, nopeuden keskihajonta ja huojunnan pinta-ala. Testit 4–5 ja 6-7 aloitettiin suorittamalla oikean jalan mittaus ensin. Kaikki testit suoritettiin ilman kenkiä, jotta mittauksen sensitiivisyys pysyi tarvittavalla tasolla. Kaikki koehenkilöt suorittivat mittaukset edellä mainitussa järjestyksessä, jotta mittauksien tilanne oli kaikille mahdollisimman samankaltainen.



Kuva 6. Rombergin testi



Kuva 7. Tandem-seisonta



Kuva 8. Yhdellä jalalla seisonta

4.4 Tutkimuksen eettiset näkökulmat

Kaikissa opinnäytetyöprosessin vaiheissa noudatetaan hyvää tieteellistä käytäntöä. Tutkimukseen osallistumisesta ei aiheudu haittaa osallistujille, koska testitilanne on suunniteltu turvalliseksi. Tutkittavan tasapaino mitataan voimalevyn päällä seisten ja välittömästä ympäristöstä poistetaan kaikki tutkittavaa häiritsevää ja mahdollisen kaatumisen yhteydessä vaaraa aiheuttava esineistö. Lisäksi tutkija varmistaa jatkuvasti mittauksen aikana tutkittavaa tämän välittömässä läheisyydessä. Tutkimukseen osallistuville lähetetään saatekirje ennen mittausten suorittamista (Liite 2). Tutkimus on osallistujille vapaaehtoista ja heiltä pyydetään kirjallinen suostumus (Liite 1). Tutkimukseen osallistujia informoidaan, että he voivat keskeyttää tutkimuksen halutessaan missä vaiheessa tahansa. Tutkimukseen osallistumisesta ei makseta rahallista korvausta ja tutkittavien yksityisyyttä kunnioitetaan ehdottomasti. Tutkittava saa tietoa vain omasta suorituksestaan perustuen laitteiden viitearvoihin. Tutkittavien anonymiteetti taataan häivyttämällä henkilötiedot mahdollisimman varhain numeroimalla ja mittaustuloksia säilytetään vain niin kauan kuin niitä hyödynnetään tutkimuksessa. Tulokset säilytetään USB-tikulla, jota säilytetään tutkijoiden kotona lukituskaapissa. Tuloksista ei voi tunnistaa yksittäistä henkilöä. Jokainen tutkittava tutustuu tutkimuksen liitteenä olevaan tietosuojalomakkeeseen ennen mittausten suorittamista. Tutkijat ovat vaitiolovelvollisia.

4.5 Aineiston analysointi

Tutkimuksen tilastollisessa analysoinnissa käytetään korrelaatiokertoimia, jotka kuvaavat kahden muuttujan keskinäisen riippuvuuden muotoa ja voimakkuutta. Sirontakuvioista tarkastetaan mahdolliset poikkeavat arvot. Kuvioista päätellään muuttuisiko havaintoaineistoon sovitettu regressioviiva merkittävästi poikkeavan arvon mukaan otolla. Aineiston nor-

maali jakaantuneisuus tutkitaan Shapiro-Wilk-testillä. Jos kummankin laitteen tulokset ovat parametrien suhteen normaalisti jakautuneet ja tutkimusaineistossa ei ole muista arvoista merkittävästi poikkeavia arvoja, käytetään Pearsonin korrelaatiokerrointa (r_p). Muissa tapauksissa käytetään Spearmanin järjestyskorrelaatiokerrointa (r_s). Korrelaatiokerroin voi vaihdella tulosten -1 ja 1 välillä. Riippuvuus on voimakasta, kun korrelaatiokerroimen itseisarvo on yli 0,7 ja kohtalaista kun korrelaatiokerroimen itseisarvo on lukujen 0,3 ja 0,7 välissä. Riippuvuus on heikkoa, jos korrelaatiokerroimen itseisarvo on alle 0,3. Tilastollinen analysointi suoritetaan IBM SPSS Statistics 28.0- ohjelmalla, jonka antamia tuloksia tarkastellaan numeerisesti ja kuvaajien avulla visuaalisesti. Tutkimuksessa käytetty tilastollisen merkitsevyyden raja on 0.05 ja tutkimustulokset esitetään taulukoilla, tekstillä ja kuvilla.

5 Tulokset

5.1 Validiteetti eri mittausasentojen välillä

Tässä tutkimuksessa Hurlabs Balancen ja Ainone -tasapainomittauslaitteen väliset tulokset eivät korreloineet vahvasti toisiinsa ja vain yksittäisissä vertailuissa korrelaatio oli suurempaa kuin 0.7. Kuitenkin kaikista mittausasunnoista kuudessa korrelaatio oli vähintään kohtalaista ollen yli 0.3. Huojunnan pituuden sekä pinta-alan tuloksista heikkoa korrelaatiota esiintyi vain pehmeällä alustalla tehdyssä oikean jalan mittauksessa. Nopeuden keskihajonnoista heikkoa korrelaatiota esiintyi vain tandem- seisonnassa silmät auki.

Eri asentojen tuloksia vertaillaessa huomattiin, että korrelaatio oli korkeinta vaikeimmissa asunnoissa, joissa huojuntaa tuli kaikista eniten. Kun vertaillaan huojunnan määrää keskiarvallisesti eri asunnoissa Hurlabsin ja Ainonen välillä, on havaittavissa eroja tuloksissa. Esimerkiksi kovalla alustalla suoritettujen yhden jalan mittaukset Hurlabsilla antoivat huojunnan pituuden tulokseksi oikealla jalalla: 789,2mm ja vasemmalla: 800,3mm/s. Ainonella saman mittauksen tulokset olivat O: 0,3925 ja V: 0,4075. Pehmeällä alustalla suoriteuista mittauksista Hurlabs antoi huojunnan pituudeksi O: 853,1mm ja V: 952,6mm/s, kun Ainonen saman mittauksen tulokset olivat O: 0,5717 ja V: 0,56825. Huojuntaa esiintyy vähemmän oikealla jalalla suoritetuissa mittauksissa pois lukien Ainonen tulokset pehmeällä alustalla. Kaikista asunnoista vähiten huojuntaa keskiarvallisesti esiintyi Rombergin mittauksessa silmät kiinni, jossa huojunnan pituus oli Hurlabsilla: 581,8mm ja Ainonella 0,3. Puolestaan suurimmat arvot havaittiin tandem- seisonnassa silmät kiinni, jossa huojunnan pituus Hurlabsilla oli keskimäärin 1759,6mm/s ja Ainonella 0,6. Tässä asennossa myös korrelaatio kahden mittalaitteen välillä oli kaikista korkein nopeuden keskihajonnassa ($r_s=0,95$). Alhaisin korrelaatio havaittiin tandem- seisonnassa silmät auki nopeuden keskihajonnasta ($r_p=0,06$). Alla sirontakuvaajat kyseisistä mittauksista.

5.2 Validiteetti eri parametrien välillä

Korrelaatio katsottiin kolmen parametrin ja seitsemän asennon välillä. Suurimmat korrelaatiot havaittiin tandem- asennossa tehdyssä mittauksessa silmät kiinni, jossa korrelaatio nopeuden keskihajonnassa oli 0,95(r_s) ja saman asennon huojunnan pituus parametrissa, jossa korrelaatio oli 0,90(r_s). Alhaisimmat korrelaatiot saatiin tarkasteltaessa nopeuden keskihajontaa tandem-asennosta silmät auki. Tässä korrelaatioksi saatiin 0,06(r_p). Kaiken kaikkiaan korkeimmat korrelaatiot saatiin tarkasteltaessa huojunnan pituutta, jota käytettiin tämän tutkimuksen pääasiallisena indikaattorina. Matalimmat korrelaatiot puolestaan saatiin

nopeuden keskihajonnan tuloksista. Tarkat sijainti- ja hajontaluvut sekä korrelaatiot ovat kuvattuna liitteissä 3 ja 4.

Kun tarkastellaan huojunnan pituuden parametrejä, huomataan korkeimmat korrelaatiot tandem- asennossa silmät kiinni tehdyssä mittauksessa (taulukko 2) ja matalimmat korrelaatiot oikean jalalla pehmeän alustan mittauksissa. Rombergin silmät kiinni tehdyssä mittauksessa tuli kaikista vähiten huojuntaa, mutta korrelaatio tässä asennossa oli kolmanneksi matalin ollessa 0,53(r_p). Kaksi matalinta korrelaatiota huojunnan pituuden tuloksista saatiin tandemasennosta silmät auki ja oikealla jalalla pehmeällä alustalla. Tarkasteltaessa pehmeällä alustalla tehtyjä mittauksia oikean ja vasemman jalan välillä nähdään eroja varsinkin huojunnan pituudessa ja nopeuden keskihajonnassa. Oikean ja vasemman jalan korrelaatio huojunnan pituudessa oli oikealla 0,27(r_s) ja vasemmalla 0,79(r_p), huojunnan pinta-alassa O: 0,24(r_s) ja V: 0,69(r_s) ja nopeuden keskihajonnassa O: 0,35(r_s) ja V: 0,85(r_p). Kaikki koehenkilöt suorittivat yhden jalan mittaukset aloittamalla oikealla jalalla. Kovalla alustalla suoritettujen yhden jalan testien tuottivat korkeampia korrelaatiota, näiden ollessa huojunnan pituudessa O: 0,73(r_p) ja V: 0,67(r_p), huojunnan pinta-alassa O: 0,61(r_s) ja V: 0,56(r_s) ja nopeuden keskihajonnassa O: 0,55(r_p) ja V:0,56(r_p).

	Rombergin mittaus silmät kiinni, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät auki, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät kiinni, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pituus	Vasemalla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pituus	Vasemalla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pituus
Pearson korrelaatio	0.530	0.460	0.944**	0.726*	0.668*	0.217	0.788**
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.115	0.181	0.000	0.018	0.035	0.546	0.007
Spearman korrelaatio	0.552	0.479	0.903**	0.648*	0.539	0.273	0.693*
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.098	0.162	0.000	0.043	0.108	0.446	0.026

Taulukko 2. Korrelaatiot huojunnan pituudelle

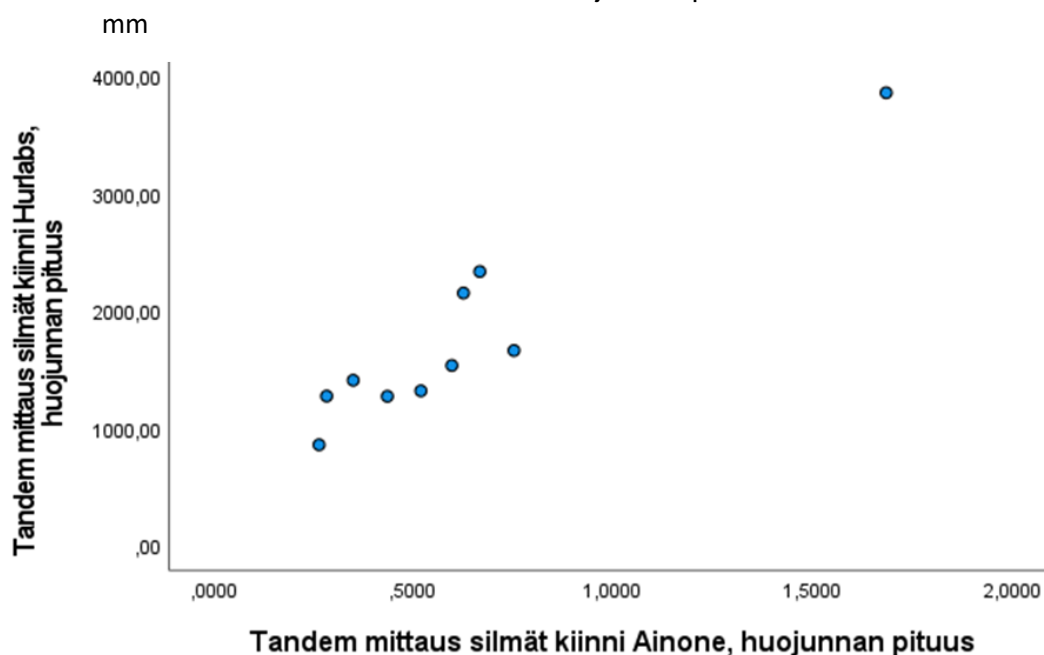
Punaisella taustalla merkityissä soluissa on kunkin asennon korrelaatiokerroin. Sinisellä taustalla merkityt solut osoittavat korrelaatiokertoimen olevan vähintään tilastollisesti melkein merkitseviä. Korrelaatiokertoimen yhteydessä oleva tähti kertoo arvon olevan tilastollisesti melkein merkitsevä ja kaksi tähteä tarkoittavat, että arvo on vähintään tilastollisesti merkitsevä.

	Rombergin mittaus silmät kiinni, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät auki, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät kiinni, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, nopeuden keskihajonta	Vasemalla jalalla mittaus kova alusta, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, nopeuden keskihajonta	Vasemalla jalalla mittaus pehmeä alusta, nopeuden keskihajonta
Pearson korrelaatio	0.306	0.059	0.980**	0.546	0.556	0.086	0.845**
Merkitsevyys. (2-hän-tään)	0.389	0.872	0.000	0.102	0.095	0.812	0.002
Spearman korrelaatio	0.309	-0.067	0.952**	0.529	0.636*	0.345	0.661*
Merkitsevyys. (2-hän-tään)	0.385	0.854	0.000	0.116	0.048	0.328	0.038

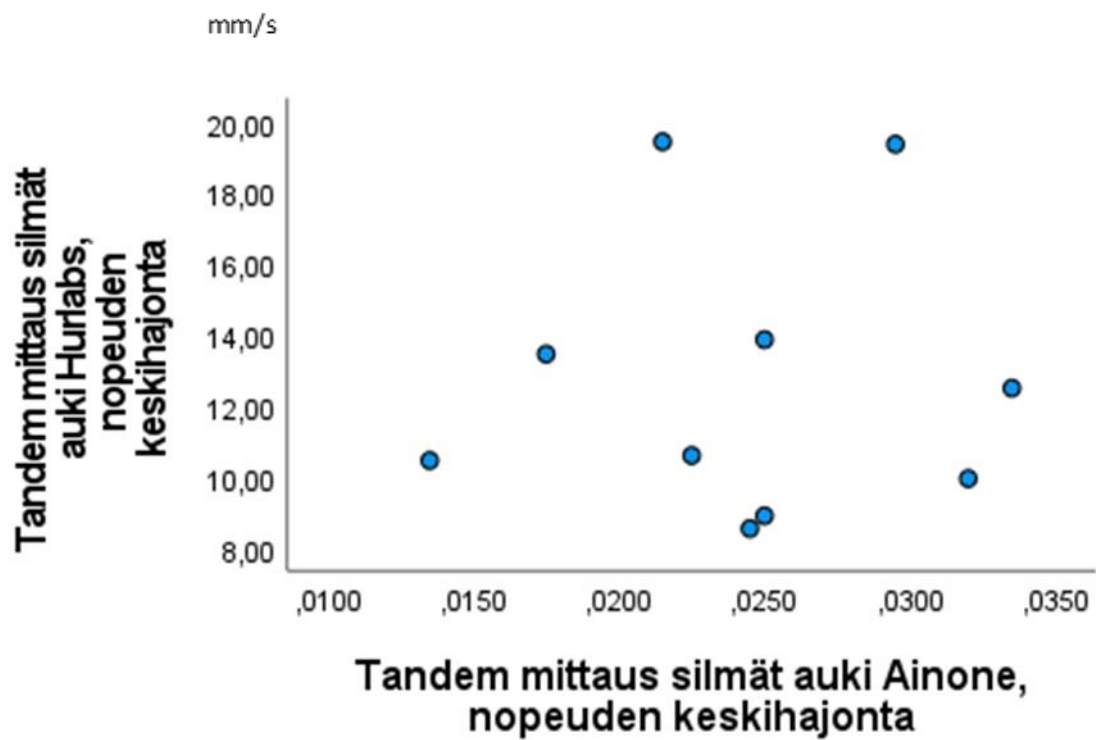
Taulukko 3. Korrelaatiot nopeuden keskihajonnalle

	Rombergin mittaus silmät kiinni, huojunnan pinta-ala	Tandem mittaus silmät auki, huojunnan pinta-ala	Tandem mittaus silmät kiinni, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pinta-ala	Vasemalla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pinta-ala	Vasemalla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pinta-ala
Pearson korrelaatio	0.4	0.078	0.890**	0.679*	0.37	-0.157	0.237
Merkitsevyys. (2-hän-tään)	0.253	0.829	0.001	0.031	0.292	0.666	0.51
Spearman korrelaatio	0.640*	0.43	0.624	0.612	0.564	0.236	0.687*
Merkitsevyys. (2-hän-tään)	0.046	0.214	0.054	0.06	0.09	0.511	0.028

Taulukko 4. Korrelaatiot huojunnan pinta-alalle



Kuvio 2. Sirontakuviotandem mittauksesta silmät kiinni, huojunnan pituus. Tässä kuvattu-
na tutkimuksen korkein korrelaatio käytettyjen laitteiden välisistä tuloksista



Kuvio 3. Sirontakuviotandem mittauksesta silmät auki, nopeuden keskihajonta. Tässä kuvattuna tutkimuksen alhaisin korrelaatio käytettyjen laitteiden välisistä tuloksista

6 Pohdinta

Tässä tutkimuksessa tutkittiin Ainone -tasapainolaitteen validiteettia staattisen tasapainon mittaamisessa. Laitteen pätevyyttä testattiin seitsemässä eri asennossa kymmenellä koehenkilöllä (N=10). Tuloksia verrattiin Hurlabs BT-laitteeseen, jonka yhdistetty virhemarginaali on 0,03% (HUR Labs Force Platform Software Suite User Manual 2014).

6.1 Aineisto

Tutkimukseen osallistui kymmenen koehenkilöä, joista miehiä oli seitsemän ja naisia kolme. Tutkimustulosten yleistettävyyttä olisi nostanut suurempi koehenkilömäärä, mutta kun tarkoituksena oli vertailla laitteiden suorituskykyä, oli koehenkilömäärä riittävän suuri vastaamaan tutkimuskysymykseen. Koehenkilöiden keski-ikä ollessa vain 23 vuotta, huojuntaa tuli erittäin vähän varsinkin helpompiin mittausasentoihin, joka on havaittavissa myös matalampina korrelaatioina laitteiden välillä. Tulevaisuudessa samantyyppinen tutkimus kannattaa toteuttaa ikääntyneemmällä otoksella, jolloin huojuntaa esiintyy todennäköisesti enemmän kaikissa mittaasenoissa. Tämän lisäksi laitteiden välinen mittausaika tulisi saada vakioitua saman pituiseksi molemmille mittalaitteille, jolloin aineiston analysointi olisi luotettavampaa. Tutkimuksen perusteella aineisto ei ollut ulkoisesti validi koehenkilöiden nuoren iän ja hyvän tasapainon vuoksi. Mittausasennot osoittautuivat liian helpoksi tälle koeryhmälle, eikä huojuntaa saatu tarpeeksi kuin tietyissä asennoissa.

6.2 Menetelmät

Tutkimukseen valittiin Ainone laitteen validiteetin määrittämiseksi Hurlabsin voimalevyanturi, joka on tarkoitettu tutkimuskäyttöön (HUR). Molemmat laitteet antoivat tulokset samoilla parametreillä, joka helpotti tulosten vertailua ja analysointia. Tulosten mittayksikkö oli eri, mutta sillä ei ollut vaikutusta tutkittaessa tulosten korrelaatiota toisiinsa nähden. Käytetyillä laitteilla oli mahdollista suorittaa mittaukset samanaikaisesti, vaikka yhteistä mittauspituutta ei laitteiden väliltä löytynyt. Hurlabsin laitteelta valittiin 30 sekunnin mittausjakso, jonka aikana Ainone laitteella suoritettiin kaksi erillistä mittausaerää peräkkäin, jotta vertailtavaa dataa saatiin mahdollisimman paljon. Ongelmaksi tässä muodostui kuitenkin 10 sekunnin katkos Ainone laitteen tuloksissa mitatun 30 sekunnin ajalta. Kun Ainonen ensimmäinen kymmenen sekunnin mittaus loppui, aloitettiin muutaman sekunnin viiveellä toinen mittauskerta heti perään, jolloin molemmat mittaukset ajoittuivat 30 sekunnin ajanjaksolle, vastaamaan Hurlabsin mitattua dataa. Ainonella tiedonkeruukatkos ajoittui noin 10-15 ja 25-30 sekunnin aikajaksolla, joka mittauksessa. Tämä laskee tulosten korrelaatiota, kun samaa ajanjaksoa ei saatu molemmilla laitteilla kerättyä kokonaan. Jos Ainonen kymmenen sekunnin katkos-

jaksolla tapahtui koehenkilön horjahtaminen, tallentuu tämä ainoastaan Hurlabsin mittaus-tuloksiin. Tämä voi vaikuttaa suuresti korrelaatioihin mittausparametrien ja mittausasento-
jen välillä.

Mittaustilanteessa oli mukana viisi tutkijaa, mukaan lukien tämän tutkimuksen tekijät (3) sekä saman laitteen reliabiliteetin tutkijat (2). Tämän lisäksi tilassa oli joidenkin mitattavien kohdalla seuraava koehenkilö odottamassa omaa vuoroa eli suurimmillaan samassa tilassa oli mitattavan lisäksi seitsemän henkilöä. Tällä saattoi olla vaikutusta mitattavan keskitymiskykyyn, vaikka muiden henkilöiden tuli olla hiljaa ja pysyä paikallaan mittauksen aikana.

6.3 Tulokset

Tulosten välinen korrelaatio oli huojunnan pituuden tuloksia tarkasteltaessa kaikissa vähintään kohtalaista ($r > 0,3$) lukuun ottamatta oikealla jalalla pehmeän alustan mittauksista, jossa korrelaatio jäi heikoksi ($r_s = 0,217$). Seitsemästä asennosta kolmessa korrelaatio oli voimakasta ($r > 0,7$). Nämä asennot olivat tandem silmät kiinni, oikealla jalalla kova alusta ja vasemmalla jalalla pehmeä alusta. Samoja tuloksia tarkasteltaessa huomataan suuria eroja pehmeällä alustalla tehdyistä mittauksista oikean ja vasemman jalan välillä. Huojunnan pituudessa ja pinta-alassa korrelaatio vasemman jalan mittauksissa oli noin kolminkertainen ja nopeuden keskihajonnassakin kaksi kertaa vahvempi. Tässä saattaa olla vaikutusta koehenkilöiden olevan pääsääntöisesti oikeajalkaisia, jolloin huojuntaa esiintyi vähemmän oikealla jalalla ja tästä syystä korrelaatio oli heikompa.

6.4 Jatkotutkimusaiheet

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Ainone- tasapainomittauslaitteen validiteettia 30 sekunnin Hurlabs-mittauksella ja samanaikaisella kahdella 10 sekunnin Ainone mittauksella. Ainone mittauksista jää siis 10 sekuntia mitattavaa dataa pois, jonka Hurlabs kuitenkin mittaa. Jatkossa olisi tärkeää, että validiteettia tutkittaisiin täysin samanaikaisilla mittauksilla, jolloin kaikki mitattava data tallentuu molempiin vertailtaviin laitteistoihin. Mittauksen varoaika ennen mittauksen aloittamista oli Ainonella kolme sekuntia ja Hurlabsilla viisi sekuntia. Jatkotutkimuksissa olisi tärkeää pystyä määrittämään varoaika täysin samaksi, jotta validiteetin testaus olisi mahdollisimman luotettavaa.

Ainone tasapainomittauslaitteen validiteettia voisi jatkossa tutkia tekemällä erikseen tutkimuksen, jossa on ainoastaan mittausasentoja, joissa on vähän huojuntaa, sekä tekemällä toisen tutkimuksen, jossa mittausasennot olisivat haastavampia ja huojuntaa tulisi enemmän. Näin saataisiin vahvistusta sille, että validiteetti on voimakkain mittausasunnoissa,

joissa huojuntaa esiintyy paljon. Lisäksi jatkotutkimuksissa olisi suotavaa ottaa koehenkilöiksi ikääntyneitä henkilöitä, joilla huojuntaa tulee luonnollisesti paljon, koska tasapaino heikkenee ikääntymisen myötä. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt olivat iältään nuoria, jolloin huojunnan määrä oli vähäistä varsinkin helpoimmista mittausasennoissa.

Tulevaisuudessa Ainone balance- sensoria tullaan hyödyntämään monenlaisissa ympäristöissä kuten mahdollisesti urheilijoiden ja ikääntyneiden parissa. Näillä johtopäätöksillä sensori antaa sitä luotettavampia tulokset, mitä enemmän huojuntaa esiintyy.

7 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella Ainone- tasapainomittauslaitteen validiteetti on pääsääntöisesti kohtalainen, lineaarisen riippuvuuden korrelaation ollen suurimmaksi osaksi arvojen 0,3 ja 0,7 välissä. Korkeimmat validiteetin korrelaatiot saatiin tandem- asennossa silmät kiinni ja yhden jalan seisonnassa vasemmalla jalalla pehmeällä alustalla. Näissä mittausasunnoissa korrelaation suuruus vaihteli kohtalaisesta voimakkaaseen. Matalimmat validiteetin korrelaatiot saatiin yhden jalan seisonnassa oikealla jalalla pehmeällä alustalla, korrelaation vaihdellessa matalasta kohtalaiseen. Korkein yksittäinen validiteetin korrelaatio oli tandem- asennossa huojunnan pituudessa ja nopeuden keskihajonnassa silmät kiinni korrelaation ollessa voimakasta. Matalin yksittäinen validiteetin korrelaatio oli tandem- asennossa silmät auki nopeuden keskihajonnassa korrelaation ollessa heikko. Tuloksista voidaan todeta, että validiteetti on voimakkain mittausasunnoissa, joissa huojuntaa esiintyi paljon. Alhaisin validiteetti oli mittausasunnoissa, joissa huojuntaa esiintyi vähän.

Kuvat, kuviot ja taulukot

Kuvat

Kuva 1. Tasapainoelin

Kuva 2. Lihassukkula

Kuva 3. Golgin jänne-elin

Kuva 4. Ainone Balance- sensori

Kuva 5. Balance Trainer BT 4 2202

Kuva 6. Rhombergin testi

Kuva 7. Tandem-seisonta

Kuva 8. Yhdellä jalalla seisonta

Kuviot

Kuvio 1. Tutkimuksen vuokaavio

Kuvio 2. Sirontakuvio tandem mittauksesta silmät kiinni, huojunnan pituus.

Kuvio 3. Sirontakuvio tandem mittauksesta silmät auki, nopeuden keskihajonta.

Taulukot

Taulukko 1. Koehenkilöiden tiedot

Taulukko 2. Korrelaatiot huojunnan pituudelle

Taulukko 3. Korrelaatiot nopeuden keskihajonnalle

Taulukko 4. Korrelaatiot huojunnan pinta-alalle

Lähteet

Ainone. 2021. Viitattu. 16.11.2021. Saatavilla <https://ainone.eu/tasapaino>

Annarumma M, Withey SJ, Bakewell RJ, Pesce E, Goh V, Montana G .2019. Automated Triaging of Adult Chest Radiographs with Deep Artificial Neural Networks. Radiology. Viitattu 4.10.2022. Saatavissa <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2018180921>

Business Research Methodology. research-metodology.net. Viitattu 1.6.2021. Saatavilla <https://research-methodology.net/research-methodology/reliability-validity-and-repeatability/research-validity/>

Cabitz F and Zeitoun JD 2019.The Proof of the Pudding: In Praise of a Culture of Real-World Validation for Medical Artificial Intelligence. Annals of Translational Medicine 7(8):161. Viitattu 14.11.2021. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6526255/>

Carpinella I , Cattaneo D , Bonora G , Bowman T , Martina L , Montesano A, Ferrarin M .Wearable Sensor-Based Biofeedback Training for Balance and Gait in Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27965005/>

Chen, B. Liu, P. Xiao, F. Liu, Z. Wang, Y. 2020. Review of the Upright Balance Assessment Based on the Force Plate. International journal of environmental research and public health. Viitattu 1.6.2021. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7967421/>

Dewan, B. James, R. Kumar, N. Sawyer, S. 2019. Kinematic Validation of Postural Sway Measured by Biodex Biosway (Force Plate) and SWAY Balance (Accelerometer) Technology. Hindawi. Viitattu 14.11.2021. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31930140/>

Finch E, Brooks D, Stratford PW, Mayo NE. Physical rehabilitation outcome measures. A guide to enhanced clinical decision making 2. painos. Canadian Physiotherapy Association. Ontario: BC Decker Inc, 2002.

Ghislieri, M. Gastaldi, L. Pastorelli, S. Tadano, S. Agostini, V. 2020. Wearable Inertial Sensors to Assess Standing Balance: A Systematic Review. Sensors. Viitattu 3.11.2021. Saatavissa <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4075/htm>

Haug, Sand, Sjaastad & Toverud. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 1992, 167-168. Porvoo: WSOY.

HUR Labs Force Platform Software Suite User Manual. 2014. Viitattu 1.6.2022. Saatavilla http://sd7.staattinen.fi/sites/www.hurlabs.com/files/files/force_manual.pdf

HUR. 2021. Viitattu 16.11.2021. Saatavissa <https://www.hur.fi/>.

Kankkunen, P. Julkunen-Vehviläinen, K 2013. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: Sanoma Pro.

Kauranen, K. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. 2014 Helsinki. Liikuntatieteellinen seura.

Kauranen, K. Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. 2011, 162, 192. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura.

Kelly D, Esquivel K, Gillespie J, Condell J, Davies R, Karim S, Nevala E, Alamäki A, Jalovaara J, Barton J, Tedesco S and Nordström A. Feasibility on Sensor Technology for Balance Assessment in Home Rehabilitation Settings. Sensors. Viitattu 1.11.2021. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8272234/>

Kima N, Yoob K, Anc H, Shind H, Kooa J, Kime B, Kimf H, Choi J. 2014. The Effects of Balance Exercise on an Unstable Platform and a Stable Platform on Static Balance. Journal of International Academy of Physical Therapy Research. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201424753521401.page>

King L, Mancini M, Fino P, Chesnutt J, Swanson C, Markwardt S, Chapman J. 2017. Sensor-Based Balance Measures Outperform Modified Balance Error Scoring System in Identifying Acute Concussion. Ann Biomed Eng. 2017 September; 45(9): 2135–2145. Viitattu 15.6.2022. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28540448/>

Lee, C-H. Sun, T-L. 2018. Evaluation of postural stability based on a force plate and inertial sensor during static balance measurement. Journal of physiological anthropology. Viitattu 15.11.2021. Saatavissa <https://jphysiolanthropol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40101-018-0187-5>

Liikuntatieteellinen seura. 2021. Viitattu 18.11.21. Saatavilla <https://www.lts.fi/liikuntatiede.html>

Milana, P. Mileusnic, Loeb G-E. 2006, 1. Mathematical models of proprioceptors. II. Structure and function of the golgi tendon-organ. Viitattu 15.6.2022. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16672300/>

Nurmi-Lüthje I, Lillsunde P. Päihteet lisäävät tapaturmavaaraa. 2018. Suomen lääkärilehti.

Oh-Park T , Doan T, Dohle C, Vermiglio-Kohn V, Abdouechology A. 2021. Technology Utilization in Fall Prevention. Am J Phys Med Rehabil. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32740053/>

Pajala, S. 2016. Iäkkäiden kaatumisen ehkäisy. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/79998/THL_Opas_16_verkko.pdf?sequence

Pekkarinen, V.M. 2015. Tasapainolevyn ja -ohjelmiston käytettävyys sekä käyttäjätutkimus. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö (AMK). Viitattu 1.6.2022. Saatavissa https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95862/Pekkarinen_Ville-Matias.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivera, M-J. Winkelmann, Z. Powden, C. Games, K. 2017. Proprioceptive training for the prevention on ankle sprains: An evidence-based review. Journal of Athletic training. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29140127/>

Sandström & Ahonen. 2011. Liikkuva ihminen., 35. Helsinki VK-kustannus.

Sandström & Ahonen. 2011. Liikkuva ihminen., 37. Helsinki: VK-kustannus.

Schedler, S. Kiss, R. Muehlbauer, T. 2019. Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age: A systematic review and meta-analysis. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0214434>

Shumway-Cook, A. & Woollacot, M. 2017. Motor control. Translating Research into Clinical practice. Philadelphia: Wolters Kluwer. Viitattu 15.6.2022

Streiner DL, Norman GR. 2008. Health Measurement Scales. A practical guide to their development and use 4th ed. New York: Oxford University Press. Viitattu 1.6.2022. Diane publishing.

Sudaryono & Rahardja, U. Qurotul,A. Graha, Y-I. Lutfiani, N. 2019. Validity of test instruments. Viitattu 15.6.2022. Saatavissa <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1364/1/012050/meta>

Terveurheilija. SCAT-5. Viitattu 1.6.2022. Saatavissa https://terveurheilija.fi/wp-content/uploads/2019/09/Scat5_suomeksi.pdf

Wikipedia. Hyvänlaatuinen asentohuimaus. Luettu 16.11.21. Saatavissa https://fi.wikipedia.org/wiki/Hyv%C3%A4nlaatuinen_asentohuimaus

Winter, P. and Carusi, A. (2022). 'If You're Going to Trust the Machine, Then That Trust Has Got to Be Based on Something': Validation and the Co-Constitution of Trust in Developing Artificial Intelligence (AI) for the Early Diagnosis of Pulmonary Hypertension (PH).

Viitattu 4.10.2022. Saatavissa <https://sciencetechnologystudies.journal.fi/article/view/102198>

Zampogna, A. Mileti, I. Palermo, E. Celletti, C. Paoloni, M. Manoni, A. Ivan Mazzetta, Costa, G D. Pérez-López, C. Camerota, F. Leocani, L. Cabestany, J. Irrera, F. Suppa, A. 2020. Fifteen yers of wireless sensors for balance assessment in neurological disorders. Sensors. Viitattu 16.11.2021. Saatavissa <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/11/3247>

**Sosiaali- ja terveysala
Fysioterapian koulutusohjelma****Ainone Balance -tasapainomittauslaitteen reliabiliteetti
Ainone Balance -tasapainomittauslaitteen validiteetti
Panu Peräkylä, Aleksi Sainio, Ville Katajasaari, Miro Kautto & Jarkko Lainila**

Olen saanut riittävästi tietoa kyseiseen opinnäytetyöhön liittyen ja olen ymmärtänyt saamani tiedon. Minulla on ollut mahdollisuus esittää kysymyksiä ja olen saanut riittävän kattavat vastaukset esittämiini kysymyksiin. Ymmärrän, että minulla on mahdollisuus keskeyttää osallistumiseni missä tahansa vaiheessa. Suostun vapaaehtoisesti osallistumaan tähän opinnäytetyön tutkimukseen.

Aika ja paikka

Koehenkilö

Sosiaali- ja terveysala**Fysioterapian koulutusohjelma**

Tutkimusten nimet: Ainone- tasapainomittauslaitteen reliabiliteetti ja Ainone- tasapainomittauslaitteen validiteetti

Tekijät: Panu Peräkylä, Aleksi Sainio, Ville Katajasaari, Miro Kautto ja Jarkko Lainila

Tutkimusten tarkoitus: Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Ainone- tasapainomittauslaitteen toistettavuutta ja luotettavuutta tasapainon mittaamisessa. Nämä ovat tärkeässä roolissa, kun tasapainomittauksia tehdään. Mittauslaitteen on annettava riittävän toistettavia ja luotettavia tuloksia, jotta laitetta voidaan hyödyntää kuntoutus- ja valmennuskäytössä sekä mahdollisissa tutkimusprojekteissa. Tutkimus toteutetaan yhteistyössä Ainone Oy:n kanssa.

Opinnäytetyö toteutetaan laboratoriomittauksena kolmena eri päivänä. Mittaukset suoritetaan LAB-ammattikorkeakoulussa alkuvuodesta 2022. Testit suoritetaan ilman ulkopuolista tasapainon tukemista, eikä koehenkilöllä saa olla tasapainoon vaikuttavia sairauksia. Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia tasapainomittauslaitetta, eikä koehenkilöiden yksilöllisiä ominaisuuksia. Testit suoritetaan tasapainolaudalla sukat jalassa ilman kenkiä. Samanaikaisesti tutkittavalle henkilölle kiinnitetään Ainone Balance- tasapainomittauslaite sykevyyden tapaisesti rintakehän alapuolelle.

Pyydämme teitä osallistumaan järjestämäämme tutkimukseen. Mittaustilanteet järjestetään alkuvuodesta. Mittaustilanne on kestoaltaan noin 10 min ja sen kulusta informoidaan myöhemmin tarkemmin. Voit ottaa tekijöihin yhteyttä sähköpostin välityksellä, opinnäytetyöhön tai tutkimukseen liittyen osoitteesta etunimi.sukunimi@student.lab.fi

Ystävällisin terveisin

Panu Peräkylä, Aleksi Sainio, Ville Katajasaari, Miro Kautto ja Jarkko Lainila

**OPINNÄYTETYÖTÄ KOSKEVA
TIETOSUOJAILMOITUS
EU:n yleinen tietosuoja-asetus (2016/679)
artiklat 13 ja 14**

Laatimispäivämäärä: 8.12.2021

Liite 3.

Mitä tarkoitusta varten henkilötietoja kerätään? / Henkilötietojen käsittelyn tarkoitus

Opinnäytetyömme käsittelee AinoneBalance-tasapainolaitteiston validiteetin ja reliabiliteetin mittaamista. Mittaukset suoritetaan kolmessa eri asennossa. Jokainen koehenkilö suorittaa viisi eri mittausta kolmena eri päivänä, joiden aikana kerätään tietoa heidän tasapainostaan.

Mitä tietoja keräämme? / Tutkimusrekisterin tietosisältö

Keräämme sinusta seuraavia tietoja: nimi, sukupuoli, ikä, sähköpostiosoite, pituus, paino, tukijalka yhden jalan seisonnassa

Millä perusteella keräämme tietoja? / Henkilötietojen käsittelyn oikeusperuste

Keräämme henkilötietoja ainoastaan henkilöiden omalla suostumuksella.

Mistä kaikkialta henkilötietoja keräämme / Tietolähteet

Henkilötietoja keräämme ainoastaan rekisteröidyltä itseltään.

Kenelle tietoja siirretään? / Tietojen siirto tai luovuttaminen ulkopuolelle

Henkilötietoja ei luovuteta opinnäytetyön laatijoiden lisäksi korkeakoulun muille jäsenille.

Minne tietoja siirretään? / Tietojen siirto tai luovuttaminen EU:n tai Euroopan talousalueen ulkopuolelle

Kerättyjä henkilötietoja ei siirretä EU:n tai Euroopan talousalueen ulkopuolelle.

Kerättyjen tietojen turvallinen säilyttäminen / Rekisterin suojausten periaatteet

Kerättyä aineistoa säilytetään lukitussa kaapissa ja ainoastaan opinnäytetyön laatijoilla on pääsy aineistoon. Tietoja käsitellään korkeakoulun tietoturvaisilla palvelimilla ja tietoihin pääsy on mahdollista ainoastaan opinnäytetyön laatijoille. Suorat tunnistetiedot poistetaan kerätystä aineistosta viimeistään viikolla 19/2021, eli tällöin aineisto anonymisoidaan.

Kuinka kauan kerättyä aineistoa säilytetään? / Tutkimusaineiston käsittely tutkimuksen päättymisen jälkeen

Kerättyä aineistoa säilytetään viikkoon 19/2021 asti. Aineistoa arkistoidaan ainoastaan opinnäytetyön tekovaiheen ajan.

Millaista päätöksentekoa? / Automatisoitu päätöksenteko

Aineistoa käsiteltäessä ei tapahdu automaattista päätöksentekoa.

Oikeutesi / Rekisteröidyn oikeudet

Rekisteröidyllä on oikeus peruuttaa antamansa suostumus, milloin henkilötietojen käsittely perustuu suostumukseen. Tutkimuksen keskeyttämiseen ja suostumuksen peruuttamiseen mennessä kerättyjä tietoja voidaan käyttää osana tutkimusaineistoja.

Rekisteröidyllä on oikeus tehdä valitus Tietosuojavaltuutetun toimistoon, mikäli rekisteröity katsoo, että häntä koskevien henkilötietojen käsittelyssä on rikottu voimassa olevaa tietolainsäädäntöä.

Rekisteröidyllä on seuraavat EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen mukaiset oikeudet:

- a) Rekisteröidyn oikeus tarkistaa itseään koskevat tiedot.
- b) Rekisteröidyn oikeus tietojensa oikaisemiseen.
- c) Rekisteröidyn oikeus tietojensa poistamiseen. Oikeutta henkilötietojen poistamiseen ei sovelleta, jos tietojen käsittely on tarpeen yleisen edun mukaisia arkistointitarkoituksia taikka tieteellisiä tai historiallisia tutkimustarkoituksia tai tilastollisia tarkoituksia varten, jos oikeus tietojen poistamiseen estää tai suuresti vaikeuttaa henkilötietojen käsittelyä
- d) Rekisteröidyn oikeus tietojen rajoittamiseen.
- e) Rekisteröidyn oikeus siirtää tiedot toiselle rekisterinpitäjälle.

Tutkimusrekisterin tiedot

LAB-ammattikorkeakoulu toimii hankkeen osatoteuttajana ja vastaa tietosuojasta omien toimenpiteiden osalta. Toimenpiteiden toteuttamiseen liittyvät henkilötiedot tallennetaan korkeakoulun omille tietoturvalisille palvelimille. Kyseessä on kertatutkimus. Tutkimuksen ja opinnäyteprojektin kestoaika on 9/2021-5/2022. Henkilötietoja säilytetään maksimissaan viikkoon 19/2021 asti.

Tietosuojavastaavan yhteystiedot
lakimies Anne Himanka
Sähköposti: tietosuoja@lab.fi
Puhelin 0294 462 111 (vaihde)
Postiosoite PL 20, 53851 Lappeenranta

Rekisterinpitäjän ja yhteys henkilön tiedot

LAB-ammattikorkeakoulu Oy
Y-tunnus 2630644-6
Lappeenrannan kampus:
Yliopistonkatu 36, 53850 Lappeenranta
Puhelin: 029 446 5000

Tutkimuksen suorittajat

Tutkimuksen suorittajat, joilla on tutkimuksen kuluessa oikeus käsitellä tutkimusrekisterin tietoja:

Alexi Sainio, Panu Peräkylä, Miro Kautto, Ville Katajasaari, Jarkko Lainila

Liite 5

Sijainti- ja hajontaluvut

	Rombergin mittaus silmät kiinni Hurlabs, huojunnan pituus	Rombergin mittaus silmät kiinni Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Rombergin mittaus silmät kiinni Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Rombergin mittaus silmät kiinni Ainone, huojunnan pituus	Rombergin mittaus silmät kiinni Ainone, nopeuden keskihajonta	Rombergin mittaus silmät kiinni Ainone, huojunnan pinta-ala	Tandem mittaus silmät auki Hurlabs, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät auki Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät auki Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Tandem mittaus silmät kiinni Hurlabs, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät kiinni Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät kiinni Hurlabs, huojunnan pinta-ala
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Vaihteluväli	615,33	11,39	598,27	,2275	,0155	,0420	788,73	10,91	1274,44	3007,25	79,20	5882,50
Minimi	343,35	5,97	247,67	,1760	,0140	,0000	484,85	8,52	187,32	848,75	13,68	560,47
Maksimi	958,68	17,36	845,94	,4035	,0295	,0420	1273,58	19,43	1461,76	3856,00	92,88	6442,97
Keskiarvo	581,8840	10,4870	486,9090	,302500	,021250	,006800	750,1450	12,6910	508,5900	1759,6440	33,1490	1800,7280
Keskihajonta	198,06344	3,56895	230,95978	,0721168	,0054531	,0126320	268,28240	3,95679	388,61674	855,43726	22,42921	1840,99805

	Tandem mittaus silmät auki Ainone, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät auki Ainone, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät auki Ainone, huojunnan pinta-ala	Tandem mittaus silmät kiinni Ainone, huojunnan pituus	Tandem mittaus silmät kiinni Ainone, nopeuden keskihajonta	Tandem mittaus silmät kiinni Ainone, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Ainone, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Ainone, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus kova alusta Ainone, huojunnan pinta-ala
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Vaihteluväli	,2085	,0200	,0305	1,4200	,1310	12,5795	697,24	7,55	527,92	,3690	,0225	,0890
Minimi	,2225	,0135	,0000	,2645	,0150	,0010	442,41	9,03	277,58	,2525	,0180	,0005
Maksimi	,4310	,0335	,0305	1,6845	,1460	12,5805	1139,65	16,58	805,50	,6215	,0405	,0895
Keskiarvo	,336600	,024450	,008900	,618000	,047100	1,353850	789,2760	12,5200	517,4260	,392500	,026650	,019400
Keskihajonta	,0761073	,0061979	,0111674	,4096209	,0390461	3,9466934	214,46482	2,79664	190,85735	,1136591	,0069843	,0273006

	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, huojunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Ainone, huojunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Ainone, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta Ainone, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, huojunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, huojunnan pinta-ala
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Vaihteluväli	882,96	11,29	327,11	,4115	,0355	,6375	781,29	10,92	701,03	,9290	,0670	4,6630
Minimi	472,89	8,32	264,75	,1955	,0130	,0010	599,39	9,84	216,34	,2580	,0155	,0005
Maksimi	1355,85	19,61	591,86	,6070	,0485	,6385	1380,68	20,76	917,37	1,1870	,0825	4,6635
Keskiarvo	800,3580	13,1050	430,8780	,407500	,028200	,076150	853,1540	14,5760	543,9920	,571700	,035400	,501000
Keskihajonta	252,30736	3,23582	116,42263	,1314101	,0112773	,1981152	254,45788	3,85099	222,02763	,2733798	,0190450	1,4629243

	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, huojunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Hurlabs, huojunnan pinta-ala	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, huojunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta Ainone, huojunnan pinta-ala
N	10	10	10	10	10	10
Vaihteluväli	996,47	12,16	1114,06	,8175	,0500	1,8430
Minimi	606,94	11,87	273,23	,2510	,0155	,0015
Maksimi	1603,41	24,03	1387,29	1,0685	,0655	1,8445
Keskiarvo	952,6060	16,5000	693,2940	,568250	,035100	,235700
Keskihajonta	290,00067	4,16622	371,26525	,2707912	,0164601	,5682487

Liite 6

Punaisella taustalla merkityissä soluissa on kunkin asennon korrelaatiokerroin. Valinta Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiokertoimen välillä riippuu laitteiden tulosten normaalijakautuneisuudesta ja lisäksi poikkeavista arvoista. Sinisellä taustalla merkityt solut osoittavat kyseisen korrelaatiokertoimen olevan vähintään tilastollisesti melkein merkitsevän. Korrelaatiokertoimen yhteydessä oleva tähti kertoo arvon olevan tilastollisesti melkein merkitsevän ja kaksi tähteä tarkoittaa, että arvo on vähintään tilastollisesti merkitsevä.

Korrelaatiot huojuunnan pituudelle

	Rombergin mittaus silmät kiinni, huojuunnan pituus	Tandem mittaus silmät auki, huojuunnan pituus	Tandem mittaus silmät kiinni, huojuunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, huojuunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta, huojuunnan pituus	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojuunnan pituus	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojuunnan pituus
Pearson korrelaatio	0.530	0.460	,944**	,726*	,668*	0.217	,788**
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.115	0.181	0.000	0.018	0.035	0.546	0.007
Spearman korrelaatio	0.552	0.479	,903**	,648*	0.539	0.273	,693*
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.098	0.162	0	0.043	0.108	0.446	0.026

Liite7

Korrelaatiot huojunnan pinta-alalle

	Rombergin mitaus silmät kiinni, huojunnan pinta-ala	Tandem mitaus silmät auki, huojunnan pinta-ala	Tandem mitaus silmät kiinni, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pinta-ala	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta, huojunnan pinta-ala	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pinta-ala	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta, huojunnan pinta-ala
Pearson korrelaatio	0.4	0.078	,890**	,679*	0.37	-0.157	0.237
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.253	0.829	0.001	0.031	0.292	0.666	0.51
Spearman korrelaatio	,640*	0.43	0.624	0.612	0.564	0.236	,687*
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.046	0.214	0.054	0.06	0.09	0.511	0.028

Korrelaatiot nopeuden keskihajonnalle

	Rombergin mittaus silmät kiinni, nopeuden keskihajonta	Tandem mitaus silmät auki, nopeuden keskihajonta	Tandem mitaus silmät kiinni, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus kova alusta, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus kova alusta, nopeuden keskihajonta	Oikealla jalalla mittaus pehmeä alusta, nopeuden keskihajonta	Vasemmalla jalalla mittaus pehmeä alusta, nopeuden keskihajonta
Pearson korrelaatio	0.306	0.059	,980**	0.546	0.556	0.086	,845**
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.389	0.872	0	0.102	0.095	0.812	0.002
Spearman korrelaatio	0.309	-0.067	,952**	0.529	,636*	0.345	,661*
Merkitsevyys. (2-häntään)	0.385	0.854	0	0.116	0.048	0.328	0.038