



## **Yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon taso neljässä eri lajissa**

Delos tasapaino mittauslaitteella tehty tutkimus

Oskari Kukkonen ja Veikka Nieminen

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Liikunnanohjaajan tutkinto

Opinnäytetyö

2024

<b>Tekijä(t)</b> Oskari Kukkonen ja Veikka Nieminen
<b>Tutkinto</b> Liikunnanohjaaja
<b>Raportin/Opinnäytetyön nimi</b> Yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon taso neljässä eri lajissa
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 69 + 5
<p>Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin tasapainoa ja siihen liittyvää proprioseptiikkaa yleisesti sekä tehtiin kuvaileva tutkimus yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon ja proprioseptiikan tasosta Vierumäen urheiluopistolla. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa nuorten urheilijoiden tasapainon tasosta. Tutkimuksessa tutkittiin Delos testilaitteiston (Delos Postural Proprioceptive System) avulla yläkouluikäisten urheilijoiden (N = 86) dynaamisen ja staattisen tasapainon taso Delos testilaitteiston tasapainoindeksiin nähden team gymissä (N = 17), taitoluistelussa (N = 41), tenniksessä (N = 18) sekä jääkiekossa (N = 10). Tutkimus pyrki selvittämään myös eroja eri lajien välillä, eroja jalkojen välillä ja eroja tyttöjen ja poikien välillä. Pyrimme myös selvittämään, onko pituudella, painolla, harjoitteluvuosilla ja harjoittelumäärillä yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin. Kysymysten lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli luoda viitearvot yläkouluikäisille urheilijoille dynaamiseen testiin. Tasapainotaito on yksi perusliikuntataidoista, joka toimii pohjana esimerkiksi lajinomaisille liikuntataidoille sekä on tärkeä osa ihmisen toimintakykyä ja suorituskykyä.</p> <p>Työ toteutettiin marraskuun 2023 ja kesäkuun 2024 välisenä aikana. Tutkimukseen liittyvät käytännön testit toteutettiin tammikuun ja maaliskuun 2024 välisenä aikana osana Vierumäen yläkoululeirityksiä. Käytännön testeihin kuului Delos testilaitteiston staattinen ja dynaaminen testi (unconstrained). Tutkimuksen toteutuksessa tehtiin yhteistyötä toimeksiantajaorganisaation sidosryhmien kanssa. Lähetimme valittujen lajien yläkoululeiriläisille ja heidän vanhemmilleen tutkimustiedotteen, jonka avulla kerättiin suostumukset. Suostumuksien perusteella testattavat valittiin satunnaisesti jokaisen lajin kohdalla. Tutkimukseen osallistuneilta mitattiin ja haastateltiin muuttujatietoja tutkimusongelmien mukaisesti.</p> <p>Tutkimustulokset kertoivat yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon tason sijoittuvan staattisessa testissä hyvälle tasolle (KA silmät auki 89,52 ja KA silmät kiinni 74,96) Delos testilaitteiston tasapainoindeksissä ja dynaamisessa testissä taso sijoittui Delos testilaitteiston tasapainoindexin keskivaiheen alapuolelle (KA 45,86). Suuremmalla kehonpainolla havaittiin olevan heikkoja yhteyksiä muutamiin huonompiin dynaamisen testin tuloksiin, mutta ei staattisen testin tuloksiin. Harjoitteluvuosien, lajiharjoittelun, oheis- ja omatoimiharjoittelun ja kokonaisharjoittelun määrällä oli mahdollisia yhteyksiä parempiin dynaamisen testin tuloksiin. Staattiseen testin ja näiden muuttujien välillä havaittiin vähemmän yhteyksiä. Dynaamisen testin tulosten pohjalta luotiin viitearvot Delos testilaitteiston dynaamiseen testiin yläkouluikäisille urheilijoille, joka myös tulosten pohjalta oli perusteltua.</p> <p>Tutkimuksen keskeisin löydös oli, että dynaamista tasapainoa olisi hyvä harjoittaa lisää yläkouluikäisillä urheilijoilla. Tasapainoharjoittelun tarve tulisi kartoittaa yksilö- ja lajikohtaisesti.</p>
<b>Asiasanat</b> Tasapaino, proprioseptiikka, yläkoululaiset, urheilu

## Sisällys

Johdanto.....	1
1 Mitä tasapaino on?.....	3
1.1 Tasapaino. Kyky vai taito?.....	3
1.2 Tasapainoon vaikuttavat mekaaniset tekijät .....	4
1.2.1 Muut tasapainoon vaikuttavat tekijät .....	5
1.3 Tasapainon hallinta kehossa .....	5
1.3.1 Seisoma-asennon hallinta.....	6
1.3.2 Yhden jalan seisonnan hallinta.....	7
2 Tasapainojärjestelmä .....	8
2.1 Sensorinen järjestelmä: Vestibulaarijärjestelmä .....	8
2.2 Sensorinen järjestelmä: Visuaalinen järjestelmä.....	9
2.3 Sensorinen järjestelmä: Somatosensorinen järjestelmä .....	10
2.4 Motorinen järjestelmä .....	11
2.5 Biomekaaninen järjestelmä .....	12
3 Tasapainon ja proprioseptiikan tutkimusmenetelmät .....	13
3.1 Tasapainon tutkimusmenetelmät.....	13
3.2 Proprioseptiikan tutkimusmenetelmät.....	15
3.3 Huomioitavaa tasapainon ja proprioseptiikan tutkimisesta.....	15
4 Tasapainoharjoittelu ja harjoitusvaikutukset .....	16
4.1 Vammojen ennaltaehkäisy .....	16
4.2 Vaikutukset suorituskykyyn .....	18
4.3 Miten tasapainoa voidaan kehittää? .....	19
4.4 Lajinomaisuus tasapainoharjoittelussa .....	23
5 Yläkouluikäiset ja tasapaino .....	24
6 Tutkimuksen tavoite .....	28
6.1 Yläkoululeiritykset .....	28
6.2 Tutkimusongelmat.....	28
6.3 Tutkimusmenetelmät.....	29
6.4 Tilastolliset menetelmät.....	36
6.5 Tutkimuksen luotettavuus.....	37
7 Tutkimustulokset .....	38
7.1 Millainen on dynaamisen ja staattisen tasapainon taso yläkouluikäisillä urheilijoilla valituissa lajeissa verrattuna Delos testilaitteiston tasapainoindeksiin? .....	38
7.2 Millaisia eroja eri lajien välillä on dynaamisen ja staattisen tasapainon tasossa? .....	41

7.3	Onko vasemman ja oikean jalan välillä eroavaisuuksia dynaamisessa ja staattisessa testissä? .....	44
7.4	Millaisia eroja tyttöjen ja poikien välillä on dynaamisen ja staattisen testin tuloksissa? ....	45
7.5	Onko pituudella ja painolla yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin? .....	47
7.6	Onko harjoitteluvuosilla ja harjoittelun määrällä yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin? .....	49
8	Pohdinta .....	53
8.1	Oman oppimisen arviointi .....	63
	Lähteet .....	65
	Liitteet .....	70
	Liite 1. Tutkimustiedote yläkoululeiriläisille & heidän huoltajille .....	70
	Liite 2. Testaajien ohjeistus tasapainotestauksien toteuttamiseen: .....	72
	Liite 3. Delos laitteiston valmis tasapainoindeksi .....	74

## Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Suomen urheiluopiston kannatusosakeyhtiölle. Opinnäytetyölle haettiin kahta tekijää Haaga-Helian sähköpostin kautta, ja muutaman vaihdellun sähköpostin jälkeen valikoituimme työn tekijöiksi. Vierumäen Urheiluopistolla sijaitsee urheilun osaamis-yhteisö, johon kuuluu taito ja taitavuus teemaryhmä. Teemaryhmässä päätettiin yhteiseksi ensimmäiseksi tavoitteeksi tuottaa erilaisten tutkimushankkeiden kautta lisädataa tasapainotaidosta urheilijoilla. Tasapainotaito kuuluu perusmotoristen taitojen ryhmään. Tasapainohallinta ja liikehallintataidot on yhdistetty muun muassa liikkumisen sujuvuuteen, rytmikkyyteen, estetiikkaan, nopeuteen ja voimakkuuteen. Lisäksi hyvällä tasapainolla on todettu olevan yhteys urheiluvammojen ennaltaehkäisyyn. Delos testilaitteisto on hankittu Vierumäelle vuonna 2021, ja laitteisto on ollut melko vähäisellä käytöllä tähän mennessä. Tarkoituksena on myös mahdollisesti selkeyttää, miten laitetta voitaisiin hyödyntää urheiluopiston toiminnassa enemmän. Aikaisempia vastaavia tutkimuksia yläkouluikäisille ei ole tietääksemme tehty Delos testilaitteistoa hyödyntäen, joten tutkimuksesta saadulla datalla voidaan selvittää, miten laitteistoa voidaan paremmin hyödyntää tämän ikäisten urheilijoiden testaamisessa.

Tavoitteena oli tehdä kuvaileva tutkimus, jossa ei toteuteta erillistä interventiota tai seurantaa, yläkoululeiritykseen neljässä lajissa (taitoluistelu, jääkiekko, tennis ja teamgym) osallistuvien urheilijoiden tasapainotaidosta. Urheilijoilta testataan tasapainoa ja proprioseptiikkaa Delos-laitteen dynaamisen testin ja staattisen silmät auki ja kiinni tehtävän testin avulla. Testit tehdään Vierumäen yläkoululeirityksissä kevään 2024 aikana.

Tutkimusongelmiksi valikoituivat seuraavat pääongelmat ja alaongelmat:

1. Millainen on dynaamisen ja staattisen tasapainon taso yläkouluikäisillä urheilijoilla valituissa lajeissa verrattuna Delos testilaitteiston tasapainoindeksiin?
  - 1.1 Millaisia eroja eri lajien välillä on dynaamisen ja staattisen tasapainon tasossa?
  - 1.2 Onko vasemman ja oikean jalan välillä eroavaisuuksia dynaamisessa ja staattisessa testissä?
  - 1.3 Millaisia eroja tyttöjen ja poikien välillä on dynaamisen ja staattisen testin tuloksissa?
2. Onko pituudella ja painolla yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?
3. Onko harjoitteluvuosilla ja harjoittelun määrällä yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?

Tavoitteena on, että tutkimus tuottaisi vastaukset siihen, millainen yläkouluikäisten urheilijoiden dynaaminen tasapaino on ja miten se asettuu Delos testilaitteiston nykyiseen viitearvokehyyteen, jossa tasapainoindeksi 70-90 tai yli on yhdistetty korkeaan toimintakykyyn (How Delos works –

DELOS INTERNATIONAL, s.a). Tutkimuksen tavoitteena on myös selvittää, miten eri muuttujat kuten laji, ikä, sukupuoli, harjoitteluvuodet ja harjoittelumäärä vaikuttavat tasapainoindeksiin. Kerätyn datan perusteella on tarkoitus luoda viitearvot yläkouluikäisten tasapainoindexistä Delos testilaitteiston dynaamiseen testiin. Opinnäytetyön on tarkoitus olla osana laajempaa tasapainotaitoon liittyvää tutkimushanketta tuottamalla lisää tietoa tasapainotaidosta.

Staattisessa testissä valmiina oleva viitearvotaulukko ehdottaa, että tulokset, jotka ylittävät yli 90 pistettä, ovat preventiivisesti yhteydessä urheiluvammojen syntyyn, ja dynaamisessa testissä pisteet 70-90 viittaavat korkeaan toimintakykyyn (How Delos works – DELOS INTERNATIONAL, s.a).Mutta tarkemman testailun jälkeen, on huomattu, että kyseinen pistemäärä on äärimmäisen korkea dynaamisessa testissä, erityisesti yläkouluikäisille tai nuoremmille. Yläkouluikäisten fysiologiset eroavaisuudet, ja tasapaino-ominaisuuksien kehitysvaihe, eivät vastaa aikuisia, ja täten samojen viitearvojen käyttö voi johtaa virheellisiin tulkintoihin tasapainon tasosta. Laajempaa kokonaisuutena opinnäytetyö antaa lisää tietoa tasapainosta, sekä siitä, miten se ilmenee yläkouluikäisillä urheilijoilla valituissa lajeissa.

Opinnäytetyössämme käsittelemme myös tasapainoharjoitteluun ja tasapainon fysiologiaan vaikuttavia tekijöitä. Tasapainoharjoittelun suhteen moni tutkimus puoltaa lajispesifiä taidon harjoittelua, joka edistää lajinomaista tasapainotaitoa. Osa taas puoltaa perinteistä erillistä tasapainoharjoittelua osana harjoitusohjelmaa, kuten erilaisilla tasapainoa haastavilla alustoilla harjoittelu. Lajispesifi harjoittelu on urheilun näkökulmasta erittäin suotuisaa, mutta joissain kausiriippuvaisissa lajeissa, kuten laskettelussa, luontaisella alustalla lajin harjoittaminen läpi kauden vaatii huippuresursseja, tai ei ole yksinkertaisesti mahdollista, joka puolestaan puoltaa myös perinteistä tasapainoharjoittelua osana kausisuunnitelmaa. Olemme myös huomanneet toimiessamme Suomalaisen urheilun parissa, että spesifille tasapainoharjoittelulle annettu painoarvo on monissa urheilulajeissa puutteellista tai olematonta, joten pohdimme myös mahdollisuuksia ja olemassa olevaa tarvetta tälle. Joten on syytä mahdollisesti pohtia tasapainoharjoittelun merkitystä ja tarvetta lajikohtaisesti.

## 1 Mitä tasapaino on?

Tasapaino määritellään kyvyksi ylläpitää kehon erilaisia asentoja. Tasapaino vaatii kehon painopisteen mukauttamista paikallaan olevaan tai liikkuvaan tukipintaan ja ei-toivottujen liikkeiden estämistä. Painopiste tarkoittaa pistettä johon kappaleen, tässä yhteydessä kehon, massa on keskittynyt. Tukipinta taas tarkoittaa aluetta, jonka alustaan kosketuksissa olevien kehon osien ulkoreunat rajaavat. Lajeissa, joissa käytetään jotain välinettä, keho ja väline luovat yhdessä painopisteen ja väline voi toimia myös tukipinnan muodostumisessa. (Kalaja & Kalaja, 2022, 25, 137.)

Tasapaino jaetaan dynaamiseen ja staattiseen tasapainoon. Dynaaminen tasapaino tarkoittaa tasapainon hallintaa epätasaisella alustalla, muuttuvalla alustalla tai liikkeissä. Staattinen tasapaino tarkoittaa tasapainon hallintaa tasaisella ja vakaalla alustalla. Staattinen tasapaino sisältää yleensä paikallaan olevan asennon ylläpitoa. (Kalaja & Kalaja, 2022, 25.)

Tasapainon ylläpito vaatii kehon painopisteen pysymistä tukipinnan yläpuolella, joka fysiologisesti nojaa nopeisiin ja jatkuviin visuaalisen, vestibulaarisen ja somatosensorisen järjestelmän palautteisiin, joiden avulla suoritetaan koordinoituja neuromuskulaarisia toimintoja (Hrysonmallis, 2011, 222). Tasapainon yksi tärkeä osatekijä on proprioseptiikka. Proprioseptiikka tarkoittaa asentotuntoa, joka syntyy aivojen prosessoidessa proprioceptorien aistinreseptorien tuottamia hermoimpulsseja. Proprioseptoreita ovat muun muassa Golgin jänne-elin, lihasspindelit ja mekanoreseptorit. (Horváth ym., 2023, 1.) Proprioseptiikka käsittää käytännössä tunteen passiivisesta liikkeestä (esim. kone liikuttaa raajaa/raaja liikkuu passiivisesti), aktiivisesta liikkeestä (ihminen itse liikuttaa raajaa), raajan asennosta ja raskaudesta (Aman ym., 2015, 1).

### 1.1 Tasapaino. Kyky vai taito?

Arjessa useista fyysiseen aktiivisuuteen liittyvistä seikoista saatetaan usein puhua sekoittaen kyvyt ja taidot. Kalajoen (2022, 17) mukaan kyvyt ja taidot kuitenkin eroavat toisistaan, sillä kyvyt ovat suorittamisen taustalla olevia tekijöitä, jotka ovat vahvasti perinnöllisiä ja vain tiettyyn pisteeseen asti harjoitettavissa, kun taas taidot ovat usein seurausta harjoittelusta. Hirtzin liikehallinnan osatekijäluokitteluun muiden liikkumiseen vaikuttavien kykyjen lisäksi kuuluu tasapainokyky (Hirtz, 1988). Kun puhutaan tasapainosta kylynä, tarkastellaan vahvasti geenien mukaisia tasapainokykyyn vaikuttavia tekijöitä. Tasapainokyky koostuu myös erikseen staattisesta ja dynaamisesta tasapainokyvystä. Tasapainokykyä kuvaillaan kyvyksi ylläpitää, korjata tai palauttaa tasapaino erilaisissa liikkeissä ja asennoissa. (Kalaja & Kalaja, 2022, 20.)

Tasapainotaito on taas yksi Gallahuen ja Donnelly (2007, 52) luokitteluun kuuluvista perusliikuntataidoista. Tasapainotaitoja ovat esimerkiksi tasapainoilu, heiluminen ja kääntyminen. Muut perusliikuntataidot ovat välineenkäsittelytaidot ja liikkumistaidot.

Tasapainokyky ja tasapainotaito eroavat toisistaan karkeasti niin, että tasapainokyky käsittää kehon synnynnäiset tai ajan myötä kehittyneet käytettävissä olevat mekanismit ylläpitää tasapainoa, ja tasapainotaito tarkoittaa enemmänkin opittuja menetelmiä tasapainon ylläpitämiseksi (ks. tasapainotaidot), jossa painottuu enemmän esimerkiksi kognitio. Puheessa nämä kaksi käsitettä voivat syystäkin sekoittua keskenään.

## 1.2 Tasapainoon vaikuttavat mekaaniset tekijät

Kalajoen (2022, 26) mukaan tasapainon ylläpitoon vaikuttavat mekaaniset tekijät kuten:

- tukipinnan pinta-ala
- painopisteen korkeus
- tukipisteiden määrä
- esineen/henkilön paino.

Kalajoen (2022, 26) mukaan mekaanisesti tasapaino saavutetaan ja määritellään niin, että kappale on tasapainossa, kun kappaleeseen vaikuttavat voimat ovat yhtä suuret.

Esimerkiksi jalkojen leveyden muutokset havainnollistavat hyvin tukipinnan pinta-alan vaikutusta tasapainoon; tasapainon ylläpito on hankalampaa, kun jalat ovat yhdessä kuin silloin, kun jalat ovat haara-asennossa. Tukipisteiden määrän käytännön esimerkkinä toimii kahden jalan seisonta verrattuna yhden jalan seisontaan. Samalla tukialueen suuruus pienenee. Paino kuvaa voimaa, jolla painovoima vetää kappaletta alustaan, joka yksinkertaisuudessaan tarkoittaa sitä, että kappale on tukevammin maassa (Fairman, 1996). Ihmisen kohdalla tämä ei varsinaisesti pidä paikkaansa loputtomiin.

Useammat tutkimukset (Ledin & Ödkvist, 1993; McGraw ym., 2000; Greve ym, 2007) osoittavat, että kehonpainoindeksillä (BMI) ja ylimääräisellä painolla on negatiivinen vaikutus staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Muun muassa Ledinin ja Ödkvistin tutkimuksessa (1993) tutkittiin inertiaalisen kuorman lisäämisen (20 % kehon painosta lisäpainoa painoliiviin) vaikutusta NeuroCom Smart EquiTest -testilaitteiston Equitest dynaamiseen posturografiaan ja satunnaistettuja häiriöitä sisältävään posturografiaan (Randomized Perturbed Posturography). Tutkimuksessa havaittiin, että lisäpaino huonontaa tasapainoa tasaisella alustalla (staattinen) silmät auki ja silmät kiinni ja tekee posturaalisista korjausliikkeistä hitaampia, kun alusta liikkuu (dynaaminen) näön puuttuessa. Tuloksiin voi vaikuttaa esimerkiksi se, että yksilöt eivät ole tottuneet kyseiseen painoon, joka vaikuttaa suoraan esimerkiksi posturaaliseen orientaatiokykyyn muuttamalla jalkapohjien ihon



kosketus- ja painereseptorien havaitsemaa ärsykettä. Lisäpainon myös tuntee vartalon päällä ja lisäpaino itsessään lisää inertiaa liikkeisiin.

McGrawin (2000) ja Greven (2007) tutkimuksissa tutkittiin taas BMI:n vaikutusta esipuberteetti-ikäisten tasapainoon. McGrawin tutkimuksessa tutkittiin 8-10-vuotiaita poikia (N=20), joista kymmenen olivat ylipainoisia (>95 prosenttipistettä BMI:ssa) ja toiset kymmenen ei-ylipainoisia (15–90 prosenttipistettä BMI:ssa). Tuloksien mukaan ylipainoisilla pojilla oli huonompi tasapaino verrattuna ei-ylipainoisiin, kun vertailtiin kävelysyklin kaksoisvaiheen, jossa molemmat jalat ovat kosketuksessa maahan, aikoja sekä mediaali-lateraali suuntien huojunta-alueiden kokoja ryhmien välillä. Sekä tärkeimpänä huomattiin, että askelfrekvenssien välillä ei ollut merkittävää eroa, joka tarkoittaa sitä, että pikemminkin ylimääräinen paino voi selittää erot ryhmien välillä mahdollisen taustalla olevan posturaalisen epävakauden sijaan. Greven tutkimuksessa tutkittiin BMI:n vaikutusta aikuisien miesten tasapainoon (ikä  $26 \pm 5$ ) (N= 40) (BMI  $23.3 \pm 3.2 \text{ kg/m}^2$ ). Tutkimuksessa havaittiin korrelaatioita BMI:n ja tasapainotestien tulosten välillä. Näiden tulosten perusteella voidaan päätellä, että tasapainoon vaikuttaa mekaanisten tekijöiden lisäksi monet muut seikat kuten ihmiskehon mekanismit, eikä esimerkiksi paino itsessään ennusta tai selitä tasapainon tasoa.

Ihmisen tasapainon hallinta tapahtuu loppujen lopuksi suhteellisen automaattisesti. Ihminen, jonka vestibulaarinen, visuaalinen ja somatosensorinen järjestelmä ovat kunnossa, ei välttämättä edes tiedosta tasapainoon vaikuttavia mekaanisia tekijöistä. Hän silti osaa ja pystyy hallita tasapainoaan.

### 1.2.1 Muut tasapainoon vaikuttavat tekijät

Kalajat (2022, 25) kertovat, että dynaamisten systeemien teorian mukaan asentojen hallitsemiskyky koostuu kolmesta osatekijästä:

- yksilölliset ominaisuudet
- asennon hallintaa vaativa tehtävä
- toimintaympäristö

Yksilöllisiin ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi perintötekijät. Miltei kaikki fyysinen aktiivisuus vaatii asennon hallintaa, joten asennon hallintaa vaativia tehtäviä on lukuisia. Toimintaympäristö tässä asiayhteydessä tarkoittaa taas esimerkiksi alustaa, jolla toimitaan.

## 1.3 Tasapainon hallinta kehossa

Kalajojen (2022, 26) mukaan tasapaino sisältää neljä taitoaluetta/tilannetta, jossa vaaditaan tasapainoa:

- Taito säilyttää tasapaino vakaalla alustalla (staattinen)

- Taito säädellä asentoa liikkuvalla alustalla (dynaaminen)
- Asennon säätely tavoitteellisten liikkeiden aikana
- Asennon säätely ulkoisten voimien horjuttaessa asentoa (Esimerkiksi taklauksen vastaanottaminen kontaktilajissa, kuten jääkiekossa)

Opinnäytetyömme ohessa tehty tutkimus keskittyy taitoon säilyttää tasapaino vakaalla alustalla (staattinen) sekä taitoon säädellä asentoa liikkuvalla alustalla (dynaaminen). Se mahdollistaa yleisen tasapainon tason vertailun lajien välillä. Tavoitteelliset liikkeet ja ulkoiset voimat ovat erilaisia lajeissa, joten niitä on haastava vertailla.

Karkeasti tasapainon hallinta perustuu joko liikkeisiin, joilla kehon painopiste pidetään tukipinnan yläpuolella, tai tukipisteen tai -pisteiden siirtoon, jotta tukipinta säilyy painopisteen alapuolella (Kalaja & Kalaja, 2022, 30). Kehon tasapainoon kohdistuu myös normaalissa seisoma-asennossa ulkoisia ja sisäisiä voimia. Ulkoisia voimia ovat muun muassa painovoima sekä paikallisesti vaikuttava jalkapohjiin kohdistuva reaktiovoima, joka välittyy alustasta. Hengityslihasten toiminta, syke ja pystyasentoa ylläpitävien lihasten tuottamat voimat ovat sisäisiä voimia. (Sandström & Ahonen, 2011, 55.)

### 1.3.1 Seisoma-asennon hallinta

Seisoma-asennon hallintaan vaikuttaa monta tekijää.

Tuki- ja liikuntaelimistön vaikuttavia tekijöitä seisoma-asentoon ovat nivelten liikelaajuudet, selkärangan joustokyky, lihasten ja sidekudosten ominaisuudet sekä kehon osien väliset biomekaaniset voimavaikutukset (Sandström & Ahonen, 2011, 54).

Seisoma-asennon hallinnan neuraalisia osatekijöitä ovat a) motoriset prosessit, joiden avulla kootaan lihassynergia, b) näkö- ja tasapainoelintieto sekä somatosensoriikka kuuluvat aistinjärjestelmien välittämään asennon hallintamekanismeihin, c) sensoriset strategiat, joiden avulla hallitaan ja painotetaan aistitietoa, d) kehon sisäiset edustukset eli kehonkaavat, joiden avulla ohjataan motoriikkaa aistitiedon pohjalta ja e) kognitiivisesti ohjatut adaptiiviset sekä ennakoivat mekanismit. (Sandström & Ahonen, 2011, 54.)

Sandströmin ja Ahosen kokoamat osatekijät ovat tasapainojärjestelmän toimintaan liittyviä seikkoja.

Tasapainoisen seisoma-asennon motorisia hallintastrategioita on neljä. Strategiat ovat listattuna niiden toimeenpanemisen mukaiseen järjestykseen huojunnan lisääntyessä:

- Nilkkastrategia
- Lonkkastrategia
- Painopisteen alentaminen
- Askelstrategia

(Ahonen ym., 1998, 30–31; Kauranen & Nurkka, 2022, 437)

Seisoma-asennon hallintaan voidaan sisällyttää myös kehon ojentautuminen painovoimalinjalle. Näin painovoima ei aiheuta niin suurta rasitetta lihaksille seisoma-asennon ylläpitämiseksi. Myös poikkijuovaisen lihaksen lihasjänteys eli tonus vastustaa painovoimavaikutusta. (Sandström & Ahonen, 2011, 54–57.) Kehon ojentautuminen painovoimalinjalle ei käytännössä itsestään riitä seisoma-asennon ylläpitämiseksi, sillä kehoon vaikuttaa edelleen sisäisiä voimia ja mahdollisia muita ulkoisia voimia. Tästä syystä seisoma-asennon hallintastrategioita käytetään.

Nilkkastrategiassa seisoma-asentoa ylläpidetään nilkan liikkeillä. Nilkkastrategiaa käytetään, kun huojunta on pientä. Lonkkastrategiassa seisoma-asentoa ylläpidetään lonkan liikkeiden avulla (yleisesti fleksio tai ekstensio). Lonkkastrategia otetaan käyttöön, kun huojunta on suurempaa ja nopeampaa, mutta vielä hallittavissa. Näin painopiste saadaan säilytettyä tukipinnan yläpuolella jälleen. Lonkkastrategian korjausliikkeiden ollessa riittämättömiä, painopisteen laskeminen vaikuttaa myönteisesti tasapainon hallintaan. Kehon painopisteen laskiessa painopisteen siirtyminen tukipinnan ulkopuolelle (tasapaino järkkyy) vaatii suurempia vääntömomenteja, jolloin tasapaino säilyy paremmin. Painopisteen lasku tapahtuu yleisesti lonkkanivelen ja polvinivelen koukistuksilla. Jos painopiste siirtyy kuitenkin tukipinnan ulkopuolelle, joudutaan todennäköisesti käyttämään askelstrategiaa kaatumisen välttämiseksi. Strategiat esiintyvät usein yhdistelminä normaaleissa tilanteissa. (Sandström & Ahonen, 2011, s. 60–61; Kauranen & Nurkka, 2022, s. 584–587.)

### **1.3.2 Yhden jalan seisonnan hallinta**

Yhden jalan seisonnan epävakaus on alavartalon vammojen riskitekijä (Riva ym., 2016, 461). Yhden jalan seisonnan hallintaan käytetään kahden jalan seisoma-asennon tavoin pääasiassa lonkka-, polvi- ja nilkkanivelten liikkeitä. Sitä käytetään usein tasapainon tutkimisessa. Yhden jalan seisontaa hallitaan ensi kädessä nilkan liikkeillä. Jos nilkan kontrolli on riittämätöntä, keho ottaa käyttöön muut asennon hallintastrategiat, jolloin keho toimii moniosaisena ketjuna. Yhden jalan seisonnan mahdollista epätasapainoa selittävät nilkan hallinnan vaikeudet ja toimintahäiriöt. Yksilöt, jotka joutuvat pääasiallisesti korjaamaan tasapainoaan yhdellä jalalla muilla strategioilla nilkan sijaan, ovat alttiimpia nilkan loukkaantumisille. (Tropp & Odenrick, 1988, 836–838.)

Opinnäytetyömme tutkimusosuudessa käytämme Delos testilaitteiston yhden jalan seisonnan dynaamista ja staattista testiä.

## 2 Tasapainojärjestelmä

Tasapainon säätelyssä käytetään kehon kaikkia aisteja, joiden tietojen mukaan ohjataan liikkeitä ja kehon asentoja. Kolme säätelyjärjestelmää vaikuttaa asentojen ja tasapainon hallintaan: 1) sensorinen järjestelmä, 2) motorinen järjestelmä ja 3) biomekaaninen järjestelmä. Sensorinen järjestelmä koostuu vestibulaarisesta, visuaalisesta ja somatosensorisesta osasta. Motorinen järjestelmä koostuu lihasten välisestä koordinaatiosta ja yhteistoiminnasta. Lihasten ja nivelten liikelaajuudet ja ominaisuudet käsittävät biomekaanisen järjestelmän. (Sandström & Ahonen, 2011, 28; Jaakkola, 2021, 18, 29.) Tasapainojärjestelmän muodostavat järjestelmät toimivat aina yhdessä, mutta ympäristön mukaan niiden painotukset vaihtelevat. Esimerkiksi pimeässä visuaaliseen järjestelmään ei voida nojautua liikaa, jolloin somatosensorinen aistijärjestelmä on suuremmassa roolissa tasapainon kannalta. (Kalaja & Kalaja, 2022, 25, 29.)

### 2.1 Sensorinen järjestelmä: Vestibulaarijärjestelmä

Vestibulaarijärjestelmä on monimutkainen tasapainoon vaikuttava järjestelmä. Se koostuu perifeerisestä ja sentraalisesta osasta. Perifeeriseen osaan kuuluu sensoriset reseptorit ja VIII aivohermo, ja sentraaliseen osaan kuuluu neljät tasapainotumakkeet, sekä laskevat ja nousevat hermoradat. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 64–66.) Käytännössä vestibulaarijärjestelmän avulla säädelään asentoja ja tasapainoa aktiivisesti ja suhteutetaan keho ympäristöön. Vestibulaarijärjestelmän aistitietoa luovat osat ovat sisäkorvassa sijaitsevassa tasapainoelimessä (sensoriset reseptorit). Sisäkorva koostuu luusokkelosta ja sen sisällä olevasta kalvosokkelosta (Sandström & Ahonen, 2011, 28). Tasapainoelimen toiminta on autonomista ja sen toimintaa ei havaita yleensä normaalitilanteessa. Sen merkitys havaitaan usein vasta, kun sen toiminnassa on jokin häiriö. (Sandström & Ahonen, 2011, 28; Jaakkola, 2021, 29.) Usein vestibulaarijärjestelmästä puhuttaessa siihen sisällytetään katsesuunnan vakauttaminen, joka mahdollistuu vestibulaari-okulaarirefleksin avulla. Vestibulaari-okulaarirefleksi tarkoittaa sitä, että pään kääntyessä jompaankumpaan suuntaan, katse siirtyy vastakkaiseen suuntaan, kun katse on kohdistettu. Vestibulaari-okulaarirefleksi syntyy vestibulaarijärjestelmän tiedon siirtyessä silmän liikehermoin. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 66.)

Tasapainoelin tuottaa aistitietoa rakenteidensa avulla. Se havaitsee pään asentoja ja liikkeitä aistivien osien avulla, jotka ovat pyöreä ja soikea rakkula (otoliittielimet) ja kolmet luiset kaarikäytävät, joiden sisällä on kolmet kaaritiehyyet, jotka ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden; yksi lateraalisesti, toinen anteriorisesti ja kolmas posteriorisesti suuntautuneena. (Sandström & Ahonen, 2011, 28.) Itse aistitieto syntyy näissä osissa olevien sensoristen reseptorien avulla. Englanninkielisessä kirjallisuudessa kaarikäytävistä ja -tiehyistä puhutaan yhteisnimityksellä *semicircular canals* (Pfeiffer, Serino & Blanke, 2014, 2; Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 64). Tässä osiossa käytetään

molempia nimityksiä, mutta ne tarkoittavat eri asioita. Kaaritiehyeet ovat ikään kuin osa kalvosokkeloa ja viittaavat yksinkertaisuudessaan kaarikäytävien sisäpuolella olevaan kalvostoon. Kun taas kaarikäytävät ovat osa luusokkeloa, joka ympäröi kalvosokkeloa.

Kaaritiehyeiden merkitys nousee esille pääasiallisesti dynaamisissa toimissa. Esimerkiksi niiden avulla havaitaan pään rotaatioita ja kulmakiihtyvyyksiä. Rakkuloiden merkitys on taas suurempi staattisissa toimissa. Rakkuloiden avulla aistitaan lineaarista kiihtyvyyttä sekä pään asentoja suhteessa painovoimaan. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 64–65.)

Kunkin kaaritiehyeen päädyssä on käytävän avartuma eli ampulla, jonka kautta käytävä yhdistyy soikeaan rakkulaan. Ampullassa sijaitsee kaaritiehyeiden reseptorit, jotka ovat värekarvallisia soluja. Näitä soluja peittää hyytelömäinen materiaali (cupula), joka yltää ampullan yläosaan asti estäen kaaritiehyeiden sisältämän nesteen kulkemisen pois kaaritiehyeistä. Kaaritiehyeiden nesteen osuessa tähän hyytelömäiseen materiaaliin, hyytelömäinen materiaali muotoutuu sen mukaan, jonka takia värekarvalliset solut taipuvat ja aiheuttavat sen mukaisen hermoimpulssin johtaen lopulta aistihavaintoon (Sandström & Ahonen, 2011, 28–29; Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 64.)

Rakkuloiden tuottama aistitieto syntyy molemmissa rakkuloissa olevien samantyylisten värekarvallisten solujen keskittymien eli maculojen avulla. Värekarvalliset solut työntyvät jälleen hyytelömäiseen materiaaliin, jota kutsutaan otoliittikalvoksi. (Sandström & Ahonen, 2011, 28–29.) Otoliittikalvossa on kalsiumkarbonaattikiteitä, jotka antavat esimerkiksi massaa otoliittikalvolle (Purves ym., 2012, 307–308). Soikeassa rakkulassa macula on horisontaalitasolla ja pyöreässä rakkulassa vertikaalitasolla. Tämä mahdollistaa erilaisten pään asentojen aistimisen painovoiman ollessa läsnä. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 65.)

## **2.2 Sensorinen järjestelmä: Visuaalinen järjestelmä**

Visuaalista järjestelmää käsitellään tässä kappaleessa tasapainon näkökulmasta. Visuaalisella järjestelmällä tarkoitetaan näköaistitietoa ja sen tulkintaa aivoissa. Näköaistia käytetään tasapainon hallintaan staattista tasapainoa vaativissa tehtävissä sekä dynaamista tasapainoa vaativissa tehtävissä. Esimerkiksi kiintopisteiden hyödyntäminen, katsesuunnan vakauttaminen, pystyasennon havaitseminen ja ympäristön havainnointi ovat pääasiallisesti visuaalisen järjestelmän mahdollistamia. (Sandström & Ahonen, 2011, 28; Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 66; Kalaja & Kalaja, 2022, 25, 29.)

Visuaalisen järjestelmän pääasiallinen tehtävä on vastaanottaa ympäristön visuaalinen informaatio ja luoda siitä merkityksellisiä havaintoja. Visuaalinen järjestelmä koostuu silmistä, verkkokalvosta, näköhermosta ja aivojen prosesseista. Silmät keräävät visuaalisen informaation, verkkokalvo

muuntaa sen sähköisiksi signaaleiksi, jonka jälkeen näköhermo välittää nämä signaalit aivoihin, joissa niitä käsitellään useilla eri aivoalueilla. Lopuksi aivot integroivat ja tulkitsevat tämän informaation muodostaen käsityksen visuaalisesta maailmasta. (Sandström & Ahonen, 2011, 30–31.)

Käytännössä visuaalisen järjestelmän merkityksen tasapainolle voi havainnollistaa esimerkiksi laittamalla silmät kiinni seisoma-asennossa. Huojuntaa esiintyy heti enemmän, kuin silmät auki. Sen merkitys vahvistuu entisestään, kun esimerkiksi ollaan yhden jalan seisonnassa (tasapainon näkökulmasta vaativampi tehtävä) ja laitetaan silmät kiinni.

### **2.3 Sensorinen järjestelmä: Somatosensorinen järjestelmä**

Somatosensorinen järjestelmä käsittää koko vartalon tuntoaistimukset ja sen tiedon hyödyntämisen kokonaisuudessa. Siihen sisältyy kipuaisti, tasapainoaisti, ihon reseptorien (lämpötila) ja mekanoreseptorien toiminta (kosketus, värinä ja paine) sekä proprioseptiikka. Normaalitytilanteessa aistinreseptorien aistitieto kulkee ääreishermoston kautta keskushermostoon, jolloin selkäytimessä tietoa prosessoidaan ennen sen edelleen lähettämistä aivoihin talamukseen ja sieltä tieto kulkee somatosensoriselle aivokuorelle. Kuitenkin esimerkiksi refleksien eli automaattisten tahdosta riippumattomien reaktioiden kohdalla aistitieto ei kulje aivoihin saakka, vaan aiheuttaa ärsykkeen mukaisen motorisen toimen selkäydintasolla. Keho hyödyntää refleksitoimintaa suojellakseen kudoksia vaurioilta, ylläpitääkseen tasapainoa ja pystyasentoa. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 49–58.)

Tasapainon ja kehonhallinnan näkökulmasta erityisesti proprioseptiikka on tärkeä somatosensoriikan alue. Shumwayn ja Woollacottin (2016, 49–59) mukaan proprioseptinen aistitieto syntyy proprioseptoreiden avulla. Proprioseptorit ovat kehon eri osissa kuten luustolihasissa, nivelissä, jänteissä, ligamenteissa ja sidekudoksissa sijaitsevia erilaistuneita reseptoreita, jotka mahdollistavat luomallaan aistitiedolla asentotunnon syntymisen. Ne aktivoituvat esimerkiksi kudosten venymisestä ja jotkut myös kudosten normaalitilasta. Proprioseptoreita ovat muun muassa lihasspindelit, Golgin jänne-elimet ja mekanoreseptorit.

Lihasspindelit sijaitsevat tyypillisesti luustolihasissa. Niiden määrä luustolihasissa määräytyy pitkälti kyseisen lihaksen käyttötarkoituksen mukaisesti. Niitä voi olla lihaksessa 50–500/lihasgramma. Ne ovat sidekudoksen ympäröimiä spindelin muotoisia rakenteita lihassäikeiden varrella eri kohdissa, joiden tehtävä on tuottaa aistitietoa luustolihasen pituudesta ja muutoksista siinä. (Sandström and Ahonen, 2011, 35–36; Shumway-Cook and Woollacott, 2016, 49–51.)

Golgin jänne-elimet sijaitsevat lihaksen ja jänteen liitoskohdassa ja ovat niin ikään spindelin muotoisia rakenteita. Golgin jänne-elin yhdistyy 15–20 lihassäikeeseen. Golgin jänne-elimet tuottavat aistitietoa lihaksen kohdistuvasta jännityksestä joko lihaksen supistuessa tai venyessä yleisesti

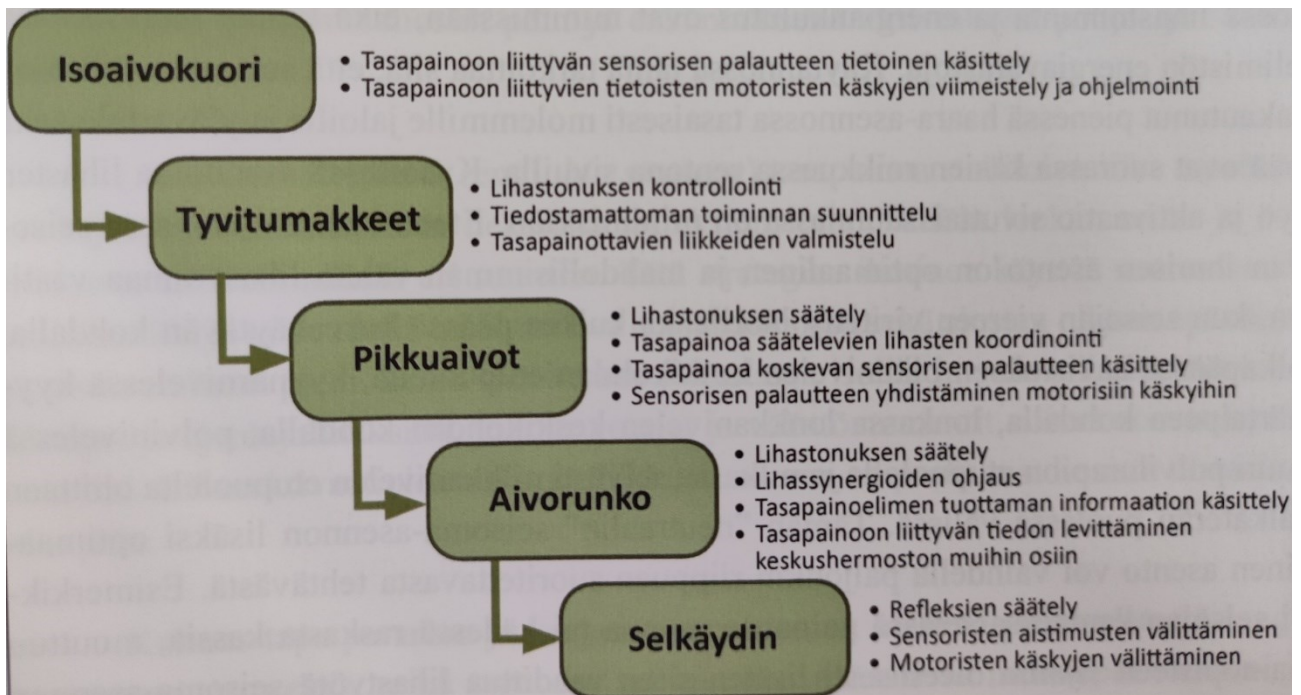
ottaen vastuksen ollessa läsnä. Golgin jänne-elin toimii agonistilihaksessa inhihoivasti ja antagonistilihaksessa aktivoivasti. Se sijaitsee kuitenkin agonistilihaksen ja jänteen liitoskohdassa. Golgin jänne-elimet ovat hermottuneet siis myös antagonistilihaksiin. Käytännössä, kun agonistilihakseen kohdistuu suuri jännitys, Golgin jänne-elin inhihoi agonistilihaksen toimintaa ja aktivoi antagonistilihaksen toimintaa jakaen kuormaa tasaisemmin nivelen ympärille. Tätä kutsutaan Golgin jänne refleksiksi. Golgin jänne-elimet toimivat myös päinvastaiseen suuntaan niin, että Golgin jänne-elimien inhihoiva vaikutus vähenee lihasväsymyksen kasvaessa. (Sandström & Ahonen, 2011, s. 35–36; Shumway-Cook & Woollacott, 2016, s. 49–51.)

Mekanoreseptoreilla tarkoitetaan reseptoreita, jotka aistivat solun ulkopuolisia usein mekaanisia ärsykeitä. Proprioseptiikan kontekstissa näitä ärsykeitä ovat kosketus, paine, venyminen ja liike. (Iheanacho & Vellipuram, 2023.) Mekanoreseptorit sijaitsevat ihossa, nivelsiteissä ja nivelpusseissa (Horváth ym., 2023, 1). Mekanoreseptoreita on useita erilaisia, joista jokainen aktivoituu eri syistä. Esimerkiksi toiset aktivoituvat pienestäkin nivelen liikkeestä ja lakkaavat toimimasta nopeasti liikkeen loputtua ja toiset aktivoituvat silloin kun nivelessä ei tapahdu liikettä. Karkeasti näin keho saa jälleen lisää tietoa proprioseptiikkaan. (Sandström & Ahonen, 2011, 37–38; Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 53–54.)

## 2.4 Motorinen järjestelmä

Motorinen järjestelmä on sentraalisista ja perifeerisistä rakenteista muodostuva järjestelmä, jonka avulla säädellään motorisia toimia. Sentraalisia rakenteita motorisessa järjestelmässä ovat muun muassa keskushermoston osat ja perifeerisiä esimerkiksi luustolihakset ja niitä hermottavat liikehermot ja lihaksista takaisin keskushermostoon lähtevät afferentit eli tuovat hermosyyt. Motorisen järjestelmän toiminnasta on useampia teorioita, joiden pohjalta on voitu päätellä, että motoriikkaan vaikuttaa suuret määrät sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä ja näiden väliset suhteet luovat tilanteiden mukaiset liikkeet. Motoriikka on esimerkiksi havainnoinnin, kognition ja toiminnallisten järjestelmien ja kehon eri osien dynaamisen vuorovaikutuksen tulos. (Shumway-Cook & Woollacott, 2016, 7–15.)

Motoriikan säätely tasapainoliikkeissä tapahtuu selkäydintasolla ennakoivan refleksitoiminnan ja aivojen liikekäskyjen avulla. Ensikädessä motoriikan säätelyssä toimivat refleksit, jonka jälkeen ennalta ohjelmoidut reaktiot ja sitten vasta aivojen liikekäskyjen mukaiset motoriset toimet. Alemmassa kuvassa (Kuva 1.) näkyy Kaurasen ja Nurkan (2022, 583) kuvaama tasapainon hierarkkinen säätely, joka tiivistää tasapainon säätelyn myös motoriikan näkökulmasta.



Kuva 1. Tasapainon hierarkkinen säätely (Kauranen & Nurkka, 2022, 583)

## 2.5 Biomekaaninen järjestelmä

Biomekaniikka on tieteenala, jolla tarkoitetaan biologisten järjestelmien tutkimista fysiikan osa-alueen, mekaniikan avulla. Se tutkii biologisten voimien vaikutuksen alaisten makro- ja mikrokappaleiden, elinjärjestelmien ja kudoksien fysiikkaa. Biomekaniikka rakentuu fysiikan, kemian ja biologian varaan. Biomekaniikkaa sovelletaan useaan eri fyysistä aktiivisuutta vaativaan alueeseen kuten perusliikkumiseen, urheiluun, ergonomiaan ja avustettuun liikkumiseen. (Kauranen & Nurkka, 2022, 9–12.)

Kuten aiemmin mainittiin, biomekaaninen järjestelmä käsittää lihasten ja nivelten ominaisuudet ja liikelaajuudet (Jaakkola, 2021, 18). Lihasten ja nivelten avulla keho tuottaa voiman ja liikkeet tasapainon hallintaan. Nivelä on useita erilaisia ja ne mahdollistavat luiden liikkeet moniin eri suuntiin.

Lihasten voimantuotto-ominaisuuksilla on havaittu olevan pientä yhteyttä tasapainon tasoon. Voimaa ja tasapainoa pidetään nykytiedon mukaan kuitenkin pääasiallisesti erillisinä ominaisuuksina toisistaan, joiden kehittäminen vaatii molempien osa-alueen harjoittamista yksinään. (Muehlbauer, Gollhofer & Granacher, 2015, 1672.) Tasapainoa hallitaan loppukädessä biomekaanisesti, kun keho pyrkii monen eri biologisen järjestelmän yhteistoiminnan ansiosta mekaanisesti tasapainoon.



### 3 Tasapainon ja proprioseptiikan tutkimusmenetelmät

Tasapainosta on lukuisia tutkimuksia erilaisten aiheiden saralla. Tasapainoa on tutkittu liikunnan ja urheilun kontekstissa sekä arkielämän kontekstissa useassa eri kohderyhmässä. Kohderyhminä ovat toimineet esimerkiksi lapset, nuoret, aikuiset ja vanhemmat ihmiset. Liikunnan ja urheilun kontekstissa hyvällä tasapainon tasolla on havaittu olevan urheiluvammoja ennaltaehkäisevä vaikutus. Arkielämässä tasapaino on yhdistetty hyvään toimintakykyyn sekä sen ennaltaehkäisevään vaikutukseen esimerkiksi kaatumisten suhteen. Myös kohderyhmät ylittäviä tutkimuksia on tehty esimerkiksi sairauksiin liittyen, joihin liittyy mahdollinen tasapainon häiriintyminen. (Dix & Hallpike, 1952; Galetti Prata ym., 2012; Kümmel ym., 2016; Gebel ym., 2018.)

Proprioseptiikkaa on tutkittu enemmän urheiluvammojen ennaltaehkäisyn ja kuntoutuksen näkökulmasta. Tähän syynä on se, että useiden nivelten urheiluvammojen kuten polven eturistisiteen ja nivelkierukan vammojen, olkapään vammojen sekä nilkan vammojen on huomattu huonontavan proprioseptisiä kykyjä näissä nivelissä (Jerosch & Prymka, 1996, 171). Tutkimusten mukaan, jos yksilöllä on historiaa nilkan vammasta, saman nilkan vamman riski jalkapallossa ja lentopallossa on 4–5 kertainen. Tämä johtuu pääasiallisesti vamman alueen alentuneesta neuromuskulaarisesta toiminnasta. On siis tehty hypoteeseja siitä, että neuromuskulaarisen kontrollin lisääminen esimerkiksi nilkan alueella harjoittelun avulla voi auttaa siinä, että nilkka pystytään ja osataan asettaa tilanteenmukaiseen asentoon ennen kuormitusta (esim. alastulo). (Bahr & Krosshaug, 2005, 328.)

Tasapainon ja proprioseptiikan tutkimiseen on käytetty useita erilaisia tutkimusmenetelmiä. Tasapainon tutkimisen päätarkoituksena on selvittää joko staattisen tai dynaamisen tasapainon tasoa erilaisissa tehtävissä tai tarkastella tasapainoon vaikuttavien järjestelmien toimintaa. (Kauranen & Nurkka, 2022, 587, 594.) Proprioseptiikka on usein kirjallisuudessa jaoteltu myös staattiseen ja dynaamiseen proprioseptiikkaan. Staattinen proprioseptiikka tarkoittaa kehon staattisten asentojen tietoista havaitsemista. Dynaaminen proprioseptiikka tarkoittaa liikeaistia eli kehon liikkeiden havaitsemista. (Jerosch & Prymka, 1996, 171–172.) Dynaamista proprioseptiikkaa on esimerkiksi nivelen tietyn liikkeen havaitseminen.

#### 3.1 Tasapainon tutkimusmenetelmät

Tasapainoa tutkittaessa/testatessa tärkeää on pitää huolta testausympäristön rauhallisuudesta ja virikkeettömyydestä. Näin voidaan välttyä turhilta testiin kuulumattomilta ärsykkeiltä. Tasapainoa hallitaan usein myös käsien avustuksella, joten tasapainoa testatessa on hyvä vähintäänkin vakioida ohjeistus käsien asennon suhteen. Yhtenäisiä käytäntöjä käsien asennon suhteen ei ole. Suurin osa testeistä suositellaan tekemään paljain jaloin, kun tutkitaan tasapainoa ja proprioseptiikkaa.

Kenkien käyttö muuttaa suuresti tukipintaa. Kenkien lisäksi myös sukat vaikuttavat esimerkiksi jalapohjista saatavaan proprioseptiseen palautteeseen. (Kauranen & Nurkka, 2022, 587–589.)

Käytetyimpiä staattisen tasapainon tutkimusmenetelmiä ovat kahden jalan ja yhden jalan seisonnan testit silmät auki ja silmät kiinni tehtyinä tasaisella ja vakaalla alustalla. Staattisen tasapainon testaamiseen käytetään myös tandem- ja semitandem-seisontaa. Staattisen tasapainon yleisin testi on Rombergin testi. Siinä seistään kantapäät yhdessä tasaisella alustalla 30 sekuntia silmät auki, jonka jälkeen toistetaan sama silmät kiinni. Testissä tarkastellaan huojuntaa, kuten muissakin staattisen tasapainon kenttätesteissä. Jos huojunta lisääntyy merkittävästi, puhutaan positiivisesta Rombergista. Rombergin testistä on useita versioita. Rombergin testissä on myös hyödynnetty erilaisia laboratoriomenetelmiä. Staattisen tasapainon tutkimisen yleisin laboratoriomenetelmä on voimalevyanturin käyttö. Voimalevyanturilla mitataan alustaan jalan kautta kohdistuvia voimia. (Kauranen & Nurkka, 2022, 587–592.)

Dynaamisen tasapainon tutkimiseen on käytössä myös paljon erilaisia tutkimusmenetelmiä, koska siihen liittyy liikkuminen jollain tapaa. Dynaamisen tasapainon perustestejä ovat esimerkiksi takaperinkävelytesti ja kahdeksikkojuoksu. Takaperinkävely tehdään kuuden metrin pituisen teipin päällä varvas-kanta-askelin. Tarkoituksena on kävellä teippi päästä päähän takaperin mahdollisimman nopeasti. Mittaustulos muodostuu suoritusajasta sekä tehdyistä virheistä. Kahdeksikkojuoksussa muodostetaan kahdeksikkoa varten rata kahdesta keilasta tai kepistä. Siinä juostaan 4–10 kierrosta kahdeksikon mukaisesti ja mittaustulos on testin suoritus aika sekunteina. Muita dynaamisen tasapainon testejä ovat muun muassa seisomaannousutesti, Bergin tasapainotesti, toiminnallinen kurotustesti sekä testit, joissa seisotaan epävakailta alustoilla. (Kauranen & Nurkka, 2022, 594–597.)

Uudemmissa tutkimuksissa on käytetty kehittyneempiä ja perusteellisempia tutkimuslaitteistoja. Yksi uusimmista näistä, on käyttämämme Delos testilaitteisto (Delos Postural Proprioceptive System). Delos testilaitteisto on todettu luotettavaksi monella eri kohderyhmällä useamman eri tutkimuksen perusteella. Sen on myös todettu korreloivan hyvin monen edellä mainitun testin kanssa (Tedeschi, 2023, 98–109.) Korrelaatio muihin niin sanottuihin kenttätesteihin kertoo Delos testilaitteiston monipuolisuudesta ja luotettavuudesta tasapainon arvioinnissa. Muita laitteistoja, joita käytetään tasapainon tutkimisessa ovat muun muassa NeuroCom Smart Equitest System, jossa hyödynnetään tietokoneistettua posturografiaa tasapainon arviointiin, sekä Biodex Balance System SD, joka alustansa avulla arvioi tasapainoa. (Arnold & Schmitz, 1998; Miner, Harper & Glass, 2020.) Tasapainoa tutkittaessa laitteistojen käytön suurimmat hyödyt ovat tulosten tarkkuus, sekä tehdyt testit ovat helposti toistettavissa.

### 3.2 Proprioseptiikan tutkimusmenetelmät

Proprioseptiikkaa käytännön tasolla tutkittaessa on hyödynnetty proprioseptistä tarkkuutta mittaavia tutkimusmenetelmiä. Horváthin ja kumppaneiden (2023, 1) tekemän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan proprioseptinen tarkkuus tarkoittaa yksilön kykyä aistia proprioseptistä informaatiota, joka on peräisin kehonosien proprioseptoreilta. Proprioseptistä tarkkuutta on tutkittu kahdeksan tunnistetun eri proprioseptiikan aspektin avulla. Nämä aspektit olivat nivelen asennon havaitseminen, liikkeen ja liikkeen rajojen havaitseminen, liikeradan havaitseminen, nopeuden havaitseminen sekä painon, voiman, lihasjännityksen ja koon aistiminen.

Horváthin ja kumppaneiden (2023, 3–4) kirjallisuuskatsauksen mukaan proprioseptistä tarkkuutta on mitattu kolmella erilaisella mittausmenetelmällä; tuottamismenetelmä (method of adjustment), jatkuvan ärsykkeen menetelmä (method of constant stimuli) ja rajamenetelmä (method of limits). Tuottamismenetelmässä testattavaa pyydetään esimerkiksi tuottamaan jonkin proprioseptiikan aspektin valossa samanlainen toimi kuin mallisuoritteessa. Esimerkiksi testattava pyydetään tuottamaan ensin passiivisesti tuotettu liike (esimerkiksi kone liikuttaa kehonosaa) uudelleen aktiivisesti mahdollisimman tarkasti mallisuoritteeseen nähden (proprioseptiikan aspekti: liikerata). Jatkuvan ärsykkeen menetelmässä pyritään tunnistamaan kahden erillisen ärsykkeen ero tai samanlaisuus. Esimerkiksi testattavaa pyydetään tuottamaan kaksi liikettä ennalta määrätyllä liikeradalla, nopeudella ja lopputulemalla ja sitten päättämään, olivatko nämä liikkeet samat liikkeet vai eri liikkeet. Rajamenetelmässä esimerkiksi testattavan kehonosaa liikutetaan passiivisesti ja testattavan pitää antaa merkki, kun hän havaitsee kehonosan siirtymän.

### 3.3 Huomioitavaa tasapainon ja proprioseptiikan tutkimisesta

On hyvä muistaa, että nykyinen käsitys tasapainosta ja proprioseptiikasta puoltaa ajatusta siitä, että yleispäteviä arviointeja on hankala tehdä näiden ominaisuuksien suhteen. Tasapainon tasoa voidaan arvioida tehtäväspesifisti, mutta yleistämisen kanssa kannattaa olla varovaisempi. Proprioseptiikalla on suuri merkitys tasapainon hallinnassa ja sen yhteyttä tasapainoon ja tehtäväspesifiä tasoa voidaan arvioida esimerkiksi sulkemalla silmät tasapainoharjoitteen tai testin aikana tarkoituksenmukaisesti. Proprioseptiikan аспекteja on kuitenkin useita ja niiden välillä ei olla havaittu merkitseviä yhteyksiä, joka puoltaa entisestään ajatusta yleistämisen vääryydestä. Myös saman aspektin suhteen kehonosien välillä voi olla suurta vaihtelua. (Kümmel ym., 2016; Horváth ym., 2023, 4–6.)

## 4 Tasapainoharjoittelu ja harjoitusvaikutukset

Kuten aiemmassa luvussa (ks. 1.2) mainittiin, Kalajoen (2022, 26) mukaan tasapaino sisältää neljä taitoaluetta. Mainittujen taitoalueiden lisäksi, myös proprioseptiikka on erittäin tärkeä osa tasapainoa. Proprioseptiset aistit ovat vastuussa tarkoista, hallituista ja sulavista liikkeistä, joita urheilijat tekevät suoritteissaan, sekä arjessa. (Han ym., 2014, 160.)

Tässä kappaleessa käsitellään syitä tehdä tasapaino- ja proprioseptistä harjoittelua, miten niitä voidaan käytännössä toteuttaa sekä millaisia harjoitusvaikutuksia erilaisilla harjoitteilla saadaan erilaisille kohderyhmille. Aikaisemmat vastaavanlaiset tutkimukset tarkastelevat harjoittelun vaikutusta paljolti urheiluvammoja ennaltaehkäisevän vaikutuksen näkökulmasta, joten tästä löytyy huomattavasti enemmän dataa. Kuitenkin käsittelemme harjoittelua ja sen vaikutuksia myös laajemmasta näkökulmasta, kuten miten tasapainon- ja proprioseptiikan harjoittamisella voidaan parantaa suorituskkyä eri urheilulajeissa.

### 4.1 Vammojen ennaltaehkäisy

Nilkkavammat ovat yleisimpiä urheiluvammoja. Ne ovat erityisen yleisiä lajeissa, joihin liittyy paljon hyppyjä ja suunnanmuutoksia, kuten koripallo, jalkapallo, käsipallo, sulkapallo ja lentopallo. Yleisiä toimenpiteitä nilkkavammojen ennaltaehkäisyyn ja hoitoon, ovat nilkan teippaaminen, nilkkatukien käyttö sekä nilkan ulkokiertoa tekevien lihasten vahvistaminen (Riva ym., 2016, 1). Seitsemässä erillisessä tutkimuksessa, joihin osallistui yhteensä 3726 henkilöä ja joissa tutkittiin proprioseptisen harjoittelun vaikutusta nilkkavammojen ennaltaehkäisyyn, havaittiin, että ryhmissä, joissa ei ollut aikaisempaa nilkkavammataustaa ja tehtiin tasapainoharjoittelua tai proprioseptistä harjoittelua, esiintyi merkittävästi vähemmän nilkkavammoja kuin vastaavilla kontrolliryhmillä, jotka eivät tehneet tasapaino- tai proprioseptistä harjoittelua. Sama päti myös kohderyhmissä, joiden edustajilla oli ollut aiemmin nilkkavammoja. (Schiftan, Ross & Hahne, 2015, 1.) Verrattaessa perinteisiin nilkkavammojen ehkäisykeinoihin, kuten teippauksiin ja tukiin, tasapainoharjoittelu ja proprioseptinen harjoittelu on paljon kustannusystävällisempää, kestävämpää ja tehokkaampaa (Hupperets, Verhaegen & Van Mechelen, 2008, 2).

Nilkan ulkokiertoa tekevät lihakset ovat: Peroneus longus, joka löytyy sääri- ja pohjeluun distaalista osasta. Sen tehtävänä on kääntää jalkaa ulospäin. Sekä peroneus brevis, joka löytyy myös sääri- ja pohjeluun distaalista osasta. Se toimii yhdessä peroneus longuksen kanssa ja auttaa koukistamaan nilkkaa, sekä tekee jalkaterän ulkokiertoa. Nilkan alueella nämä lihakset ovat tärkeitä, koska ne mahdollistavat tasapainon ylläpitämisen ja pystyasennon säilyttämisen epätasaisella alustalla, esimerkiksi kävellessä. (Sand ym., 2011, 264.) Nilkkavamman jälkeen aikaisin aloitetulla vahvistavalla kuntoutuksella on todettu ehkäisevä vaikutus vamman uusiutumiseen, ja

nilkan toiminnallisen vajuuden esiintyvyyteen. Lisäksi tällaisella harjoittelulla on aiemmin todettu positiivinen vaikutus nilkan voimatasojen kasvuun, sekä proprioseptiikan kehittymiseen. (Vuurberg ym., 2018, 7.)

Vaikka nilkan teippaus tai nilkkatuen käyttäminen ovat osoittaneet aikaisemmissa tutkimuksissa ennaltaehkäisevää vaikutusta nilkkavammojen aiheutumisille ja uusiutumisille, ne eivät vaikuta edistävasti henkilöiden proprioseptiikkaan, joilla on toistuvia nilkkavammoja tai nilkan toiminnallista vajautta (Vuurberg ym., 2018, 8). Tutkimukset ovat myös osoittaneet, että nilkan teippaus ja nilkkatuen käyttäminen on koettu urheilusuoritusta häiritseväksi tekijäksi, joka voi vaikuttaa suoritukseen heikentävästi (Dizon & Reyes, 2010, 10).

Kun tarkastellaan proprioseptiivisen harjoittelun vaikutusta ensisijaisena preventiivisenä keinona urheilijoiden keskuudessa, joilla ei ole aiempaa nilkkavammaa, aikaisempien tutkimusten tulokset ovat merkittäviä. Näihin meta-analyysiin sisällytettyihin tutkimuksiin, joita oli yhteensä seitsemän, sisältyi vain kaksi ei-merkittävää kokeilua, ja tutkimusten validiteetin vaihteluväli oli laaja. (Schiftan, Ross & Hahne, 2015, 241.)

Kokonaisuudessaan Schiftanin, Rossin ja Hahnen (2015, 241) meta-analyysin pohjalta voidaan todeta, että proprioseptisellä harjoittelulla on ennaltaehkäisevä vaikutus nilkkavammojen syntyyn kaikissa tutkimuksiin osallistuneissa urheilulajeissa, riippumatta siitä, onko urheilijalla aiempaa taustaa nilkan seudun vammoista vai ei. Erityisesti niillä, joilla oli aikaisempaa taustaa nilkan seudun vammoista, koettiin paras vaste harjoittelusta (Preventoiva vaikutus >50 %) (Hupperets, Verhagen & Van Mechelen, 2009). Proprioseptiivinen harjoittelu voi vaikuttaa perustavanlaatuisiin heikkouksiin, jotka altistavat urheilijat toistuville nilkkavammoille ensimmäisen vamman jälkeen, kuten vahvistamalla nilkan nivelten suojaavia refleksejä (Ergen & Ulkar, 2008, 195–217).

Schiftanin ja kumppaneiden (2015, 240) kokoamien arviointiin käytettyjen tutkimusten piirteiden perusteella voidaan huomata, että meta-analyysin tutkimuksissa on käytetty hyvin erilaisia harjoittelufrekvenssejä. Jossain tutkimuksessa proprioseptisen harjoittelun viikkomäärä oli 20 minuuttia viikossa (Verhagen ym., 2004, 1385–1393) ja toisissa tutkimuksissa harjoittelua tehtiin päivittäin 30 minuuttia (Mohammadi, 2007, 922–926). Tutkimuksissa harjoitusohjelmia tehtiin 8 viikosta (Hupperets ym., 2009, 276–278) aina 36 viikkoon asti (Verhagen ym., 2004, 1385–1393). Vaikka optimaalista harjoitusmäärä - vaste suhdetta näiden vaikutusten saamiseksi ei tiedetä, niin voi olla, että pidemmällä harjoitusajanjaksoilla on suurempi vammoja ennaltaehkäisevä vaikutus (Schiftan, Ross & Hahne, 2015, 242). Näiden tutkimusten pohjalta voidaan siis todeta, että kunhan tasapaino/proprioseptinen harjoittelu on säännöllistä viikkotasolla, ja jatkuvaa pidemmällä aikavälillä, niin on hyvät mahdollisuudet ennaltaehkäistä etenkin nilkan seudun urheiluvammoja.

## 4.2 Vaikutukset suorituskykyyn

Tasapaino ja proprioseptiikka ovat merkittäviä tekijöitä tarkasteltaessa urheilukeskeistä suorituskykyä. Liikkeissä kuten hyppääminen, laskeutuminen ja tasapainottelu, nilkan hallinnalla ja proprioseptiikalla on keskeinen rooli näille liikkeille ominaisten perusasioiden hallinnassa (Han ym., 2014, 160). Joissain urheilulajeissa urheilijoille kehittyä lajille ominaisia nilkan liikkeitä, kuten pallon haltuun ottaminen jalkapallossa, uinnissa tapahtuva potku tai nilkan esteettiset asennot ja ojennukset voimistelussa (Han ym., 2014, 160). Täten voidaan todeta, että toisissa urheilulajeissa vaaditaan korkeampaa nilkan hallinnan ja proprioseptiikan tasoa, kuin toisissa lajeissa. Tasapaino taidolla ja asennon vakaudella on todettu olevan läheinen yhteys näiden tasoon (Han ym., 2014, 160).

Vaikkakin proprioseptiikan harjoittamisen- ja kehittämisen mahdollisuutta on kyseenalaistettu, niin tutkimukset osoittavat, että harjoittelulla voidaan vähintäänkin ylläpitää, ellei kehittää jo olemassa olevia ominaisuuksia, jotka puolestaan korreloivat korkeaan kilpailutasoon urheilulajeissa, joissa alaraajojen hallinta on suuressa roolissa (Hrysomallis, 2011). Voimistelijoilla on havaittu yleisesti olevan paras tasapainon taso, seuraavaksi parhaiten ovat pärjänneet jalkapalloilijat ja uimarit (Hrysomallis, 2011, 221). Useat tutkimukset puoltavat näkemystä siitä, että hyvä tasapainotaito ja ryhti, sekä korkea proprioseptiikan taso ovat yleensä ominaisuuksia, joita korkealla tasolla kilpailevat urheilijat omaavat, verrattaessa muihin urheilijoihin, lajista riippumatta. Joten voidaan todeta, että urheilumenestyksellä ja näillä ominaisuuksilla on selkeä yhteys, vaikkakin ne ovat erillisiä ominaisuuksia. (Han ym., 2014, 160–168.)

Epätasaisilla alustoilla toteutettu voimaharjoittelu, joka vaatii enemmän tasapaino taidon käyttämistä, on todettu tehokkaaksi tavaksi lihasvoiman ja tasapainon kehittämiseen niin lapsien, nuorten kuin aikuisten urheilijoiden keskuudessa. Kuitenkin lisähyödyt verrattuna tasaisella alustalla tehtyyn voimaharjoitteluun ovat vaihtelevia, joten näiden hyötyjen tarkempi selvittäminen vaatii lisää tutkimuksia. (Behm ym., 2015, 1646.)

Tasapainotaidon tasolla on huomattu myös olevan vaikutuksia esimerkiksi ammuntalajien tarkkuuteen tai jääkiekossa maksimaaliseen luistelunopeuteen (Hrysomallis, 2011, 221). Kun suorituskyvyn kannalta puhutaan esimerkiksi hyppykorkeudesta ja nopeudesta, niin vastusharjoittelulla saadaan parempia tuloksia näihin, verrattaessa pelkästään tasapainoharjoitteluun (Hrysomallis, 2011, 221). Mutta kun tasapainoharjoittelu yhdistettiin muuhun harjoitteluun, havaittiin kehitystä urheilijoiden kevennyshypyn, sukkulajuoksun ja ketteryyden tuloksissa (Hrysomallis, 2011, 228).

Tasapainoharjoittelulla voidaan myös parantaa kehon adaptaatioita liikehallinnassa, lihasten reflekseissä ja nivelten toiminnassa (Hrysomallis, 2011, 230).

Nuorten jääkiekkoilijoiden dynaamisen tasapainon tasolla on löydetty suora vaikutus luistelunopeuteen. Tasapainoa vaaditaan jääkiekossa erityisesti, koska luistimen terän pinta-ala on pieni, ja jää alustana on erittäin liukas ja vähäkitkainen. (Hrysomallis, 2011, 227.)

On spekuloitu, että ihminen voi kehittyä tasapainoa vaativassa tehtävässä paremman sensorisen informaation keskittymisen ja sen mukaisen toimimisen takia, joka taas mahdollistaa tarkemman motorisen toimen (Hrysomallis, 2011, 228).

Tutkimuksien pohjalta voidaan siis tulkita, että yhdistettynä tavanomaiseen voima- ja lajiharjoitteluun, tasapainoharjoittelulla voidaan edistää suorituskykyä, ja sillä voidaan myös yksinään tehtynä vaikuttaa positiivisesti erilaisiin tekijöihin, jotka ovat vahvasti läsnä urheilusuorituksissa. Tasapainon vaikutus suorituskykyyn on kiistaton, koska kaikki liikkeet vaativat tasapainon hallintaa tai tietoisesti siitä luopumista (esimerkiksi syöksyminen).

### **4.3 Miten tasapainoa voidaan kehittää?**

Aikaisemmasta kirjallisuudesta huolimatta, tarkkaa määritelmää sille, mikä luokitellaan proprioseptiiviseksi harjoitukseksi, ei ole tarkkaa määritelmää. Tyypillisesti proprioseptiivinen harjoite vaatii sen, että siinä yritetään hallita epätasapainoa, mutta ongelma on siinä, että jokainen liike ja asento, jonka urheilija tekee, voidaan luokitella proprioseptiiviseksi, sillä ne aiheuttavat proprioseptiikan aktiivisuutta. (Riva ym., 2016, 462.)

Esimerkiksi nilkan ja jalkaterän lihasten voima, aktivointi ja hallinta on tärkeää, sillä tasapainon säilyttämiseen tarvittavat korjausliikkeet alkavat monesti näiden lihasten avulla. Esimerkiksi alaraajojen lihasten maksimi- ja nopeusvoima ovat yhteydessä siihen, miten nopeasti ihminen pystyy liukastuessaan jäisellä maalla, tekemään vastaliikkeen ja säilyttämään tasapainonsa. Nilkaniveltä liikuttavien lihasten voima taas puolestaan auttaa epätasaisella alustalla tasapainon säilyttämisessä. (Jaakkola, 2021, 31.) Näitä ominaisuuksia voidaan ylläpitää ja vahvistaa erilaisilla alaraajojen lihasvoimaharjoitteilla.

Varsinaisia tasapainoharjoitteita ovat esimerkiksi tasapainolaudalla tai jumppapallolla tasapainotelu kahden tai yhden jalan varassa, erilaisissa asennoissa tasapainon ylläpitäminen silmät kiinni, erilaiset alastulot hypyistä, kiipeily tai puomilla kävely (Jaakkola, 2021, 53–61). Harjoitteet, joissa tavoitteena on ylläpitää tasapainoa tietyssä asennossa paikallaan, kehittävät lähtökohtaisesti staattista tasapainoa, kun taas harjoitteet, joissa tasapainoa ylläpidetään liikkeessä tai muuttuvalla alustalla, kehittävät enemmänkin dynaamista tasapainoa (Stolt, ym., 2016).

Myös erilaiset nilkan staattiset, isometriset liikehallinta harjoitteet, kuten jalkaterän työntäminen kiinteää vastusta vasten, ovat tehokkaita tasapainon ja proprioseptiikan kehittämiseen. Harjoittelu sisältää nilkan koukistajien, ojentajien, sisä- ja ulkokiertäjien (säären ulko-, sisä-, etu- ja takaosan lihasaitioiden) harjoitteita. (Stolt, ym., 2016.) Kuvassa 2 esimerkkiharjoite.



Kuva 2. Nilkan ojentajien eli säären takaosan lihasten vahvistaminen istuen. Harjoite: Paina jalkaterää voimakkaasti tyynyä vasten, jatka painamista 10 sekunnin ajan, 10 toistoa molemmilla raajoilla, 2–3 työsarjaa/raaja. (Stolt, ym., 2016.) Kuva: Markus Lahtinen

Vahvistavissa, dynaamisissa harjoitteissa voidaan käyttää apuna esimerkiksi vastuskuminauhaa, tai vapaita painoja. Kuvissa 3 A) ja 3 B) esimerkkiharjoite.

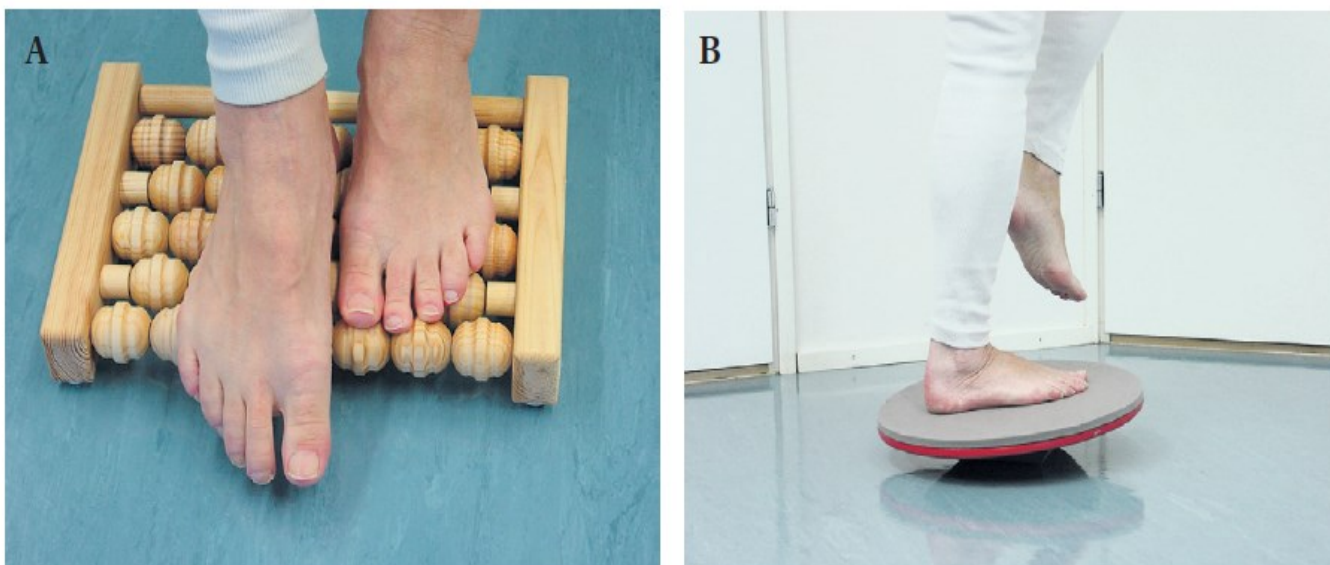




Kuva 3A. ja 3B. Nilkan koukistajalihasten vahvistaminen. Kiinnitä sopiva lisäpaino toisen jalkaterän ympärille. Kuva 3A. Alkuasento: Istu pöydän reunalla niin että jalat riippuvat vapaasti. Kuva 3B. Harjoite: Vedä nilkka koukkuun, pidä 5 s ja laske alas. Toista liikettä 10 kertaa. Pidä tauko ja tee sarja 3–5 kertaa. Tee sama toisella jalalla. (Stolt, ym., 2016.) Kuvat: Markus Lahtinen

Ulko- ja sisäkiertäjien harjoitteet parantavat nilkanivelen asento- ja liiketuntoa, ja täten kehittävät tasapainoa. Harjoitteita kannattaa tehdä silmät auki, sekä kiinni, jotta harjoitteet tuovat tarpeeksi haastetta (Stolt, ym., 2016). Esimerkiksi yhdellä jalalla seisonta on hyvä harjoite, ja sitä tulisi tehdä staattisesti (tasaisella alustalla) ja dynaamisesti (epätasaisella alustalla). Näköaistin poistamisella voidaan harjaannuttaa myös proprioseptiikkaa, yhtä lailla kuin erilaisilla alustoilla harjoittelemalla.

6–8 viikon mittaisella proprioseptiikka harjoitusjaksolla on todettu olevan kestävin ennaltaehkäisevä vaikutus nilkan vammojen uusiutumiseen. Tätä aihetta käsitelleessä tutkimuksessa harjoituk-  
sia tehneellä ryhmällä vammojen uusiutumisprosentti oli 11 % alhaisempi, kuin kontrolliryhmällä. (Hupperets ym., 2009, 3.)



Kuva 4A. ja 4B. Erilaisilla alustoilla tasapainoilu soveltuu erittäin hyvin tasapainon kehittämiseen. (Stolt, ym., 2016) Kuva: Juha Kyöstilä

Muita esimerkkejä tasapainoharjoitteista:

Yhden jalan seisonta: Seiso yhdellä jalalla ja yritä ylläpitää tasapainoa, tämän voi suorittaa monella erilaisella alustalla, kuten tasapainolaudalla tai jollakin pehmeällä joustavalla alustalla, kuten BOSU pallolla, tai erilaisilla vaahtopatjoilla (Kuva 4A ja 4B). Epävakailta alustoilta harjoittelulla voidaan ehkäistä asennon epävakautta, sillä vartalon huojunta siirtää jatkuvasti painopistettä, myös alustan ulkopuolelle. Näin voidaan kehittää liikkeen vakautta. (Behm ym., 2015, 1646.)

Myös erilaisia voimaharjoituksia voidaan soveltaa enemmän tasapainoa tukeviksi, suorittamalla niitä epätasaisilla alustoilla. Vaikkakin jo pelkällä lihasvoiman kehittämisellä voidaan nostaa tasapainon tasoa. Liikkeitä kuten kyykky, askelkyykky, maastaveto, istumaan nousut ja vartalon kierrot voidaan suorittaa myös tasapainolaudalla, jumppapallolla tai pehmeällä alustalla, jolloin ne tutkitusti kehittävät monipuolisemmin suorituskykyä voiman ja tasapainon näkökulmasta. (Behm ym., 2015, 1658.)

Tasapainoharjoitusohjelmat tulisi suunnitella progressiivisiksi, kuten voimaharjoittelussakin. Alkuun harjoitteet voidaan tehdä tasaisella alustalla kahdella jalalla, jonka jälkeen voidaan siirtyä yhden jalan harjoitteisiin ja tästä epätasaisiin alustoihin. Lisää haastetta saadaan tekemällä harjoitteet silmät kiinni, tai suuntaamalla tietoisesti katsetta eri suuntiin ilman pään liikettä. Tämä kehittää silmien ja kehon välistä yhteistyötä. Tehtävät liikkeet voivat olla esimerkiksi kallistelua, kierto liikkeitä, kyykkyjä, hyppyjä, heittoja tai kiinniottoja. (Hrysmallis, 2011, 228.)

Lasten ja nuorten ohjattuun harjoitteluun tulisi sisältyä hermo-lihasjärjestelmän toimintaa kehittäviä harjoituksia 2–3 kertaa viikossa, 15–20 minuuttia kerrallaan, vuoden ympäri niin, että vaikeusaste etenee ja harjoitukset ovat riittävän vaihtelevia (Leppänen ym., 2023, 8).

Neuromuskulaaristen harjoitteiden, kuten proprioseptisten- ja tasapainoharjoitteiden, lisääminen harjoitusohjelmaan on tutkitusti tehokkainta vammojen ehkäisyn ja suorituskyvyn kannalta n. 12–25-vuotiaille urheilijoille, jotka harrastavat korkean riskin urheilulajeja, kuten jalkapalloa tai jääkiekkoa. Ennaltaehkäisevän vaikutuksen lisäksi NMT-harjoittelulla voidaan parantaa suorituskykyä, kuten voimaa, ketteryyttä, nopeutta ja vakautta. On myös havaittu, että tekemällä neuromuskulaarista harjoittelua harjoituskauden aikana, asennon hallinta kehittyy merkitsevästi. (Leppänen ym., 2023, 5.)

#### **4.4 Lajinomaisuus tasapainoharjoittelussa**

Mutta niin kuin monissa muissakin harjoitusmuodoissa, monet tutkimukset puoltavat näkemystä siitä, että myös tasapainoharjoittelun tulisi olla niin sanotusti lajinomaista, jotta tasapainon kehitys tukisi urheilulajille spesifejä liikkeitä ja ominaisuuksia (Behm ym., 2015, 1646). Toiminnot kuten urheilusuoritukset ja päivittäiset askareet tapahtuvat useimmiten epävakailla alustoilla. Optimaalinen tapa harjoittaa ja kehittää tasapainoa, proprioseptiikkaa ja asennon vakautta mitä tahansa urheilulajia varten, on harjoitella lajinomaisia taitoja, kuten jalkapallon potkaisemista, lajinomaisella alustalla, kuten tässä tapauksessa nurmella (Behm ym., 2015, 1646). Schmidtleicherin (2004) mukaan intramuskulaarista koordinaatiota voidaan kehittää vain tekemällä liikettä, jota varten koordinaatiota halutaan kehittää, joten joidenkin tutkimusten mukaan erillinen tasapainoharjoittelu ei ole hyödyllinen tapa kehittää lajinomaista tasapainoa lainkaan. Se tarkoittaa sitä, että tietyn tasapainoharjoitteen tekeminen ei merkittävästi kehitä kokonaisvaltaisen tasapainon tasoa, vaan se kehittää enemmänkin juuri tehdyn harjoitteen suorittamista. (Kümmel ym., 2016, 1271.)

Mutta erillistä tasapainoharjoittelua puoltaa se tosiasia, että kaikissa urheilulajeissa, kuten hiihdossa, ei ole mahdollista harjoitella vuoden ympäri lajinomaisella alustalla. Tällöin hyvänä vaihtoehtona on toteuttaa erilaisia tasapainoharjoitteita epävakailla alustoilla, ja näin progressiivisesti kuormittaa voima- ja tasapainoadaptaatioita vuoden ympäri (Behm ym., 2015, 1646). Epätasaisella alustalla harjoittelulla kyetään kuormittamaan tehokkaammin hermo-lihasjärjestelmää sekä tasapaino järjestelmää, verrattaessa tasaisen alustan oheisharjoitteluun (Behm ym., 2015, 1663).

## 5 Yläkouluikäiset ja tasapaino

UKK-instituutin (2023) mukaan: ”Monet liikehallintataidot opitaan lapsuusiässä, jolloin monipuolinen liikkuminen ja liikunta tukevat normaalia kehitystä. Ihmisen keskushermoston kytkentöihin (hermoverkoston yhteyksiin) perustuva tapa liikkua on pääosin muodostunut noin 20 vuoden ikään mennessä.” Nuorena toteutetulla neuromuskulaarisella harjoittelulla (esimerkiksi tasapaino- & proprioseptiikkaharjoittelu) voidaan tehokkaasti ennaltaehkäistä nuorena tapahtuvia urheiluvammoja, sekä kehittää mm. voima-, ketteryys-, nopeus- ja tasapaino-ominaisuuksia (Leppänen ym., 2023).

Seuraavassa kappaleessa käsittelemme erilaisia näkemyksiä siitä, miten yläkouluikäisten tasapaino ja siihen vaikuttavat fysiologiset tekijät eroavat esimerkiksi aikuisista. Ja näin myös hahmottelemme tasapainon eroavaisuuksia eri ikävaiheissa.

Tasapainoon voivat vaikuttaa fyysiset ominaisuudet, kuten lihasvoima ja kestävyyskunto. Yleensä pojilla nämä ominaisuudet ovat hieman vahvempia kuin tytöillä, johtuen muun muassa poikien testosteronituotannosta (Marta ym., 2012, 1764). Tästä huolimatta tutkimukset ovat osoittaneet, että tytöillä on yleensä ollut testattaessa parempi tasapaino kuin pojilla (Marta ym., 2012, 1764). Tämä saattaa johtua tyttöjen ja poikien erilaisista liikuntaharrastuksista; tyttöjen suosiossa olevat lajit, kuten taitoluistelu, tanssi- ja rytmiliikunta sekä voimistelulajit, kehittävät tasapainotaitoja erittäin hyvin. Myös vestibulaarinen tasapaino on havaittu kehittyneemmäksi jo jopa 7–8 ikävuoden kohdalla tytöillä kuin pojilla, vaikkakin tämä ero tasoittuu iän myötä (Hirabayashi & Iwasaki, 1995).

Tutkimukset ovat osoittaneet, että asentovakaumus ja tasapaino kehittyvät iän myötä, mutta esimerkiksi 15-vuotiaiden kehitys ei vastaa vielä aikuisen tasapainoa. Somatosensorisen tasapainon on huomattu kehittyvän jo hyvin varhaisessa vaiheessa, ja 3–4-vuotiailla se on jo verrattavissa aikuisen ihmisen tasoon. Näköaistillinen tasapaino puolestaan kehittyy aikuisen tasolle jo 15-vuotiaille, mutta vestibulaarinen tasapaino kehittyy vasta myöhemmässä vaiheessa, ja se on huomattavasti heikompi 15-vuotiailla kuin aikuisilla. (Hirabayashi & Iwasaki, 1995.)

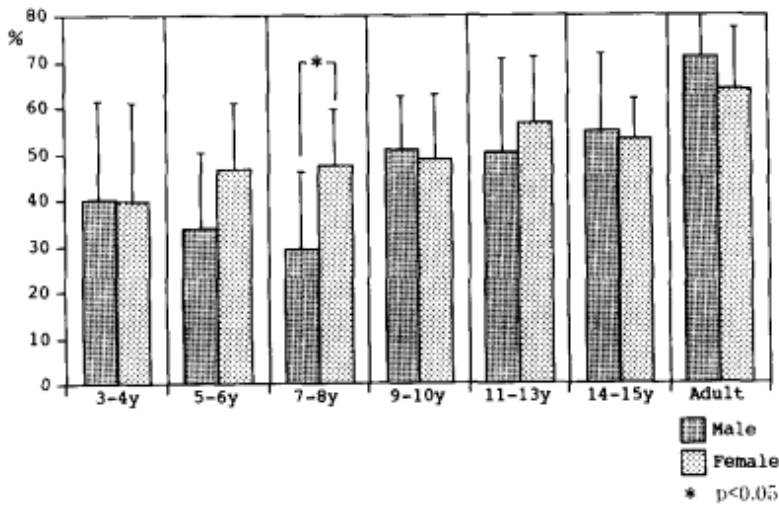
Aikaisemmissa tutkimuksissa on myös havaittu eroavaisuuksia siinä, miten lapset korjaavat tasapainoa verrattuna aikuisiin. Aikuiset palauttavat tasapainonsa pääosin nilkan nivelen liikehdinnällä, kun taas lasten tekemät korjausliikkeet tapahtuvat erillisten kehon osien liikehdinnällä (Jalkojen ylä- ja alaosien sekä lonkkalantio seudun), sekä lonkkien- ja polvien nivelkulmien muutoksilla nilkan liikkeiden lisäksi. Samainen tutkimus ehdottaa myös, että aikuismaisen asennon hallinnan kehittyminen ei ole lineaarista iän kanssa, vaan se on pikemminkin asteittaista kehitystä. Tätä teoriaa perustellaan lapsen tai nuoren vartalon kasvumuutoksilla, joka aiheuttaa sen, että aikaisemmat motoriset taidot eivät toimi tehokkaasti uusilla mittakaavoilla. Tämä puolestaan johtaa siihen, että lapsen/nuoren asennonhallinta käy tietyssä vaiheessa elämää läpi tietynlaisen muutosvaiheen,

jonka aikana tasapainon hallitseminen on haastavaa ja epävakaa. Kun kasvu taas pysähtyy ja motoriset taidot mukautuvat, siitä teoreettisesti seuraa jälleen tasapainoisempi ajanjakso.

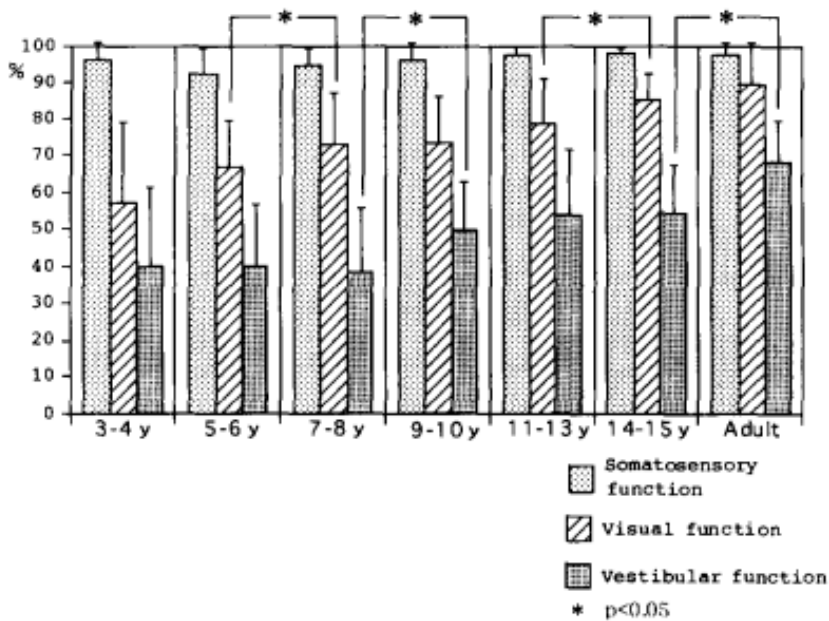
(Shumway-Cook & Woollacott, 1985, 144–145.) Tämä erityisesti näkyy myös yläkouluikäisten tasapaino-ominaisuuksissa, sillä tässä iässä suuret fysiologiset ja hormonaaliset muutokset ovat yleisiä. Kuten myös aiemmin mainittiin Troppin ja Odenrickin (1988, 836–838) tutkimuksen perusteella huomattiin, että yksilöt, jotka joutuvat pääasiallisesti korjaamaan tasapainoaan yhdellä jalalla muilla strategioilla nilkan sijaan, ovat alttiimpia nilkan loukkaantumisille, tässä tapauksessa lapset iältään 0–10 vuotta.

Vaihtelevuus tasapainonkorjausliikkeissä oletettavasti kehittyy iän myötä, ja Shumway-Cookin & Woollacottin tutkimuksessa (1985) havaittiin, että 4–6-vuotiailla vaihtelevuus ryhmän sisällä korjausliikkeiden monimuotoisuudessa oli suurinta kaikista ikäryhmistä. Oletettavasti tämän ikäisillä visuaalis-vestibulaarinen tasapainojärjestelmä alkaa hienosäätämään nilkan ja jalan proprioseptiikkaa, joka luo täten tehokkaampia asennonkorjausliikkeitä. Tämä myös selittää heidän tutkimuksensa sen, että ikäluokilla 7–10 alettiin huomata jo paljon aikuisten kaltaista asennonhallintaa (nilkkastrategia), verrattaessa 4–6-vuotiaiden ryhmään. (Shumway-Cook & Woollacott, 1985, 147.)

Hirabayashin & Iwasakin (1995, 112) kaavioissa, kuvataan erittäin selkeästi sitä, etteivät 14–15-vuotiaiden tasapaino-ominaisuudet ole vielä kehittyneet tarpeeksi, jotta heitä voisi tässä suhteessa rinnastaa aikuisiin (Kuva 5. ja 6.). Erityisesti vestibulaarisessa tasapainossa havaittiin merkitsevä ero aikuisiin verrattaessa. Samainen tutkimus osoitti myös merkitsevän eron 14–15-vuotiaiden tuloksia verrattaessa aikuisten tuloksiin EquiTest -tasapainotestauksessa (Hirabayashi & Iwasaki, 1995).



Kuva 5. Vestibulaarisen toiminnan kehittyminen eri ikävaiheissa naisilla ja miehillä sekä merkitsevät erot sukupuolien välillä (Hirabayashi & Iwasaki, 1995, 112)



Kuva 6. Somatosensorisen, visuaalisen ja vestibulaarisen toiminnan kehitys eri ikävaiheissa sekä merkitsevät erot ikäluokkien välillä (Hirabayashi & Iwasaki, 1995, 112)

Youth physical development eli YPD-malli on arvostettu, lapsien ja nuorten harjoitteluun keskittyvä malli, joka perustuu tieteellisiin tutkimuksiin. Tämä kyseinen malli korostaa monipuolista hermolihasjärjestelmän harjoittelua, joka sisältää vastusharjoittelua ja tasapainoharjoittelua. Nuoruusikä on aika, jolloin pituuskasvu on nopeaa sekä hermoliitokset ja aivojen toiminta kehittyvät voimakkaasti. Tasapainoharjoittelusta voi olla hyötyä liikkumiskyvyn kehittämisessä ja voimakkaiden muutosten tukemisessa. Tämä puolestaan auttaa rakentamaan perustaa muille fyysisille

ominaisuuksille ja voi myös auttaa laskemaan loukkaantumisriskiä urheilussa ja liikunnassa. (Lloyd and Oliver, 2012, 61–66.)

Monesti urheilijat aloittavat vastusharjoittelun murrosiässä, jolloin hyvän tasapainon merkitys korostuu. Tasapainoharjoittelu on tärkeää vastusharjoittelun alkuvaiheessa, sillä se tehostaa vastusharjoittelun harjoitusvaikutuksia ja vähentää vammausriskiä vastusharjoittelussa. (McGuine & Keene, 2006, 1103–1110.)

## 6 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksemme tavoitteena on selvittää, millaisella tasolla yläkouluikäisten urheilijoiden dynaaminen- ja staattinen tasapaino ovat neljässä eri lajissa. Lajit, jotka valitsimme yhdessä toimeksiantajiemme kanssa, olivat jääkiekko, tennis, teamgym ja taitoluistelu. Valinnat perusteltiin siten, että lajeista kaksi olivat maalla pallopelejä (jääkiekko & tennis) ja kaksi olivat taitolajeja (teamgym & taitoluistelu). Muita tekijöitä olivat alustat, joilla lajia harrastetaan, eli kaksi lajia jäällä ja kaksi tasaisella alustalla. Lajeista myös kaksi ovat yksilölajeja lähtökohtaisesti ja kaksi joukkuelajeja. Näin saimme hyvin erilaisten lajien edustajia tutkimukseen ja näin saisimme myös hypoteettisesti eniten vaihteluväliä tuloksiin. Kaikki urheilijat näistä lajeista osallistuivat alkuvuodesta 2024 yläkoululeirityksille Vierumäelle ja testaukset integroitiin leirien aikatauluihin.

Vierumäen urheiluopistolle on hankittu vuonna 2021 Delos testilaitteisto, joka on kehitetty tasapainon ja proprioseptiikan testaamiseen. Laitteella voi tehdä erilaisia yhden jalan tasapainoon liittyviä testejä. Käytetyimmät testit ovat staattinen testi ja dynaaminen testi. Laitetta on hyödynnetty opiston urheilutoimissa vielä vähäisesti, joten tutkimuksemme tavoitteena, laitteen lisääntyvän käytön lisäksi, on myös tuottaa lisädataa tasapainotaidosta nuorilla urheilijoilla. Tavoitteena on myös luoda kerätyn datan perusteelta viitearvot yläkouluikäisten tasapainoindeksistä dynaamisessa testissä. Tutkimuksemme on tarkoitus olla osana laajempaa tasapainotaitoon liittyvää tutkimushanketta.

### 6.1 Yläkoululeiritykset

Vierumäen urheiluopiston nettisivut (s.a.) kuvailevat yläkoululeirejä seuraavasti: ”Valtakunnallinen yläkoululeiritys on osa Suomen Olympia-komitean urheiluakatemiaohjelmaa. Suomen Urheiluopisto käynnisti syksyllä 2016 mittavan yläkouluvalmennuksen ohjelman 7–9-luokkalaisille tavoitteellisesti urheiluun suuntautuneille nuorille.” Yläkoululeiritys on 4–5 päivän mittainen leirityskokous, jonka aikana nuori majoittuu Vierumäellä. Leirejä on useampia vuodessa. Yläkoululeiritykset järjestetään yhdessä lajiliittojen, yhteistyöseurojen ja Päijät-Hämeen Urheiluakatemian kanssa. (Yläkoululeiritys Vierumäki, s.a.)

Harjoittelun ja testaamisen lisäksi, leireillä urheilijoille pidetään luentoja elämäntaidoista, kuten ravinnosta, unesta ja levosta urheilun näkökulmasta. Leireille on avoin haku, joka on pääsääntöisesti tarkoitettu tavoitteellisille nuorille urheilijoille. Eri lajien leireillä paikkoja on eri määrät. Eri lajivaihtoehtoja/leirejä on yhteensä yhdeksän. (Yläkoululeiritys Vierumäki, s.a.)

### 6.2 Tutkimusongelmat

1. Millainen on dynaamisen ja staattisen tasapainon taso yläkouluikäisillä urheilijoilla valituissa lajeissa verrattuna Delos testilaitteiston tasapainoindeksiin?



- 1.1 Millaisia eroja eri lajien välillä on dynaamisen ja staattisen tasapainon tasossa?
- 1.2 Onko vasemman ja oikean jalan välillä eroavaisuuksia dynaamisessa ja staattisessa testissä?
- 1.3 Millaisia eroja tyttöjen ja poikien välillä on dynaamisen ja staattisen testin tuloksissa?
2. Onko pituudella ja painolla yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?
3. Onko harjoitteluvuosilla ja harjoittelun määrällä yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?

### 6.3 Tutkimusmenetelmät

Tavoitteenamme oli tuottaa kuvaileva tutkimus, jossa ei toteutettu interventiota. Tutkimus on luonteeltaan määrällinen sillä se sisältää numeerisia vastauksia ja muuttujia. Tutkimuksessa testattiin yhteensä 86 yläkouluikäistä urheilijaa, joista 66 oli tyttöjä, ja 20 poikia. Osallistujista 17 harrasti teamgymiä, 41 taitoluistelua, 18 tennistä ja 10 jääkiekkoa, tarkentava taulukko kohderyhmästä löytyy seuraavalta sivulta (Taulukko 1.). Taitoluistelussa osallistujat edustivat puoliksi Vierumäen leiriryhmää ja puoliksi STLL:n (Suomen taitoluistelu liitto) leiriryhmää, näistä jälkimmäinen oli tasoltaan edistyneempi ryhmistä. Valintaperusteena toimivat: a) Suostumus leiriläisille lähetettyyn tasapainotutkimuksen esitietolomakkeeseen b) Osallistuminen Vierumäen tenniksen-, taitoluistelun-, teamgymin- tai jääkiekon yläkoululeiritykseen c) Osallistuja oli yläkouluikäinen ja näiden kriteerien täyttäneistä urheilijoista osallistujat valikoitiin satunnaisesti. Osallistujien keskipaino oli 53,5 kg ± 9,1 kg ja keskipituus 162,3 cm ± 7,6 cm. Osallistujien keski-ikä oli 14,7 vuotta ± 0,7. Testatuiden keskimääräinen harjoitteluvuosien määrä oli 8,27 vuotta ± 2,64 vuotta. Lajiharjoituksia testatuilla oli keskimäärin 6 ± 2,3 kertaa viikossa. Oheis- ja omatoimisharjoittelua testatuilla oli keskimäärin 4,6 kertaa viikossa ± 2,7 harjoitusta. Nämä yhteenlaskettuna harjoittelun viikkomäärän keskiarvo testatuilla oli 10,6 harjoitusta (± 4,6).

Taulukko 1. Tutkimuksen kohderyhmä

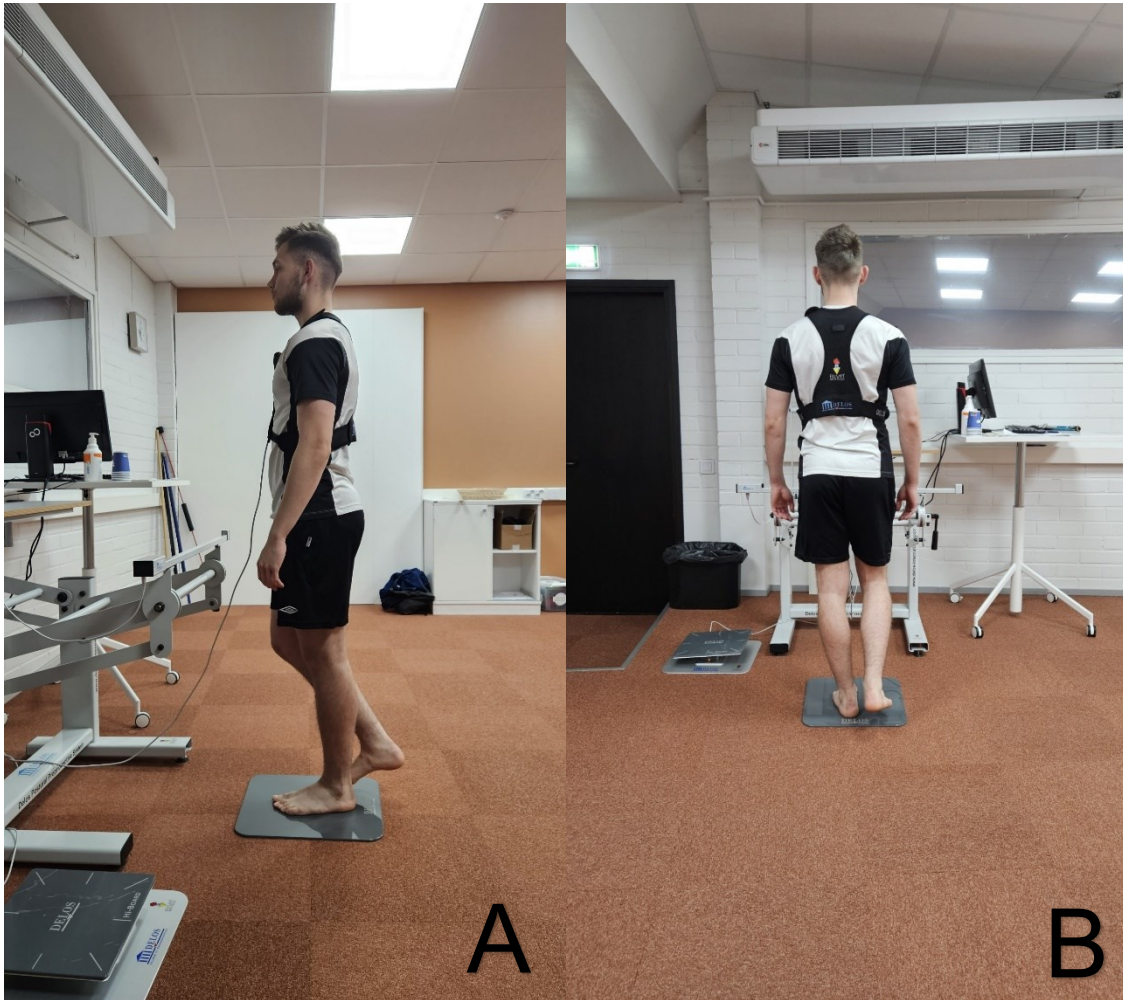
Laji	Tytöt	Tyttöjen %	Pojat	Poikien %	Yhteensä	Yhteensä %
<b>Teamgym</b>	17	100 %	0	0 %	17	20 %
<b>Taitoluistelu</b>	41	100 %	0	0 %	41	47 %
<b>Jääkiekko</b>	0	0 %	10	100 %	10	12 %
<b>Tennis</b>	8	44 %	10	56 %	18	21 %
<b>Yhteensä</b>	66	77 %	20	23 %	86	100 %

Kaikille tennis-, jääkiekko-, teamgym- & taitoluistelu yläkoululeireille osallistuville lähetettiin vähintään kuukausi ennen yläkoululeirin alkua tiedoksi sähköpostitse, jossa avasimme laajasti, mistä testauksissa on kyse, ketkä tekevät, ja mitä tällä yritämme selvittää. Tiedoksiannossa oli myös testaaajien yhteystiedot, joihin tiedoksiannossa ohjeistettiin olemaan yhteydessä, jos urheilija, tai heidän huoltajansa ei halunnut antaa lupaansa testauksiin. Näin selvitettiin keitä voi tai ei voida testata. Näin saimme tiedon testattavien määrästä ennen leirejä ja mahdollisista poisjäänneistä. Tiedoksianto on kokonaisuudessaan luettavissa liitteet -osiossa (Liite 1.).

Tutkimukseen liittyvät tavoitteet, aikataulut ja toimintamenetelmät sovittiin hyvissä ajoin ennen leirien ensimmäisiä testauksia sidosryhmien kanssa (Vierumäki, yläkoululeirin valmentajat ja vetäjät, urheiluhallin- ja testiaseman työntekijät sekä yläkoululeirien yhteyshenkilöt).

Tasapainotestaus suoritettiin Delos testilaitteistolla (Kuva 10.), jolla suoritettiin Static Riva Test eli staattinen testi (Kuva 7A. ja 7B.) ja Dynamic Riva Test (unconstrained) eli dynaaminen testi (Kuva 8A. ja 8B.). Laitteisto mahdollistaa asennon vakauden tarkastelun. Static Riva Testin avulla saadaan tietoa osallistujien visuaalisesta riippuvuudesta, proprioseptiikan tehokkuudesta ja staattisen tasapainon tasosta sekä asennon hallinnasta. Testi koostuu yhdellä jalalla seisonnasta silmät auki, sekä silmät kiinni (2 silmät auki & 4 silmät kiinni), 20 sekuntia kerrallaan. Dynamic Riva Testin (unconstrained) avulla tarkastellaan osallistujien dynaamista tasapainoa, sekä asentoja, jossa esimerkiksi loukkaantumiset saattavat tapahtua. Testi koostuu elektronisella tasapainolaudalla seisonnasta yhdellä jalalla, 2 kertaa 30 sekuntia kummallakin jalalla vuorotellen. Elektroninen tasapainolaudasta välittyvä osallistujan näytölle reaaliaikaista palautetta testin aikana, jota osallistuja voi halutessaan seurata. Delos testilaitteisto mahdollistaa myös tasapainoa tukevien lihasten ja proprioseptiikan kehittämisen nilkan asentomuutoksien avulla. Testeistä saataviin tuloksiin vaikuttavia tekijöitä: Vartalon huojunta (seurataan rinnassa kiinni olevalla sensorilla), autonomia eli ilman käsitukea tasapainossa pysyvä aika sekä ryhti ja asentovirheet. Dynaamisessa testissä edellä mainittujen lisäksi mittareita ovat; Nilkan virheasennot (tasapainolaudan keinunta ja vartalon asento) ja keinunnan ja huojunnan säde (axis). Dynaamisella testillä voidaan myös tarkastella nilkan toimintaa tasapainoa hakiessa, kuten supinaation ja pronaation määrää. Kun tuloksia tarkastellaan yksittein, Delos testilaitteisto antaa myös valmiit palautteet tulkintoihin, joissa mahdollisia loukkaantumisten riskejä ja suorituskykyä rajoittavia tekijöitä avataan ymmärrettävämpään muotoon osallistujalle. Tätä dataa ei käytetty tutkimuksessa. Delos testilaitteisto oli kytketty erilliseen tietokoneeseen, johon oli asennettu DPPS (Delos Postural Proprioceptive System) ohjelmisto, jonka avulla testeissä pystyttiin hyödyntämään Delos testilaitteiston ominaisuuksia. Välineistöön kuului elektroninen tasapainolauta (Delos Rocking Board, DRB), rintaan kiinnitettävä asentoa seuraava sensori (Delos Vertical Controller, DVC), käsitukitanko infrapuna sensorilla (tunnistaa, jos käsitukea

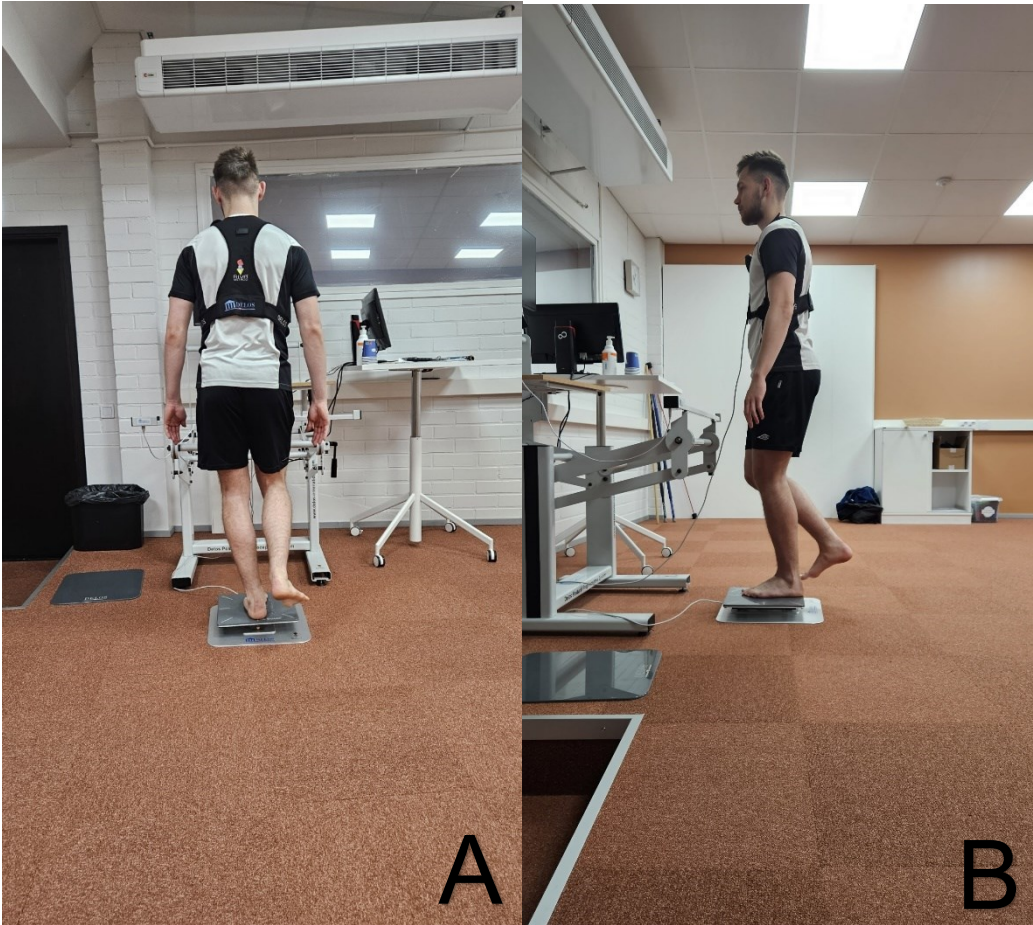
käytetään testin aikana) sekä näyttö, josta osallistuja pystyi seuraamaan testin kulkua (How Delos works – DELOS INTERNATIONAL, s.a.)



Kuva 7A. ja 7B. Staattisen testin suoritusasento Delos testilaitteistolla sivulta ja takaa kuvattuna

Kaikki osallistujat ohjeistettiin samalla tavalla, ja mittauksissa noudatettiin samaa kaavaa, jonka olimme suunnitelleet etukäteen (Liite 2.). Tasapainolaudan asento ja seisomakohta vakioitiin siten, että kaikki osallistujat seisoivat laudan keskellä, lauta suorassa ja jalka suoraan eteenpäin osoittaen. Testattavan rintamasuunta tuli myös olla suoraan eteenpäin, jolloin hän myös näki testilaitteiston näytön. Laitteiston käsituki säädettiin siten, että osallistuja koki sen olevan sopivalla etäisyydellä, jotta hän sai siitä tarvittaessa helposti tukea. Testaajat ohjeistivat osallistujat välttämään ilmassa olevien raajojen liiallista käyttöä tasapainon hakemiseen ja ottamaan tukea tarvittaessa käsituesta, joka rekisteröi tuen käytön. Jos olkavarren ja vartalon välinen kulma kasvoi yli 45 asteen, suorittajaa huomautettiin asiasta testaajien toimesta. Testi ei tunnista, jos osallistuja käyttää ilmassa olevaa jalkaa maassa testin aikana, joten testaajat mainitsivat tästä ennen testejä ja

valvoivat ja huomauttavat, jos osallistujat näin tekivät. Ilmassa oleva jalka ohjeistettiin pitämään lonkkalinjan alapuolella luonnollisessa koukussa siten, ettei jalka juurikaan ylitä keskilinjaa. Kädet ohjeistettiin pidettäväksi testin aikana suoraan sivuilla kylkien myötäisesti tai kyynärpäät koukussa kädet osoittaen eteenpäin. Ennen tasapainotestejä osallistujilta mitattiin paino ja pituus käyttäen joka kerta samaa mittanauhaa ja kalibroitua vaakaa. Osallistujilta kysyttiin myös, kuinka monta vuotta he olivat harrastaneet lajiaan, kuinka usein heillä on viikossa lajiharjoitukset, sekä kuinka usein viikossa he tekevät oheis-/omatoimista harjoittelua. Näitä muuttujia toimeksiannossa haluttiin päästä vertailemaan. Tasapainotestit suoritettiin jokaisen osallistujan kohdalla paljain jaloin ja De-los testiliivi päällä, johon kiinnitettiin vartalon heiluntaa mittaava anturi. Muutoin testivaatetusta ei oltu määritelty. Testaajat eivät antaneet testien aikana palautetta suorituksesta, vaan vasta testien jälkeen. Palautetta annettiin lähinnä siitä syystä, että osallistujat kokisivat testit itselleen merkityksellisiksi. Testaaja ei puhunut testin aikana, muutoin kuin huomauttaakseen osallistujaa virheestä, tai muistuttaessaan, mikä testin vaihe oli luvassa seuraavana. Testaaja antoi joka testin kohdalla lähtölaskennan testin alkamiseen, jolloin osallistuja tiesi varmasti testin alkavan. Osallistujan edessä olevassa näytössä näkyi myös aika ja tuleva testi. Testaaja seisoi testin aikana noin 2 metrin päässä osallistujasta katsoen oikealla puolella tietokoneen ääressä. Testaustila oli tilava, valoisa huone, ilman ulkoisia virikkeitä (Kuva 9.). Huoneen ovet pidettiin kiinni, eikä huoneessa ollut ikkunoita. Näin testattava pystyi suorittamaan testit rauhassa. Testi aloitettiin joka kerta staattisilla testeillä, ja ensimmäinen vaihe oli aina vasemmalla jalalla yhden jalan seisonta silmät auki, 20 sekuntia. Jokaisen osallistujan kohdalla suoritettiin samat testit samalla ohjeistuksella. Toteutimme testaukset tammi-maaliskuun välisenä aikana 2024.



Kuva 8A. ja 8B. Dynaaminen testi Delos testilaitteistolla takaa ja sivulta kuvattuna



Kuva 9. Tutkimuksessa käytetty testaustila

Delos testilaitteistolla voidaan edellä mainittujen testien lisäksi suorittaa muitakin testejä – Näitä testejä ovat Fukuda-Alpini Testi, Stabilometrinen testi sekä dynaaminen testi istuen. Fukuda-Alpini testillä voidaan arvioida pään ja vartalon koordinaatiokykyä liikkeitä tehdessä, testin suorittaminen vaatii kaksi DVC anturia. Stabilometrisessä testissä mitataan vakautta kahden jalan seisonnassa muuttuvissa aistinvaraisissa olosuhteissa. Vaihtuvia olosuhteita voivat esimerkiksi olla alusta ja näköaistin rajoittaminen. Dynaamisessa testissä istuen vuorostaan tutkitaan lonkan ja selkärannan alueen toiminnallista tasapainoa. Näiden lisäksi valitsemassamme dynaamisessa testissä on mahdollista tehdä vielä kaksi eri vaihetta, jotka me jätimme pois testeistämme toimeksiantajan ohjeituksen mukaisesti. Näissä vaiheissa testattavan raajojen liikehdintää rajoitetaan entisestään käyttäen ulkoisia välineitä. Ensimmäisessä vaiheessa peukaloiden väliin pingotetaan kuminauha tai vastaava väline, joka estää käsien liikkeen sivuille, ja käsivarsien tulee myös koskea lantioon koko ajan. Toisessa vaiheessa myös alaraajojen liikettä rajoitetaan asettamalla pötkylä (pieni foam roller tms.) jalkojen väliin ja pötkylän tulee pysyä jalkojen välissä testin ajan, näin rajoittaen myös vapaan jalan sivuttaisliikettä. Käyttämämme testit valikoituivat toimeksiantajamme pyynnöstä. Delos testilaitteistolla voidaan myös tehdä erilaisia harjoitteita ja harjoitusohjelmia, joilla voidaan kehittää tasapaino-ominaisuuksia. (How Delos works – DELOS INTERNATIONAL, s.a.)

Nilkan proprioseptiikkaa mittaavia testejä, kuten Delos testilaitteiston testit, voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös kykyjen etsintään, erityisesti urheilulajeissa, joissa alaraajojen hallinta on erityisen keskeistä. Tämän lisäksi näillä testeillä voidaan myös havaita urheilijoita, jotka vaativat oheisharjoittelua nilkan proprioseptiikan kehittämiseen. Nilkan proprioseptiikan korkealla tasolla on havaittu olevan yhteys myös korkeaan kilpailutasoon urheilussa. (Han ym., 2014, 159.)



Kuva 10. Tutkimuksessa käytetty laitteisto (Testaajan piste kuvassa oikealla)



Kuva 11A. ja 11B. Tutkimuksessa käytetty mittanauha (pituus) ja vaaka (paino)

## 6.4 Tilastolliset menetelmät

Testitulokset tallentuivat Delos testilaitteiston suojattuun ohjelmistoon, josta tulokset siirrettiin Microsoft Excel-taulukkoon. Excel-taulukosta tulokset analysoitiin käyttäen IBM SPSS statistics 29.0 ohjelmaa, jonka avulla laskimme tuloksien keskiarvot, keskihajonnat, korrelaatiot ja niin edelleen.

Dynaamisen- ja staattisen testin testitulosten yhteyttä eri muuttujiin (Paino, pituus, harjoitteluvuodet, harjoittelumäärä) tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Sukupuolten väliset tilastollisesti merkitsevät erot selvitettiin riippumattomien otosten T-testillä vertaamalla poikia tyttöihin. Molempien ryhmien varianssien yhtäsuuruus tarkistettiin samassa yhteydessä Levene-testillä. Sen mukaan havaittiin, että kaikkien testitulosten ja sukupuolten välillä varianssit eivät olleet yhtä suuria (SI average EO -arvon  $P = 0,009$  ja SI EO left -arvon  $P < 0,001$ ). Näiden testitulosten kohdalla merkitsevyyksiä tarkasteltiin oletuksella; varianssit eivät ole yhtä suuret. Muiden tulosten kohdalla oletuksena oli, että varianssit ovat yhtä suuret. Merkitsevyydet katsottiin kaksisuuntaisen testin mukaan (2-tailed). Normaalisuus sukupuolten välisessä vertailussa tarkastettiin kvantiilikuvioiden visuaalisella arvioinnilla. Tulokset noudattivat pitkälti normaalijakaumaa. Tasapainon ja proprioseptiikan yleistä tasoa yläkouluikäisillä urheilijoilla tarkasteltiin dynaamisen- ja staattisen testin deskriptiivisen datan avulla (kokonaisotannan testitulosten keskiarvot ja keskihajonnat). Jalkojen välisiä eroja tutkittiin kahden riippuvan otoksen T-testillä. Tässä tilastollisia merkitsevyyksiä tarkasteltiin kaksisuuntaisen testin mukaan (2-tailed). Lajien välisiä eroavaisuuksia selvitettiin ANOVA testillä, jolla tarkasteltiin, löytyykö kaikkien lajien kesken tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia testeissä kokonaisuudessaan. Tämän jälkeen tuloksille tehtiin Post hoc – testi (Bonferroni), jolla pystyttiin toteamaan lajikohtaiset tilastollisesti merkitsevät eroavaisuudet lajien välillä. Dynaamisen testin viitearvojen prosentuaalinen pistejakauma laskettiin otannasta käyttäen Frequencies -prosentuaalilaskua.

Tutkimuksessa arvioimme tilastollista merkitsevyyttä siten, että jos  $P < 0.05$ , tulos oli tilastollisesti melkein merkitsevä, jos  $P < 0.01$ , niin tulos oli tilastollisesti merkitsevä ja  $P:n$  ollessa  $< 0,001$ , niin tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Tuloksien keskihajonta on merkitty merkillä  $\pm$ .

Lajien välisiä eroja vertailtiin myös z-testillä SPSS ohjelman avulla. Z-pistemäärien avulla pystytään laskemaan poikkeamia keskiarvosta eri tasapainotesteissä, vertaillen lajeja keskenään. Z-pisteet ovat tilastollisia arvoja, jotka mittaavat kuinka kaukana tietty havainto on keskiarvosta standardipoikkeamien avulla. Z-pisteitä voidaan käyttää vertailuun ja poikkeavien havaintojen tunnistamiseen, mitä suurempi z-piste on, sitä kauempana havainto on keskiarvosta. Positiivinen z-piste arvo tarkoittaa, että havainto on keskiarvon yläpuolella, ja negatiivinen arvo tarkoittaa, että havainto on keskiarvon alapuolella.



Kun saimme SPSS ohjelmistosta haluamamme luvut, teimme oleellisimmista arvoista Microsoft Excelin avulla havainnollistavia taulukoita, joilla kykenimme tehokkaasti tuomaan esiin saamiamme tuloksia.

## 6.5 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti ovat vahvalla pohjalla, sillä tutkimuksessa käytetyt menetelmät, ovat suoraan toistettavissa Delos testilaitteistolla, ja käytetyt testit ovat Delos testilaitteistossa valmiina olevia, ja täten menetelmät ja tulokset ovat toistettavissa, jos testauslaitteena toimii Delos testilaitteisto. Delos testilaitteisto on aiemmin todettu luotettavaksi eri kohderyhmillä (Tedeschi, 2023, 98–109). Osallistujien pituus mitattiin aina samalla mittanauhalla, ilman kenkiä, kantapäät seinässä ja maassa kiinni (Kuva 11A.). Paino mitattiin vaatteet päällä ja ilman kenkiä, vaa’an ilmoittamasta painosta vähennettiin aina 0,5 kg, koska päällä olevat vaatteet tuovat lisäpainoa (Kuva 11B.). Harjoitusvuosien ja määrien selvittämiseen käytettiin aina samoja kysymyksiä ja jokaisen testauksen kohdalla toimittiin samoilla käytännöillä. Tarkempi ohjeistus testeihin löytyy opinäytetyön liitteestä 2.

Tuloksia arvioitiin käyttäen SPSS ohjelmistoa ja sen avulla tehtyjä tilastollisia laskuja, hyväksyttävät merkitsevyyden arvot oli ennalta määritetty. Yli kolmen desimaalin ylittävät testitulokset pyöristettiin aina kahden desimaalin tarkkuuteen. Kaikki saadut testitulokset ilmoitettiin todenmukaisesti ja vilpittömästi. Ennalta määritellyt merkitsevyyksien arvot, jotka pohjustettiin muihin vastaaviin tutkimuksiin ja niistä kiinni pitäminen, nostattavat myös tutkimuksemme reliabiliteettia.

Tutkimusongelmiemme perusteella, 86:n henkilön otosta voidaan pitää riittävänä luomaan luotettavaa ja merkitsevää dataa. Otokoko on siis tilastollisessa mielessä kattava. Mainittakoon, että myös suuremmalla otoskolla voitaisiin saada samankaltaisia, tai kenties jopa tarkempia tuloksia.

Tunnistimme myös tiedostettuja epäkohtia tutkimuksestamme. Testien tuloksiin saattoi esimerkiksi vaikuttaa myös testiajankohdat, jotka vaihtelivat testattavien kohdalla paljon. Testejä toteutettiin aamuisin, päivällä sekä iltaisin, yläkoululeirien päivien aikana. Osa testattavista saattoi tulla testiin suoraan lajiharjoituksesta, osa oheisharjoituksista, joku saattoi tulla suoraa syömisestä jälkeen tai heti herättyään. Nämä olivat kuitenkin muuttujia, joihin emme voineet täysin vaikuttaa, koska aika-tilat testauksille täytyi sovittaa siten, että urheilijat eivät joutuneet jättämään tärkeitä leirin sisältöjä välistä. Käsien asennosta Delos testilaitteistoa käytettäessä ei ole yhteistä linjaa, joka estää täysin luotettavan tutkimusten välisen vertailun. Tärkeintä on kuitenkin pysyä yksittäisessä tutkimuksessa samassa linjassa, joten näin me teimme. Aiemmissa tutkimuksissa (Riva, ym., 2016) on myös käytetty eri arvoja, joita Delos testilaitteisto tuottaa, kuin tässä tutkimuksessa.

## 7 Tutkimustulokset

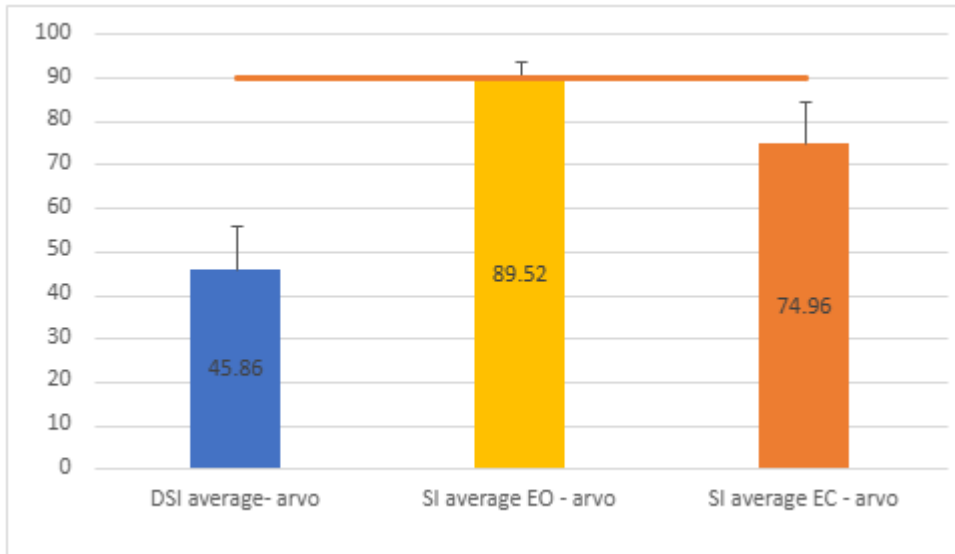
Delos testilaitteiston tulosten nimien lyhenteet avattuina:

- SI average EO = Staattisen testin jalkojen keskiarvo silmät auki (indeksiluku)
- SI average EC = Staattisen testin jalkojen keskiarvo silmät kiinni (indeksiluku)
- DSI average = Dynaamisen testin jalkojen keskiarvo (indeksiluku)
- DSI left/right, SI EO- ja SI EC left/right = Edellä mainittujen testien tulosten jalkakohtainen keskiarvo vasen/oikea jalka (indeksilukuja)
- Visual dependence = visuaalinen riippuvuus. SI EO average -arvon ja SI EC average -arvon välinen ero (pisteluku)
- Autonomy = autonomia. Prosenttimäärä ajasta, joka testissä on oltu ilman käsien tukea.
- Entropy = huojunta/poikkeama/epäjärjestys (Entropia = Fysikaalinen suure, joka ilmaisee epäjärjestyksen määrän systeemissä) (asteluku)

Testien tulosten yksilölliset maksimipistemäärät ovat 100 (indeksiluvut ja prosentit). Entropy -arvon kohdalla mitä pienempi arvo on, sitä vähemmän huojuntaa testin aikana on ollut = parempi tulos. Visual dependence -arvon kohdalla mitä pienempi arvo on, sitä pienempi visuaalinen riippuvuus staattisessa tasapainossa on.

### 7.1 Millainen on dynaamisen ja staattisen tasapainon taso yläkouluikäisillä urheilijoilla valituissa lajeissa verrattuna Delos testilaitteiston tasapainoindeksiin?

Yläkouluikäisten urheilijoiden dynaamisen testin tulokset ovat näkyvillä taulukossa 2 sekä tulokset havainnollistettuna kuvassa 12 Delos testilaitteiston tasapainoindexin lukuun 90 verrattuna. DSI average -arvon keskiarvotulos oli  $45,86 \pm 10,16$ , minimitulokset oli 21,9 ja maksimitulos oli 66,7, näitä tuloksia hyödynnettiin Delos testilaitteiston dynaamisen testin viitearvojen luomisessa yläkouluikäisille urheilijoille.



Kuva 12. Kokonaisotannan (N = 86) keskiarvotulokset dynaamisessa ja staattisessa testissä verrattaessa Delos testilaitteiston tasapainoindeksin lukuarvoon 90

Taulukko 2. Yläkouluikäisten urheilijoiden tulokset Delos testilaitteiston dynaamisessa testissä

	N	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
DSI average (%)	86	21,9	66,7	45,86	10,16
DSI LEFT (%)	86	24,4	67,7	45,07	10,70
DSI RIGHT (%)	86	19,4	72,2	46,64	11,25
Autonomy L (%)	86	41,1	100,0	85,66	13,93
Autonomy R (%)	86	41,5	100,0	86,59	13,40
Entropy L (°)	86	8,4	25,6	15,08	3,79
Entropy R (°)	86	7,1	28,2	14,59	3,61

Yläkouluikäisten urheilijoiden staattisen testin tulokset ovat näkyvillä taulukossa 3 sekä tulokset havainnollistettuna kuvassa 12 Delos testilaitteiston tasapainoindeksin lukuun 90 verrattuna. Tarkemmat kvalitatiiviset arviot tasapainon tasosta Delos testilaitteistolla yläkouluikäisillä urheilijoilla löytyy pohdintaluvusta.

Taulukko 3. Yläkouluikäisten urheilijoiden tulokset Delos testilaitteiston staattisessa testissä

	N	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
SI average EO (%)	86	57,8	94,1	89,52	4,34
SI average EC (%)	86	39,9	90,1	74,96	9,61
Visual dependence (pp)	86	1,8	36,8	14,56	7,70
SI EO LEFT (%)	86	48,4	94,3	89,34	5,37
SI EO RIGHT (%)	86	67,3	94,7	89,69	3,81
SI EC LEFT (%)	86	41,2	89,5	75,03	10,03
SI EC RIGHT (%)	86	38,5	91,1	74,90	11,67
Autonomy EO L (%)	86	88,4	100,0	99,82	1,32
Autonomy EO R (%)	86	100	100	100,00	0,00
Autonomy EC L (%)	86	78,5	100,0	97,05	5,67
Autonomy EC R (%)	86	56,5	100,0	96,03	6,96

Loimme näiden tulosten pohjalta uudet tasapainoindeksin viitearvot yläkouluikäisille urheilijoille, joita voitaisiin jatkossa käyttää testitulosten arvioinnissa. Maksimipistemäärä testissä on 100, ja Delos testilaitteiston valmiin tasapainoindeksin mukaan (ks. Liite 3.), dynaamisessa testissä tulisi vähintäänkin tavoitella pistelukemaa 70-90. Kyseinen pisteraja on pätevä staattisessa testissä, mutta dynaamisessa testissä raja on huomattu todella korkeaksi nuoremmille testattaville.

Testattavia oli yhteensä 86, testattavien keskiarvo pisteet dynaamisesta testistä oli  $45,86 \pm 10,16$ , korkein pistemäärä oli 66,7 ja alhaisin pistemäärä oli 21,9 (Taulukko 2.). Täten voidaan laskea pisterajat, joista voimme luoda viitearvokehysten tasapainoindeksistä Delos testilaitteiston dynaamiseen testiin n. 12–16-vuotiaille.

Viitearvotaulukkomme mukaan (Taulukko 4.) DSI average -pisteillä 20-30, testistä saisi arvosanan 1, pisteillä 30-40 saisi arvosanan 2, pisteillä 40-50 saisi arvosanan 3, pisteillä 50-60 saisi arvosanan 4 ja yli 60 ylittävät pisteet saisivat täyden arvosanan 5. Viitearvot on perusteltu tutkimukseen osallistuneiden pistekeskiarvoilla ja korkeimmalla- sekä alhaisimmalla pistemäärällä. Tätä viitearvokehystä voidaan hyödyntää, jos a) testattava on 12–16-vuotias b) testaajat käyttävät Delos testilaitteistoa testaukseen, ja heiltä löytyy sama välineistö, jota tässä tutkimuksessa käytettiin ja c) tehtävä testi on Dynamic Riva Test (unconstrained).

Taulukko 4. Viitearvotaulukko 7.-9. luokkalaisille urheilijoille dynaamiseen testiin (unconstrained) Delos testilaitteistolla mitattuna

Pistemäärä (DSI average)	Taso 1-5 (5. Taso paras)
20-30	1 (98 % testatuista)
30-40	2 (86 % testatuista)
40-50	3 (70 % testatuista)
50-60	4 (30 % testatuista)
>60	5 (7 % testatuista)

## 7.2 Millaisia eroja eri lajien välillä on dynaamisen ja staattisen tasapainon tasossa?

Alla olevasta Z-score kaaviosta (Kuva 13.) ja taulukosta 5, voidaan todeta, että taitoluistelijat pärjäsivät Delos laitteen dynaamisessa tasapainotestissä selkeästi keskiarvoa paremmin. Toiseksi parhaiten pärjäsivät jääkiekkoilijat, sitten tenniksen pelaajat ja heikoiten pärjäsivät testeissä teamgym urheilijat.

DSI average -arvo, teamgymin ( $39,57 \pm 8,82$ ,  $N = 17$ ) ja taitoluistelun ( $50,10 \pm 8,63$ ,  $N = 41$ ) ero oli tilastollisesti merkitsevä, taitoluistelijoiden hyväksi ( $P = 0.001$ ), muiden lajien kanssa ei ilmennyt tilastollisesti merkitsevää eroa. Ainoa laji, joka erosi merkitsevästi muista, oli taitoluistelu. Taitoluistelun ero tennikseen ( $42,69 \pm 9,74$ ,  $N = 18$ ) dynaamisessa testissä, oli myös melkein merkitsevä ( $P = 0.038$ ). Muiden lajien välillä ei huomattu merkitsevää tilastollista eroa DSI average -arvossa.

DSI left -arvossa, havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ( $P = 0.002$ ) taitoluistelijoiden tuloksissa ( $49,71 \pm 9,69$ ,  $N = 41$ ), verrattaessa teamgymiin ( $39,14 \pm 8,49$ ,  $N = 17$ ) ja melkein merkitsevä ero ( $P = 0.019$ ) verrattaessa tennikseen ( $41,26 \pm 8,67$ ,  $N = 18$ ).

DSI right -arvossa, ainoa tilastollisesti merkitsevä ero ( $P = 0.006$ ) oli taitoluistelijoiden ( $50,50 \pm 9,30$ ,  $N = 41$ ) ja teamgymin ( $40,01 \pm 11,24$ ,  $N = 17$ ) välillä. Muiden lajien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Autonomy -arvoissa (right ja left) huomattiin tilastollisesti merkitsevä eroavaisuus (Autonomy left  $P = 0.002$  ja Autonomy right  $P < 0.001$ ) taitoluistelijoiden (Left  $90,02 \pm 10,76$  & Right  $91,66 \pm 7,48$ ,  $N = 41$ ) ja teamgymin (Left  $75,91 \pm 17,04$  & Right  $77,34 \pm 18,56$ ,  $N = 17$ ) välillä.

Entropy -arvossa ei havaittu lajien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 5. Dynaamisen testin tulokset eri lajeissa

		N	Keskiarvo	Keskihajonta
DSI average (%)	Teamgym	17	39,57	8,82
	Taitoluistelu *	41	50,10	8,63
	Tennis *	18	42,69	9,74
	Jääkiekko	10	44,84	12,20
	Yht.	86	45,86	10,16
DSI LEFT (%)	Teamgym	17	39,14	8,49
	Taitoluistelu *	41	49,71	9,69
	Tennis *	18	41,26	8,67
	Jääkiekko	10	43,04	13,98
	Yht.	86	45,07	10,70
DSI RIGHT (%)	Teamgym	17	40,01	11,24
	Taitoluistelu *	41	50,50	9,30
	Tennis	18	44,10	12,31
	Jääkiekko	10	46,65	11,70

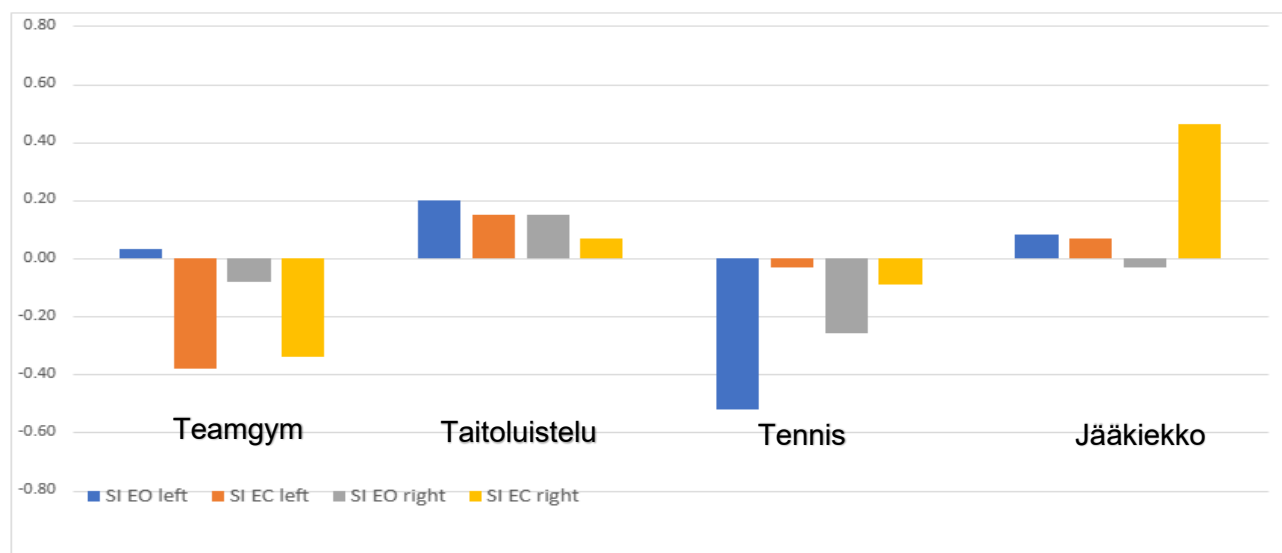


Kuva 13. Z-score kaavio Delos testilaitteiston dynaamisen testin tuloksista (DSI), jalat yhteensä, sekä erikseen vasen- ja oikea jalka, eri lajeissa.

Alla olevasta Z-score kaaviosta (Kuva 14.) ja taulukosta 6 voidaan tulkita, että taitoluistelijat suoriutuivat kaikista staattisista testeistä keskiarvoa (SI average EO =  $89,52 \pm 4,34$ , SI average EC =  $74,96 \pm 9,61$ , N = 86) paremmin (SI average EO =  $90,33 \pm 2,57$ , SI average EC =  $76,15 \pm 7,48$ , N = 41). Mutta jääkiekkoilijat pärjäsivät parhaiten oikean jalan silmät kiinni tehdyissä suorituksissa keskiarvoon ( $74,90 \pm 11,67$ , N = 86) nähden, sekä valtaosassa testeistä keskiarvoa paremmin ( $80,28 \pm 8,81$ , N = 10). Tenniksen pelaajat olivat kaikissa staattisen testin vaiheissa keskiarvon alapuolella, ja pärjäsivät heikoiten molemmissa silmät auki tehtävistä suorituksista keskiarvoon nähden. Teamgym urheilijat puolestaan pärjäsivät keskiarvoa paremmin oikean jalan silmät auki tehtävässä testissä, mutta suoriutuivat muista osa-alueista keskiarvoa heikommin. Teamgym urheilijat suoriutuivat myös heikoiten kaikista lajeista silmät kiinni tehtävissä testeissä, keskiarvoon nähden. Tästä huolimatta, Delos testilaitteen staattisen testin tuloksilla lajien välillä ei löydetty edes melkein merkitseviä eroja ( $P < 0,05$ ). Joten erot lajien välillä staattisten testien tuloksissa voivat olla sattumanvaraisia.

Taulukko 6. Staattisen testin päätulokset eri lajeissa

		N	Keskiarvo	Keskihajonta
SI average EO (%)	Teamgym	17	89,45	2,41
	Taitoluistelu	41	90,33	2,57
	Tennis	18	87,62	8,12
	Jääkiekko	10	89,70	1,84
	Yht.	86	89,52	4,34
SI average EC (%)	Teamgym	17	71,04	9,59
	Taitoluistelu	41	76,15	7,48
	Tennis	18	74,28	14,15
	Jääkiekko	10	78,01	5,98
	Yht.	86	74,96	9,61



Kuva 14. Z-score kaavio Delos testilaitteiston staattisen testin tuloksista, vasemmalla- ja oikealla jalalla, silmät auki ja kiinni, eri lajeissa.

### 7.3 Onko vasemman ja oikean jalan välillä eroavaisuuksia dynaamisessa ja staattisessa testissä?

Tarkasteluun otettiin dynaamisesta testistä DSI left ja right -arvot keskenään ja staattisesta testistä SI EO left ja right -arvot keskenään sekä SI EC left ja right -arvot keskenään. Jalkojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia, kokonaisotannon testien keskiarvotuloksissa (Taulukko 7.).



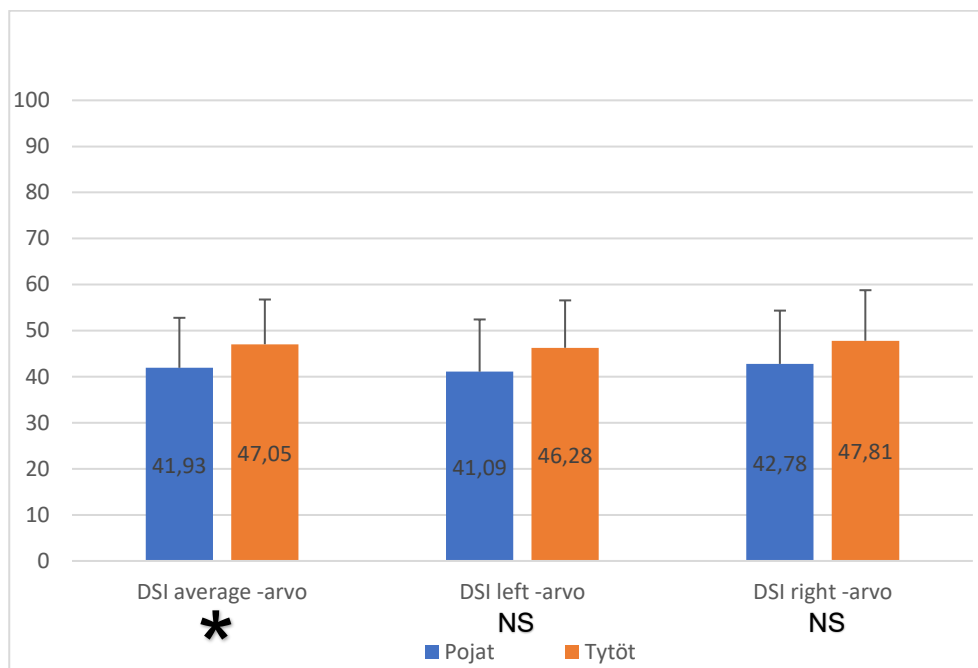
Taulukko 7. Vasemman ja oikean jalan testien keskiarvotulokset ja keskihajonnat

			Keskiarvo	N	Keskihajonta
Pari 1	NS	DSI LEFT (%)	45,07	86	10,70
		DSI RIGHT (%)	46,64	86	11,25
Pari 2	NS	SI EO LEFT (%)	89,34	86	5,37
		SI EO RIGHT (%)	89,69	86	3,81
Pari 3	NS	SI EC LEFT (%)	75,03	86	10,03
		SI EC RIGHT (%)	74,90	86	11,67

#### 7.4 Millaisia eroja tyttöjen ja poikien välillä on dynaamisen ja staattisen testin tuloksissa?

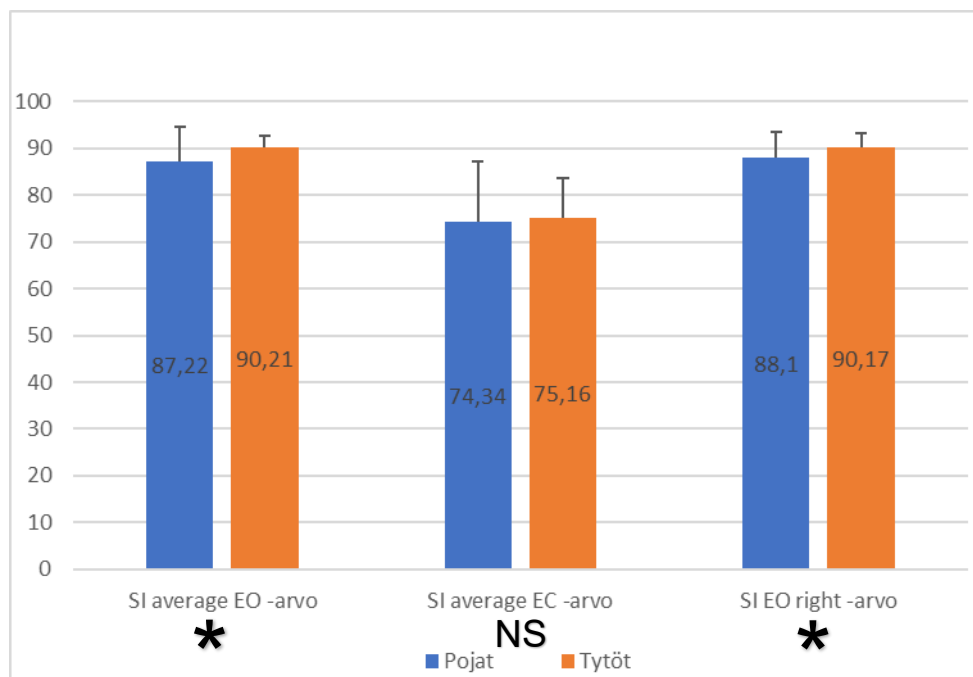
Tutkimuksessa vertailtiin poikien ja tyttöjen välisiä testituloksia dynaamisessa ja staattisessa testissä. Tulokset on saatu vertailemalla poikia tyttöihin.

Dynaamisen testin tuloksien pohjalta luotu kaavio (Kuva 15.) osoitti, että poikien DSI average -arvo ( $41,93 \pm 10,86$ ,  $N = 20$ ), oli tilastollisesti melkein merkitsevästi huonompi ( $P = 0,048$ ) tyttöihin verrattuna ( $47,05 \pm 9,71$ ,  $N = 66$ ) (kuva 18). Entropy left -arvossa pojilla ( $16,72 \pm 4,10$ ,  $N = 20$ ) oli tilastollisesti melkein merkitsevästi ( $P = 0,027$ ) suuremmat tulokset verrattuna tyttöihin ( $14,59 \pm 3,58$ ,  $N = 66$ ), joka viittaa suurempaan huojunnan määrään testin aikana pojilla. Muissa testiarvoissa ei havaittu eroavaisuuksia. Tilastollisesti melkein merkitsevistä eroavaisuuksista voidaan siis havaita, että tytöillä oli paremmat keskiarvotulokset sekä huojuntaa vähemmän vasemmalla jalalla dynaamisessa testissä.



Kuva 15. Kaavio Delos testilaitteiston dynaamisen testin keskiarvotuloksista (average -arvot) sekä vasemman (left) ja oikean (right) jalan tuloksista tytöillä ja pojilla sekä erojen merkitsevyydet

Tulosten mukaan (Kuva 16.) staattisessa testissä pojilla oli tilastollisesti melkein merkitsevästi ( $P = 0,033$ ) huonompi tulos SI EO right -arvossa ( $88,10 \pm 5,37$ ,  $N = 20$ ) verrattuna tyttöihin ( $90,17 \pm 3,09$ ,  $N = 66$ ). SI average EO -arvon pojilla ( $87,22 \pm 7,42$ ,  $N = 20$ ) havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevästi huonompi ( $P = 0,006$ ) verrattuna tyttöihin ( $90,21 \pm 2,53$ ,  $N = 66$ ). Alla oleva kaavio kuvastaa näitä tuloksia (Kuva 16.). Muissa staattisen testin tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia. Näiden tuloksien perusteella pojilla oli huonompi silmät auki tehtävien testien keskiarvotulos, sekä oikealla jalalla silmät auki tehtävien osuuksien keskiarvotulos staattisessa testissä.



Kuva 16. Kaavio Delos testilaitteiston staattisen testin keskiarvotuloksista (average -arvot) sekä oikean (right) jalan tuloksista tytöillä ja pojilla sekä erojen merkitsevyydet

### 7.5 Onko pituudella ja painolla yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?

Osallistujien (N = 86) keskipaino oli  $53,5 \text{ kg} \pm 9,1 \text{ kg}$  ja keskipituus  $162,3 \text{ cm} \pm 7,6 \text{ cm}$ . Tutkimuksessa havaittiin pääasiallisesti heikkoja yhteyksiä ( $r = 0$  ja  $0,3$  tai  $0$  ja  $-0,3$  välillä,  $P < 0,05$ ) pituuden, painon ja Delos testilaitteiston dynaamisen testin tuloksien välillä (Kuva 17.).

Korrelaatiotaulukosta (Kuva 17.) nähdään, että pituudella ei ollut vaikutusta dynaamisen testin tuloksiin.

Korrelaatiotaulukosta (Kuva 17.) voidaan kuitenkin havaita, että suuremmalla painolla havaittiin olevan pieni yhteys DSI average -arvoon ( $r = -0,222$ ,  $P = 0,040$ ,  $N = 86$ ) ja DSI left -arvoon ( $r = -0,262$ ,  $P = 0,015$ ,  $N = 86$ ). Painolla havaittiin olevan yhteys Entropy left -arvoon ( $r = 0,279$ ,  $P = 0,009$ ). Negatiiviset korrelaatiot viittaavat siihen, että suuremmalla painolla oli siis heikentäviä vaikutuksia osaan dynaamisen testin tuloksista.

	Pituus (cm)	Paino (kg)	DSI average (%)	DSI LEFT (%)	Autonomy L (%)	Entropy L (°)	DSI RIGHT (%)	Autonomy R (%)	Entropy R (°)
Pituus (cm)	-								
Paino (kg)	,725**	-							
DSI average (%)	-0,154	-,222*	-						
DSI LEFT (%)	-0,140	-,262*	,922**	-					
Autonomy L (%)	0,003	-0,074	,610**	,662**	-				
Entropy L (°)	0,177	,279**	-,649**	-,710**	0,016	-			
DSI RIGHT (%)	-0,146	-0,152	,930**	,714**	,472**	-,497**	-		
Autonomy R (%)	-0,185	-0,166	,696**	,539**	,717**	-0,062	,743**	-	
Entropy R (°)	0,081	0,070	-,735**	-,547**	-0,078	,668**	-,807**	-,273*	-

Kuva 17. Pearsonin korrelaatiot ja niiden tilastolliset merkitsevyydet pituuden, painon ja testitulosten välillä dynaamisessa testissä

Korrelaatiotaulukosta (Kuva 18.) nähdään, että pituudella ja painolla ei ollut vaikutusta staattisen testin tuloksiin.

	Pituus (cm)	Paino (kg)	SI average EO (%)	SI average EC (%)	Visual dependence (pp)	SI EO LEFT (%)	SI EO RIGHT (%)	SI EC LEFT (%)	SI EC RIGHT (%)	Autonomy EO L (%)	Autonomy EC L (%)	Autonomy EC R (%)
Pituus (cm)	-											
Paino (kg)	,725**	-										
SI average EO (%)	-0,116	-0,093	-									
SI average EC (%)	0,005	0,013	,623**	-								
Visual dependence	-0,072	-0,069	-,214*	-,897**	-							
SI EO LEFT (%)	-0,134	-0,113	,961**	,566**	-0,165	-						
SI EO RIGHT (%)	-0,075	-0,052	,921**	,622**	-,257*	,778**	-					
SI EC LEFT (%)	-0,060	-0,010	,604**	,866**	-,741**	,564**	,583**	-				
SI EC RIGHT (%)	0,060	0,029	,507**	,903**	-,842**	,448**	,524**	,569**	-			
Autonomy EO L (%)	0,004	0,062	0,057	0,030	-0,005	0,152	-0,084	0,123	-0,057	-		
Autonomy EC L (%)	-0,063	0,063	,386**	,537**	-,453**	,388**	,332**	,680**	,301**	,228*	-	
Autonomy EC R (%)	-0,034	-0,016	,278**	,576**	-,563**	,270*	,249*	,353**	,646**	-0,003	,346**	-

Kuva 18. Pearsonin korrelaatiot ja tilastolliset merkitsevyydet pituuden, painon ja testitulosten välillä staattisessa testissä

## 7.6 Onko harjoitteluvuosilla ja harjoittelun määrällä yhteyttä dynaamisen ja staattisen testin tuloksiin?

Testatuiden keskimääräinen harjoitteluvuosien määrä oli 8,27 vuotta  $\pm$  2,64 vuotta, N = 86. Lajiharjoituksia testatuilla oli keskimäärin 6  $\pm$  2,3 kertaa viikossa. Oheis- ja omatoimisharjoittelua testatuilla oli keskimäärin 4,6 kertaa viikossa  $\pm$  2,7 harjoitusta. Nämä yhteenlaskettuna harjoittelun viikkomäärän keskiarvo testatuilla oli 10,6 harjoitusta ( $\pm$  4,6).

Harjoitteluvuosilla havaittiin olevan pieni yhteys DSI average -arvoon ( $r = 0,273$ ,  $P = 0,011$ ,  $N = 86$ ) ja DSI right -arvoon ( $r = 0,219$ ,  $P = 0,043$ ,  $N = 86$ ). Harjoitteluvuosilla havaittiin myös olevan yhteys DSI left -arvoon ( $r = 0,288$ ,  $P = 0,007$ ,  $N = 86$ ), Autonomy left -arvoon ( $r = 0,325$ ,  $P = 0,002$ ,  $N = 86$ ) ja Autonomy right -arvoon ( $r = 0,301$ ,  $P = 0,005$ ,  $N = 86$ ) (Kuva 19.). Tuloksien mukaan harjoitteluvuosien suuremmalla määrällä voi olla yhteys parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä.

Lajiharjoittelumäärällä havaittiin olevan pieni yhteys DSI right -arvoon ( $r = 0,254$ ,  $P = 0,018$ ,  $N = 86$ ) ja Autonomy right -arvoon ( $r = 0,270$ ,  $P = 0,012$ ,  $N = 86$ ). Lajiharjoittelumäärällä havaittiin olevan yhteys DSI average -arvoon ( $r = 0,318$ ,  $P = 0,003$ ,  $N = 86$ ), DSI left -arvoon ( $r = 0,338$ ,  $P =$

0,001, N = 86) ja Autonomy left -arvoon ( $r = 0,356$ ,  $P < 0,001$ , N = 86) (Kuva 19.). Tuloksien mukaan suuremmalla lajiharjoittelumäärällä voi olla yhteys parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä.

Oheis- ja omatoimiharjoittelumäärällä havaittiin olevan pieni yhteys Autonomy left -arvoon ( $r = 0,271$ ,  $P = 0,012$ , N = 86), Entropy left -arvoon ( $r = -0,229$ ,  $P = 0,034$ , N = 86), DSI right -arvoon ( $r = 0,236$ ,  $P = 0,029$ , N = 86) ja Autonomy right -arvoon ( $r = 0,243$ ,  $P = 0,024$ , N = 86). Oheis- ja omatoimiharjoittelumäärällä havaittiin olevan yhteys DSI average -arvoon ( $r = 0,327$ ,  $P = 0,002$ , N = 86) ja DSI left -arvoon ( $r = 0,374$ ,  $P < 0,001$ , N = 86) (Kuva 19.). Tuloksien mukaan suuremmalla oheis- ja omatoimiharjoittelumäärällä voi olla yhteys parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä.

Kokonaisharjoittelumäärällä havaittiin olevan pieni yhteys DSI right -arvoon ( $r = 0,266$ ,  $P = 0,013$ , N = 86). Kokonaisharjoittelumäärällä havaittiin olevan yhteys Autonomy left -arvoon ( $r = 0,338$ ,  $P = 0,001$ , N = 86), Autonomy right -arvoon ( $r = 0,278$ ,  $P = 0,010$ , N = 86) ja DSI average -arvoon ( $r = 0,352$ ,  $P < 0,001$ , N = 86) ja DSI left -arvoon ( $r = 0,389$ ,  $P < 0,001$ , N = 86) (Kuva 19.). Tuloksien mukaan suuremmalla kokonaisharjoittelumäärällä voi olla yhteys parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä.

	Harjoitteluvuodet	Lajiharjoittelumäärä	Oheisharjoittelumäärä	Harjoittelumäärä	DSI average (%)	DSI LEFT (%)	Autonomy L (%)	Entropy L (°)	DSI RIGHT (%)	Autonomy R (%)	Entropy R (°)
Harjoitteluvuodet	-										
Lajiharjoittelumäärä	,557**	-									
Oheisharjoittelumäärä	,568**	,685**	-								
Harjoittelumäärä	,613**	,905**	,930**	-							
DSI average (%)	,273*	,318**	,327**	,352**	-						
DSI LEFT (%)	,288**	,338**	,374**	,389**	,922**	-					
Autonomy L (%)	,325**	,356**	,271*	,338**	,610**	,662**	-				
Entropy L (°)	-0,067	-0,067	-,229*	-0,167	-,649**	-,710**	0,016	-			
DSI RIGHT (%)	,219*	,254*	,236*	,266*	,930**	,714**	,472**	-,497**	-		
Autonomy R (%)	,301**	,270*	,243*	,278**	,696**	,539**	,717**	-0,062	,743**	-	
Entropy R (°)	-0,032	-0,058	-0,105	-0,091	-,735**	-,547**	-0,078	,668**	-,807**	-,273*	-

Kuva 19. Pearsonin korrelaatiot ja tilastolliset merkitsevyydet harjoitteluvuosien, lajiharjoittelumäärän, oheis- omatoimiharjoittelumäärän, kokonaisharjoittelumäärän ja testitulosten välillä dynaamisessa testissä

Harjoitteluvuosilla havaittiin olevan pieni yhteys SI average EC -arvon kanssa ( $r = 0,226$ ,  $P = 0,037$ ,  $N = 86$ ), Visual dependence -arvon kanssa ( $r = -0,275$ ,  $P = 0,010$ ,  $N = 86$ ) ja Autonomy EC left -arvon kanssa ( $r = 0,258$ ,  $P = 0,017$ ,  $N = 86$ ) (Kuva 20.). Tulosten perusteella harjoitteluvuosien suuremmalla määrällä voi olla positiivinen vaikutus staattisen testin tuloksiin.

Lajiharjoittelun ja staattisen testin tulosten välillä ei havaittu yhteyksiä (Kuva 20.).

Oheis- ja omatoimiharjoittelulla havaittiin olevan pieni yhteys Autonomy EO left -arvon kanssa ( $r = -0,242$ ,  $P = 0,025$ ,  $N = 86$ ). Myös kokonaisharjoittelumäärällä havaittiin olevan pieni yhteys Autonomy EO left -arvon kanssa ( $r = -0,245$ ,  $P = 0,023$ ,  $N = 86$ ) (Kuva 20.). Tulosten perusteella suuremmalla oheis- ja omatoimiharjoittelumäärällä sekä kokonaisharjoittelumäärällä voi olla negatiivinen vaikutus silmät auki tehtävän osuuden vasemman jalan autonomiaan (Autonomy left).

	Harjoitteluvuodet	Lajiharjoittelumäärä	Oheisharjoittelumäärä	Harjoittelumäärä	SI average EO (%)	SI average EC (%)	Visual dependence (pp)	SI EO LEFT (%)	Autonomy EO L (%)	SI EC LEFT (%)	Autonomy EC L (%)	SI EO RIGHT (%)	SI EC RIGHT (%)	Autonomy EC R (%)
Harjoitteluvuodet	-													
Lajiharjoittelumäärä	,557**	-												
Oheisharjoittelumäärä	,568**	,685**	-											
Harjoittelumäärä	,613**	,905**	,930**	-										
SI average EO (%)	0,013	-0,190	-0,029	-0,113	-									
SI average EC (%)	,226*	-0,014	0,048	0,021	,623**	-								
Visual dependence (pp)	-,275*	-0,090	-0,076	-0,090	-,214*	-,897**	-							
SI EO LEFT (%)	0,013	-0,209	-0,055	-0,138	,961**	,566**	-0,165	-						
Autonomy EO L	-0,050	-0,206	-,242*	-,245*	0,057	0,030	-0,005	0,152	-					
SI EC LEFT (%)	0,201	-0,051	0,070	0,015	,604**	,866**	-,741**	,564**	0,123	-				
Autonomy EC L	,258*	-0,026	0,021	-0,001	,386**	,537**	-,453**	,388**	,228*	,680**	-			
SI EO RIGHT (%)	0,009	-0,140	0,011	-0,064	,921**	,622**	-,257*	,778**	-0,084	,583**	,332**	-		
SI EC RIGHT (%)	0,198	0,020	0,017	0,020	,507**	,903**	-,842**	,448**	-0,057	,569**	,301**	,524**	-	
Autonomy EC R	0,181	-0,007	0,000	-0,004	,278**	,576**	-,563**	,270*	-0,003	,353**	,346**	,249*	,646**	-

Kuva 20. Pearsonin korrelaatiot ja tilastolliset merkitsevyydet harjoitteluvuosien, lajiharjoittelumäärän, oheis- omatoimiharjoittelumäärän, kokonaisharjoittelumäärän ja testitulosten välillä staattisessa testissä



## 8 Pohdinta

Tutkimuksen oli tarkoitus luoda käsitys yläkouluikäisten urheilijoiden staattisen ja dynaamisen tasapainon tasosta Delos testilaitteistolla mitattuna. Tätä tasoa arvioitiin olemassa olevan Delos testilaitteiston tasapainoindeksin avulla.

Dynaamisessa testissä dynaamisen tasapainon arviointiin vertailuarvona toimii hyvin Delos testilaitteiston dynaamisen testin indeksiluvut välillä 70-90, jotka kuvastavat korkeaa toimintakykyä. Tulosten mukaan yläkouluikäisten urheilijoiden (N = 86) DSI average -arvon keskiarvo oli 45,86 ja keskihajonta 10,16. Tämä osoittaa vähintäänkin sen, että vertailuarvo on hyvin korkea ja sen saavuttaminen osoittautui hankalaksi yläkouluikäisillä urheilijoilla. Myöskään ei voida poissulkea sitä mahdollisuutta, että dynaamisen tasapainon taso on välttävällä tasolla yläkouluikäisillä urheilijoilla Delos testilaitteistolla mitattuna. Jotta tämä voitaisiin todeta, useita eri kohderyhmiä pitäisi testata samalla testillä ja sitten verrata niitä toisiinsa.

Staattisessa testissä vertailuarvona toimii Delos testilaitteiston staattisen testin indeksiluku 90. Molemmissa testin vaiheissa, silmät auki ja silmät kiinni, tavoitellaan tätä lukua. Tulosten mukaan yläkouluikäisillä urheilijoilla (N = 86) SI average EO -arvon keskiarvo oli 89,52 ja keskihajonta 4,34 sekä SI average EC -arvon keskiarvo oli 74,96 ja keskihajonta 9,61. Näiden tulosten ero kuvastaa Visual dependence -arvoa ( $14,56 \pm 7,70$ , N = 86). Visual dependence -arvon merkityksellisyys voi olla lajikohtaista, sekä sen merkityksestä yleisestikin voidaan kiistellä. Kuitenkin proprioseptiikkaa tarkasteltaessa Visual dependence -arvo antaa arvokasta tietoa. Suurimmassa osassa urheilulajeista kaikki suoritukset tehdään kuitenkin silmät auki.

Tuloksista voidaan huomata, että kun silmät suljetaan, staattinen tasapaino heikkenee yhden jalan seisonnassa. Yksilöiden välillä voidaan myös huomata enemmän eroja silmät kiinni tehtävässä vaiheessa kuin silmät auki tehtävässä vaiheessa (SI average EO -arvon keskihajonta 4,34 ja SI average EC -arvon 9,61, N = 86). Tämä oli tietenkin myös oletettavaa, koska tasapainon hallinnasta otettiin visuaalinen palaute pois hetkellisesti, joka yleisesti ottaen vaikuttaa tasapainon hallintaan negatiivisesti (ks. 2.2). Silmät kiinni tehtävä vaihe antaa näin tietoa proprioseptisestä kontrollista, jonka tason arviointi voi olla hyödyllistä tietyissä tilanteissa; kykyjen etsintä ja harjoitettavuus. Silmät auki vaiheessa yläkouluikäiset urheilijat saivat hyvin samankaltaisia pisteitä, sekä pisteiden keskiarvo oli hyvin lähellä arvoa 90.

Sanoisimme siis, että staattisen testin silmät kiinni vaihe voi antaa varteenotettavampia tuloksia kuin silmät auki vaihe. Yläkouluikäisten urheilijoiden staattisen tasapainon taso on hyvällä tasolla Delos testilaitteiston staattisella testillä mitattuna (SI average EO -arvo  $89,52 \pm 4,34$ , N = 86),

mutta proprioseptinen kontrolli yhden jalan seisonnassa, eli silmät kiinni tehtävän vaiheen pisteytys, (SI average EC -arvo  $74,96 \pm 9,61$ ,  $N = 86$ ) jää jonkin verran tavoitellusta pistearvosta 90.

Autonomy -arvot myös antavat kuvaa yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainosta. Autonomy -arvot olivat heikompia yläkouluikäisillä urheilijoilla verrattuna muihin Delos testilaitteiston dynaamisella testillä toteutettuihin tutkimuksiin (Riva ym., 2016). Autonomy -arvoissa pyritään vähintään arvoon 90, jotta päästään tutkimaan varsinaisia tasapaino-ominaisuuksia luotettavasti. Tulokset myös puoltavat ajatusta siitä, että dynaamisessa testissä tasapainon hallintastrategiat eivät ole riittäneet tasapainon ylläpitoon ilman tukea yläkouluikäisillä urheilijoilla ( $N = 86$ ), sillä Autonomy left -arvon keskiarvo oli 85,66 ja keskihajonta 13,93 ja Autonomy right -arvon keskiarvo 86,59 ja keskihajonta 13,40. Tulokset jäivät siis keskiarvollisesti alle mainitun arvon 90.

Delos testissä alhaisten autonomia pisteiden (alle 90 %) on ehdotettu vääristävän tuloksia (How Delos works – DELOS INTERNATIONAL, s.a). Tarkoittaako tämä sitä, että tuloksia ei voida hyödyntää tasapainon tason määrittämisessä alhaisen Autonomy -arvojen takia? Mielestämme ei täysin, sillä korrelaatiotaulukoiden mukaan (Esimerkiksi Kuva 18. ja Kuva 19.) Autonomy -arvojen ja testien keskiarvotulosten (average -arvot) välillä oli yhteyksiä staattisen testin silmät kiinni tehtävässä osiossa sekä dynaamisessa testissä ( $r = 0,537-0,696$ ,  $P < 0,01$ ,  $N = 86$ ). Yhteyksien mukaan testitulokset huonontuivat Autonomy -arvojen laskiessa sekä toisinpäin. Tässä tutkimuksessa huonoimman autonomian pistekeskiarvon saaneet, pärjäsivät muissakin dynaamisen testin mittareissa selkeästi heikoiten (paitsi Entropy -arvon suhteen eli huojunnassa). Tämä tarkoittaa sitä, että Autonomy -arvo määrittää testeistä saatavia tuloksia, jolloin tasapainon tasoa voidaan silti arvioida. Toki on siis hyvä muistaa myös se, että Entropy -arvojen käyttö tasapainon arvioinnissa voi tuottaa epäluotettavia päätelmiä Autonomy -arvojen ollessa alhaisia. Staattisen testin silmät auki tehtävän vaiheen tuloksissa ei havaittu yhteyttä Autonomy -arvoihin, koska ne olivat kaikilla hyvin korkeat tässä osiossa (Autonomy EO left -arvo  $99,82 \pm 1,32$ ,  $N = 86$ , Autonomy EO right -arvo  $100,00 \pm 0,00$ ,  $N = 86$ ). Tämä kertoo myös sitä, että Delos testilaitteiston staattisen testin silmät auki tehtävä vaihe on helppo suorittaa ilman käsitukea ja dynaaminen testi on vaikea suorittaa ilman käsitukea (ks. aiemman kappaleen Autonomy -arvot dynaamisessa testissä). Vähintäänkin yläkouluikäisten urheilijoiden tulokset osoittivat näin.

Oletuksemme on, että alhainen autonomia vaikuttaa huojunnan määrään vähentävästi, koska silloin käsitukea on käytetty paljon, jolloin vartalon saa vakaammaksi käsiä käyttäen. Käsituen käyttäminen vähentää kuitenkin muiden testien osa-alueiden tuloksia huomattavasti ja täten meidän tutkimuksessamme alhainen autonomian määrä ei mitä todennäköisimmin ole vaikuttanut tuloksiin niitä vääristävästi. Jos tutkimuksessa mitattaisiin Delos testilaitteistoa käyttäen huojuntaa, tai

haluttaisiin seurata nilkan asentoja tarkemmin tasapainoa hakiessa dynaamisessa testissä, tulisi silloin kiinnittää arvioinnissa enemmän huomiota autonomian alhaiseen lukemaan.

Lisää tutkimuksia kaivataan aiheesta, jotta voidaan vetää luotettavia johtopäätöksiä esimerkiksi testien sopivuudesta, huomion kohteista, testien mahdollisista tulevaisuuden käyttötarkoituksista ja soveltamisesta eri kohderyhmille. Mutta tutkimuksen tuloksien valossa voidaan todeta, että yläkouluikäisten dynaamisen tasapainon taso, ainakin Deloksen tasapainoindeksin mukaan, on heikolla tasolla. Staattinen tasapaino puolestaan oli yleisesti melko hyvällä tasolla. Ehdotamme siis, että yläkouluikäisten urheilijoiden harjoittelun tulisi sisältää säännöllistä dynaamista tasapainoharjoittelua. Aiemmat tutkimukset ehdottavat, että pitkällä aikavälillä toteutetulla ja säännöllisellä harjoittelulla, saavutettaisiin paras harjoitusvaste (Schifftan, Ross & Hahne, 2015).

Eri urheilulajien kesken, parhaan DSI average -arvon saivat taitoluistelijat ( $50,10 \pm 8,63$ ,  $N = 41$ ) ja toiseksi parhaan tuloksen saivat jääkiekkoilijat ( $44,84 \pm 12,19$ ,  $N = 10$ ). Näistä tuloksista voidaan tulkita, että lajit, joissa alustana toimii epästabiili alusta, kuten jää, ovat yleensä parempia dynaamisen tasapainon testissä Delos testilaitteistolla mitattuna. Voidaan myös olettaa, että luistelulajien hyvää tasapainoa selittää myös osittain se, että näissä lajeissa täytyy jatkuvasti osata tasapainotella pienemmällä tukipinnalla (luistimen terä). Nämä ovat kuitenkin vain oletuksia, joita ei voida täysin todentaa tämän tutkimuksen avulla. Taitoluistelijoiden tasoa verrattaessa jääkiekkoilijoihin, taitoluistelijoiden lievä paremmuus voi johtua siitä, että yhden jalan varassa oleminen pidemmän aikaa, on vielä lajinomaisempaa, kuin jääkiekossa. Täten tulokset olivat hieman parempia taitoluistelijoiden, vaikka eivät tilastollisesti merkitseviä. Tätä selittää tasapainon tehtäväspesifisyyden periaate. On myös todennäköistä, että taitoluistelussa harjoittelussa kiinnitetään enemmän huomiota myös dynaamisen tasapainon kehittämiseen, kuin muissa testatuissa lajeissa.

Jokaisessa lajissa keskiarvotulokset olivat korkeampia oikealla jalalla tehdyissä suorituksissa, kuin vasemmalla jalalla tehdyissä suorituksissa. Tämä tulos kertoo sen, että testattavista suurimmalla osalla oikea jalka on ollut vahvempi kuin vasen. Tilastollisia merkitsevyyksiä ei kuitenkaan havaittu jalkojen välillä ( $P > 0.05$ ). On yleistä, että jokaisella toinen jaloista on enemmän tai vähemmän vahvempi kuin toinen. Lajeissa, kuten taitoluistelu ja jääkiekko, on yleistä, että toinen jaloista kehittyy vahvemmaksi johtuen lajeille ominaisista suorituksista. Esimerkiksi taitoluistelijoina testattaessa havaittiin, että usein toinen jaloista oli selkeästi vahvempi. Testien jälkeisessä vapaassa keskustelussa osallistujan kanssa ilmeni se, että useimmissa tilanteissa tasapainon suhteen vahvempi jalka oli urheilijan käyttämä alastulojalka laskeutuessa esimerkiksi hypystä. Jääkiekkoilijoilla vastaavalaista toispuoleisuutta voi taas syntyä riippuen pelaajan kätisyydestä. Laukaisuhetkellä paino siirtyy yhden jalan varaan. Leftin pelaajilla paino siirtyy useimmiten oikealle jalalle ja rightin pelaajilla vasemmalle jalalle. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että maila lisää maahan yhden tukipisteen, ja

näin muuttaa tukipintaa. Tämän takia käytetty tukijalka on yleensä vakaampi, kuin toinen jalka. Vastaavasti tenniksessä taas lajinomaiset askellusmallit tuottavat melko tasaisesti rasi- tusta molemmille jaloille. Urheilijan monipuolisen ja tasapainoisen kehittämisen näkökulmasta sekä lajista ja sille ominaisista liikkeistä riippumatta olisi myös tärkeää harjoittaa heikompaa jalkaa, jotta liian suu- ria puolieroja ei pääsisi syntymään.

Teamgym urheilijoiden heikkoa menestystä dynaamisessa testissä voi osittain selittää harjoittelu- vuosien määrä testatuilla teamgym urheilijoilla. Testatuiden teamgymiläisten keskiarvo harjoittelu- vuosissa oli 4,3 vuotta. Taitoluistelijoilla vastaava luku oli 9,6 vuotta, tenniksen pelaajilla 8,2 vuotta ja jääkiekkoilijoilla 8,9 vuotta. Kuten jo aiemmin tutkimustuloksissa on mainittu, harjoitteluvuosilla havaittiin muun muassa pieni yhteys ( $r = 0,288$ ,  $P = 0,007$ ,  $N = 86$ ) parempiin DSI left -arvoihin sekä dynaamisen testin Autonomy left ( $r = 0,325$ ,  $P = 0,002$ ,  $N = 86$ ) ja Autonomy right ( $r = 0,301$ ,  $P = 0,005$ ,  $N = 86$ ) -arvoihin. Harjoitteluvuosilla oli myös pieni positiivinen vaikutus ( $r = 0,273$ ,  $P = 0,011$ ,  $N = 86$ ) DSI average -arvon tuloksiin. Voidaan siis olettaa, että kauemmin urheilua harrasta- neella on paremmat edellytykset pärjätä dynaamisen tasapainon testissä Delos testilaitteistolla. Oletusta siitä, että kauemmin harrastaneella olisi automaattisesti parempi dynaaminen tasapaino, ei kuitenkaan voida tämän datan perusteella tehdä, sillä sen toteaminen vaatisi muiden tasapaino- testien tekoa, sillä tämä tutkimus osoittaa vain Delos testilaitteiston dynaamisen testin osalta kysei- set tulokset.

Vaikka eroja staattisessa testissä syntyikin eri lajien välille, eivät erot olleet tilastollisesti merkitse- viä ( $P > 0.05$ ). Uskomme tämän johtuvan testin luonteesta. Delos testilaitteiston staattinen testi ei ole mielestämme, eikä saatujen tuloksien valossa erityisen hyvä tapa vertailla staattisen tasapai- non tasoa yläkouluikäisillä urheilijoilla. Syntyneet eroavaisuudet testattavien kesken olivat pieniä, jolloin lajien ja yksilöiden välinen vertailu keskenään on hankalaa. Tietoa ei välttämättä voida näin ollen hyödyntää tasapainon tutkimisessakaan tässä kohderyhmässä, sillä staattinen testi ei tuo esille eroavaisuuksia yksilöiden välillä juurikaan. Kenties suuremmalla otannalla tai toisessa koh- deryhmässä, tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia voitaisiin havaita. Analysoinnissa havaittiin, että esimerkiksi tutkimuksessa käytetyllä otannan koolla, saattoi olla vaikutusta siihen, ettei staatti- sessa testissä havaittu lajien välillä tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia. Tämän todettuamme haluamme kuitenkin painottaa, että staattinen testi on varmasti toimiva tapa mitata staattisen tasa- painon tasoa ja sen kehitystä. Mutta testi ei välttämättä sovellu kovin hyvin urheilijoiden keskinäi- seen vertailuun tai tasapainon tason arviointiin. Kuten aiemmin tutkimuksessa jo mainittiin, testiä voitaisiin hyvinkin hyödyntää kykyjen etsinnässä urheilulajeissa, joissa korkealla proprioseptiikan tasolla on havaittu yhteys korkeaan kilpailutasoon (Han ym., 2014, 159), sillä Delos testilaitteiston staattisen testin silmät kiinni tehtävä vaihe on hyvä tapa tutkia testattavan proprioseptiikan tasoa. Näin voitaisiin havaita lahjakkaita urheilijoita, ja tunnistaa niitä, jotka tarvitsisivat erityishuomiota

tasapainoon ja sen harjoittamiseen. Eroja yksilöiden välillä havaittiin enemmän silmät kiinni testin SI average EC -arvoissa ( $74,96 \pm 9,61$ ,  $N = 86$ ), kun taas silmät auki testin SI average EO -arvoissa ei niinkään ( $89,52 \pm 4,34$ ,  $N = 86$ ). Kykyjen etsinnän näkökulmasta proprioseptiikan taso ennustaa myös hyvää harjoitettavuutta, sillä korkeampi proprioseptiikan taso mahdollistaa paremman keuhonhallinnan ja näin tukee esimerkiksi taidon oppimista. Näin urheilija pystyy esimerkiksi toteuttamaan sekä tuntemaan kehossaan paremmin valmentajan antamien ohjeistuksien mukaisia liikkeitä uuden taidon harjoittamisen alusta alkaen.

Vaikkakin tilastollisesti merkitseviä tuloksia ei löydetty staattisessa testissä lajien välillä, voidaan kuitenkin nostaa esiin eräs mielenkiintoinen data lajien välisestä vertailusta. Kuten opinnäytetyön kuvasta 17 ilmenee, jääkiekossa testattavat pärjäivät silmät kiinni osiossa parhaiten. Heillä silmät kiinni testin keskiarvotulos oikealla jalalla oli  $80,28 \pm 8,81$ ,  $N = 10$ , tenniksen pelaajilla  $73,85 \pm 15,46$ ,  $N = 18$ , taitoluistelijoilla  $75,72 \pm 10,30$ ,  $N = 41$  ja teamgymiläisillä  $70,88 \pm 11,05$ ,  $N = 17$ . Jääkiekkoilijoilla oli myös parhaat SI average EC -arvot ( $78,01 \pm 5,98$ ,  $N = 10$ ). Tulosten valossa voitaisiin siis tulkita, että jääkiekkoilijoilla visuaalinen riippuvuus (Visual dependence) oli kaikista vähäisintä ja proprioseptiikan taso oli korkein staattista testiä tarkasteltaessa. Staattisten testien tuloksia analysoidessa ei löydetty kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä eroja lajien välillä, joten tätä ei voida täysin todeta. Jääkiekkoilijoiden oikean jalan paremmasta proprioseptisestä kontrollista voidaan olettaa, että suurin osa testatuista pelaajista olivat kenties leftin puolen pelaajia, sillä heillä yleensä oikea jalka toimii tukijalkana, jolloin sen hallinta ilman näköaistia voi olla helpompaa. Vain kahdella testatulla jääkiekkoilijalla kymmenestä, vasen jalka oli silmät kiinni testissä parempi kuin oikea. On kuitenkin erittäin vaikeaa todeta, mistä voisi johtua jääkiekkoilijoiden paremmuus muihin lajeihin verrattuna silmät kiinni tehdyissä testeissä, koska muissa testeissä taitoluistelijat olivat lähes poikkeuksetta parempia.

Tutkimuksessa jalkojen välillä ei havaittu tilastollisesti millään lailla merkitseviä eroavaisuuksia. Jalkojen välisiä eroja olisi mielestämme syytä silti tutkia tarkemmin lajikohtaisesti, kuten osoitimme aiemmassa kappaleessa esimerkiksi jääkiekon kohdalla. Jalkojen välisiä suhteita voitaisiin tutkia esimerkiksi lajisuorituksissa.

Tutkimuksen sukupuolien välisessä vertailussa testitulosten suhteen havaittiin vain muutama tilastollisesti merkitsevä eroavaisuus. Vertailussa pojilla havaittiin tilastollisesti merkitsevästi ( $P = 0,006$ ) huonompi tulos vain SI average EO -arvossa ja muut havainnot molemmissa testeissä olivat tilastollisesti melkein merkitsevästi ( $P = 0,033-0,48$ ) huonompia verrattuna tyttöihin. Tulokset kuitenkin osoittivat suuntaa sukupuolien välisille eroavaisuuksille. Tyttöillä oli pääasiallisesti paremmat tulokset sekä staattisessa että dynaamisessa testissä. Tilastollisia merkitsevyyksiä voitaisiin havaita enemmän jälleen kenties suuremmalla otannalla. Ongelmakohtana sukupuolten välisessä

vertailussa tutkimuksessamme voidaan nähdä tyttöjen ja poikien edustukset kokonaisuotannassa (tyttöjä 66 ja poikia vain 20). Myös lajien sisäinen vertailu poikien ja tyttöjen välillä voisi tuottaa luotettavampia tuloksia poikien ja tyttöjen välisistä eroista tasapainossa vähintäänkin lajikohtaisesti.

Aiemmat tutkimukset ovat myös osoittaneet tyttöjen ja poikien välillä olevan eroavaisuuksia tasapainon tasossa. Martan ja kollegoiden (Marta ym., 2012) tutkimuksessa havaittiin tyttöjen olevan poikia parempia tasapainon suhteen. Tyttöjen ja poikien väliset erot tasapainossa selittyvät pitkälti yksilöllisillä eroilla ja sillä, missä fyysisen kehityksen vaiheessa vertailtavat yksilöt ovat. Tutkimuksessamme näitä pieniä eroavaisuuksia tuloksissa ja tuloksien yleistä kallistumista tyttöjen paremmuuteen selittää kuitenkin todennäköisesti valitsemamme lajit ja niiden sukupuolijakauma. Tutkimuksessa tyttöjä oli tenniksestä 8, taitoluistelusta 41 ja teamgymistä 17. Poikia oli tenniksestä 10 ja jääkiekosta 10. Suurin osa tytöistä oli siis taitoluistelun puolelta, joka lajina edusti parhaita testituloksia.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös pituuden, painon ja testitulosten välisiä yhteyksiä. Vaikka kappaleen pituus mekaanisesti vaikuttaakin kappaleen tasapainoon, tutkimustulosten mukaan pituuden ja dynaamisen testin tuloksilla ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä ( $r < 0,2$ ,  $P > 0.05$ ). Painon ja dynaamisen testin tulosten välillä kuitenkin havaittiin tilastollisesti melkein merkitseviä ja merkitseviä yhteyksiä ( $P = 0,009-0,040$ ). Korrelaatiot olivat silti heikkoja ( $r = -0,262-0,279$ ). Tuloksiamme mukaan suuremmalla painolla on siis huonontava vaikutus dynaamisen testin tuloksiin. Tämä on siis päinvastainen havainto tasapainon mekaanisiin tekijöihin nähden, joiden mukaan suurempi paino parantaa kappaleen tasapainoa (Kalaja & Kalaja, 2022). Ihmisten kohdalla tämä ei siis täysin pidä paikkaansa, ainakaan tässä testissä. Kuitenkin sanoisimme, että ihmisen tasapainon hallinnan kontekstissa ja nykyisen tutkimustiedon valossa painon vaikutus tasapainoon on ainakin osittain siitä kiinni, mistä paino koostuu eli kehonkoostumuksesta (McGraw ym., 2000; Greve ym., 2007). Suurempi lihasmassa voi mahdollistaa paremman kehonhallinnan tason, sillä se on kudesta, millä pystytään tuottamaan voimaa (tasapainon säilyttämiseen tähtääviä liikkeitä). Rasvamassaa taas ei oikeastaan voi tarkoituksenmukaisesti hyödyntää tasapainoa vaativaan tehtävään. Toki poikkeuksia tässäkin on. Esimerkiksi ulkoisien voimien vaikuttaessa kehoon, suurempi paino (välittämättä siitä, mistä se koostuu) voi olla hyödyllinen osatekijä tasapainon säilyttämisessä. Jälleen hyvä esimerkki tästä voisi olla taklauksen vastaanotto jääkiekossa tai amerikkalaisessa jalkapallossa.

Staattisen testin tuloksien ja pituuden ja painon välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä ( $r < 0,2$ ,  $P > 0.05$ ). Staattisessa testissä ei havaittu suuria eroja kokonaisuotannassakaan (SI average EO -arvon keskihajonta 4,34). Staattisen testin silmät auki tehtävä vaihe ei jälleen havainnollista hyvin eroja yksilöiden tai ryhmien välillä (ainakaan tällä otannalla tässä kohderyhmässä).

Haluamme silti mainita sen, että pituuden ja painon ja testitulokset näyttivät kuitenkin samanlaista suuntaa mahdollisille merkitseville yhteyksille; suurempi pituus ja paino vaikuttavat potentiaalisesti negatiivisesti tasapainoon.

Pituuden ja painon pitäisi myös teoriassa vaikuttaa tasapainoon, sillä ne vaikuttavat tasapainon mekaanisiin tekijöihin. Pituus määrittää osittain painopistettä ja paino lisää inertiaa vartaloon. Kuitenkin aiemmassa kappaleessa tuotiin esille useamman eri tutkimuksen osoittavan suuremman kehonpainon vaikuttavan negatiivisesti tasapainokykyihin. Testituloksemme puoltavat heikosti tätä havaintoa.

Vaikka vahvoja yhteyksiä ei havaittukaan pituuden, painon ja testitulosten välillä, on jälleen tärkeä tarkastella näiden muuttujien vaikutusta tasapainoon lajikohtaisesti ja yksilökohtaisesti. Tasapainon suhteen on hyvä siis huomioida yläkouluikäisten urheilijoiden mahdollinen nopea pituuskasvu, jonka mukana myös paino nousee. Pituuden ja painon kasvu voivat tuoda nuorelle urheilijalle haasteita tasapainoon, jolloin voisi olla siis entistä aiheellisempää lisätä tasapainoharjoitteita harjoitteluun.

Tutkimuksessa myös selvitettiin harjoitteluvuosien ja -määrien yhteyttä testituloksiin. Tutkimustuloksista huomattiin, että harjoitteluvuosilla ja -määrillä oli vaihtelevia mahdollisia positiivisia vaikutuksia dynaamisten testien kaikkiin osa-alueisiin ( $r = -0,229-0,389$ ,  $P = < 0,001-0,043$ ). Myös osan staattisen testin tuloksien ja harjoitteluvuosien ja -määrien välillä havaittiin pieniä yhteyksiä ( $r = -0,275-0,258$ ,  $P = 0,010-0,037$ ).

Kuten aiemmin mainitsimme, teamgym urheilijat menestyivät heikoiten dynaamisessa tasapainotestissä, ja heillä oli myös keskiarvallisesti vähiten harjoitteluvuosia (4,3 vuotta). Harjoitteluvuosia keskiarvallisesti eniten, oli puolestaan taitoluistelijoilla (9,6 vuotta), ja he pärjäsivät parhaiten dynaamisessa tasapainotestissä. Ja kuten aiemmin myös mainittiin, harjoitteluvuodet korreloivat vähintäänkin tilastollisesti melkein merkitsevästi lähes kaikkien dynaamisten testien tulosten kanssa (ks. 7.6). Harjoitteluvuosilla havaittiin myös olevan pieni yhteys ( $P = 0,037$ ) staattisen testin SI average EC -arvon kanssa ( $r = 0,226$ ), sekä alhaisemman Visual dependence -arvon kanssa ( $r = -0,275$ ,  $P = 0,010$ ). Näiden tulosten valossa voidaan tehdä johtopäätös siitä, että harjoitteluvuosien määrällä on pieni yhteys parempiin tuloksiin Deloksen dynaamisessa testissä sekä staattisessa testissä silmät kiinni. Silmät kiinni testin tulos voisi mahdollisesti viitata edistyneempään proprioseptiikan tasoon kauemmin harjoitelleilla. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat sen, että kauemmin harjoitelleilla on paremmat mahdollisuudet ennaltaehkäistä nilkan seudun urheiluvammoja, joka voi myös viitata korkeampaan nilkan proprioseptiikan tasoon (Schiftan, Ross & Hahne, 2015, 242). Voi myös olla mahdollista, että yksinkertaisesti pidemmällä urheilutaustalla on saavutettu parempi kehonhallinnan, aistinvaraisen tasapainon ja nilkan hallinnan taso (Han ym., 2014, 160), joka

on johtanut haastavammassa testeissä parempiin tuloksiin. Sillä kuten aiemmin on mainittu, proprioseptiikan spesifi harjoittaminen on kyseenalaistettua (Kümmel ym., 2016, 1271), ja tällöin on myös hankalaa todeta sen tason yhteyttä harjoitteluvuosiin. Tämän toteaminen vaatisi lisätutkimuksia.

Lajiharjoittelun määrällä havaittiin olevan myös tilastollisesti melkein merkitsevä korrelaatio lähes kaikkien dynaamisen testin osa-alueiden kanssa (ks. 7.6). Korkeammalla lajiharjoitusten määrällä viikossa on siis yhteys dynaamisen testin tuloksiin Delos testilaitteistolla mitattuna ( $r = 0,254-0,356$ ,  $P = < 0,001-0,018$ ,  $N = 86$ ). Tämä voi olla seurausta siitä, että useammin harjoitteleva saa luonnollisesti enemmän lajinomaisia toistoja, joihin useasti kuuluu tasapaino-ominaisuuksia kehittäviä komponentteja, vaikka lajiharjoitteluun ei tietoisesti sisällytettäisikään erillistä tasapainoharjoittelua. Nämä asiat tukevat tehtäväspesifisyys periaatteella toteutettua tasapainoharjoittelua, perinteisen tasapainoharjoittelun sijaan. Useammin viikossa lajiharjoittelua tekevä kehittää myös tehokkaammin lajinomaista tasapainoaan. Esimerkiksi tenniksen kämmenlyönnin tasapainoinen asento ja painonsiirto. Ja tämän ominaisuuden korkean tason voisi kuvitella johtavan myös parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä, sillä monet lajispesifit liikkeet ovat nimenomaan dynaamisia ja vaativat sille ominaista tasapainon hallintaa. Tätä näkemystä puoltaa myös se, että staattisen testin tuloksiin Delos testilaitteistolla mitattuna ei havaittu yhteyttä lajiharjoittelun määrän kanssa.

Myös oheis- ja omatoimiharjoittelulla havaittiin pieni yhteys parempiin tuloksiin dynaamisessa testissä (DSI average,  $r = 0,327$ ,  $P = 0,002$ ,  $N = 86$ ). Voisi kuvitella, että samat syyt, joiden vuoksi lajiharjoittelulla oletettavasti on vaikutusta dynaamisen testin tuloksiin, pätevät myös oheis- ja omatoimisessa harjoittelussa. Oheis- ja omatoimiharjoittelulla havaittiin myös pieni negatiivinen vaikutus Delos testilaitteiston staattisten testien Autonomy EO left – arvoon ( $r = -0,242$ ,  $P = 0,025$ ,  $N = 86$ ). Muihin staattisen testin tuloksiin ei havaittu vaikutusta.

Kokonaisharjoittelun määrällä, eli lajiharjoituksilla ja oheis- ja omatoimiharjoituksilla yhteensä, havaittiin myös positiivinen yhteys DSI average -arvon kanssa ( $r = 0,352$ ,  $P < 0,001$ ). Myös kokonaisharjoittelun määrällä havaittiin pieni negatiivinen yhteys Delos testilaitteiston staattisten testien autonomy EO left – arvoon ( $r = -0,245$ ,  $P = 0,023$ ,  $N = 86$ ). Näiden tulosten valossa voidaan sanoa, että mitä enemmän harjoituksia urheilijalla on viikossa, tai mitä useamman vuoden hän on harjoitellut, sitä paremmin hän todennäköisesti pärjää Delos testilaitteiston dynaamisessa testissä. Voidaan siis tehdä oletus siitä, että dynaaminen tasapaino kehittyy korkean harjoitusmäärän seurauksena, mutta staattinen tasapaino ei niinkään. Päinvastoin harjoittelumäärällä havaittiin olevan mahdollisesti pieni yhteys staattisen testin silmät auki tehtävän osuuden vasemman jalan autonomian heikompiin tuloksiin.



Tutkimuksen deskriptiivisen datan avulla luotiin myös tarpeelliseksi toteamamme yläkouluikäisille urheilijoille suunnattu viitearvotaulukko Delos testilaitteiston dynaamiselle testille (Taulukko 4). Viitearvojen luomista voidaan muun muassa perustella sillä, että fysiologiset tekijät vaikuttavat suuresti nuorten tasapaino-ominaisuuksiin, aikuisiin verrattuna, esimerkiksi vestibulaarinen tasapaino ei ole vielä täysin kehittynyt yläkouluikäisillä (Kuva 5). Myös tulosten alhainen taso tukee viitearvojen aiheellisuutta. Tasapainon hallintastrategiat vaihtelevat yläkouluikäisten urheilijoiden kohdalla mahdollisesti kasvuvaiheen takia (Shumway-Cook & Woollacott, 1985, 147). Tulokset osoittavat, että tasapainon hallinta ei ole ollut riittävää dynaamisessa testissä. Aikuisille urheilijoille tehdyissä tutkimuksissa Delos testilaitteiston dynaamisessa testissä, osallistujat ovat pärjänneet huomattavasti paremmin, ja eivät muun muassa joutuneet käyttämään testin aikana käsitukea ollenkaan (Riva ym., 2016). Uusien viitearvojen luominen yläkouluikäisille oli siis mielestämme tarpeellista.

Viitearvotaulukon avulla voidaan arvioida testattavaa suhteessa saman ikäluokan otantaan, joka koostettiin yläkouluikäisistä eri lajien urheilijoista. Näin dynaamisen tasapainon tasoa Delos testilaitteistolla mitattuna, voidaan arvioida tarkemmin kuin Deloksen valmiilla tasapainoindeksillä voitaisiin tässä kohderyhmässä. Tästä huolimatta Delos testilaitteisto antaa testattavalle paljon muuta hyödyllistä dataa, jota ei kannata jättää huomiotta, kuten nilkan ja vartalon asentojen tarkastelu testin aikana, sekä jalkojen mahdolliset puolierot. Viitearvot on luotu sitä varten, että jatkossa yläkouluikäisten testitulokset voitaisiin suhteuttaa oman ikäluokan tasoon ja näin saadaan parempi kuva dynaamisen tasapainon tasosta vertaisiin nähden. Tätä viitearvokehystä tulee käyttää kuitenkin kriittisesti, sillä se on koostettu vain tutkimukseen osallistuneiden urheilijoiden tuloksista. Myös taulukon arvosana 5, joka on saavutettavissa pistemäärän 60 ylittävillä suorituksilla, voi olla edistyneemmällä testiryhmällä jopa liian alhainen. Uskomme, että taulukkoa voitaisiin vielä jatkokehittää siten, että arvosana 5 vaatisi vielä korkeamman pistemäärän dynaamisesta testistä. Mutta tämä vaatisi laajempaa jatkotestausta yläkouluikäisillä, jotta voidaan määritellä pisteiden yläraja. Ehdotamme siis, että vaikka taulukkomme mukaan arvosana 5 on saavutettavissa tuloksilla >60, niin urheilijan tulisi tavoitella vielä korkeampaa tulosta saavuttaakseen halutun dynaamisen tasapainon tason. Tutkimuksetkin suosivat korkeampia tuloksia esimerkiksi korkeamman toimintakyvyn näkökulmasta (Riva, ym., 2019, 8). Tästä huolimatta, uskomme että viitearvokehiksemme on vähintäänkin suuntaa antava ja hyödyllinen tuotos, joka selkeyttää Deloksen dynaamisen tasapainon testausta ja sen tulkintaa yläkouluikäisille urheilijoille ja heidän valmentajilleen. Dynaaminen testi kuitenkin erottelee hyvin nuoret urheilijat toisistaan. Kuten aiemmin kirjallisuuskatsauksessamme on mainittu, kehittyneemmällä tasapainolla ja proprioseptiikalla voidaan ennaltaehkäistä urheiluvammojen syntymistä (Schiftan, Ross & Hahne, 2015), sekä parantaa suorituskykyä urheilussa (Hrysonmallis, 2011), ja Delos testilaitteistolla voidaan hyvin seurata näitä ominaisuuksia. Se voi myös olla oletettavaa, että aikuisilla urheiluvammojen esiintyvyys on suurempaa, koska kehoon kohdistuvat voimat ovat suurempia, jolloin myös esimerkiksi dynaamisen tasapainon tason on

oltava korkeammalla tasolla urheiluvammojen ennaltaehkäisevän vaikutuksen saavuttamiseksi. Matalampikin testitulos dynaamisessa testissä voisi kenties saada aikaan nuorilla ennaltaehkäisevän vaikutuksen verrattuna aikuisiin.

Tutkimuksessamme noudatimme tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) ohjeistusta ja hyvän tieteellisen käytännön (HTK) menettelytapoja. HTK:n peruseriaatteita ovat luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) | Tutkimuseettinen neuvottelukunta). Testausten toimintaympäristö oli ennalta tuttu valtaosille testattavista (Vierumäen urheiluhallin testaukset). Testaajat mainitsivat testattaville aina ennen testejä, että testit ovat vapaaehtoisia, ja ne voi keskeyttää missä tahansa vaiheessa halutessaan. Osallistujien data ja tulokset otettiin talteen Microsoft Excel-taulukkoon aina välittömästi testin jälkeen, testeistä saatua dataa käsiteltiin anonymisti ja tulokset tuotiin ilmi siten, että osallistujat säilyttivät anonymiteetin myös valmiissa tuotoksessa. Taulukkoon, testilaitteistoon ja niissä olevaan dataan pääsivät käsiksi vain kolme henkilöä. Testaukset toteuttaneet opiskelijat ja testiasemalla työskennellyt henkilö, joka oli apunamme ja osana toimeksiantajien työryhmää. Tutkimuksen aineistonkeruussa noudatettiin tietosuoja-asetuksen (GDPR) mukaisia säännöksiä.

Suunniteltaessa tutkimuksen toteutusta yhdessä toimeksiantajiemme kanssa, pyrimme huomioimaan parhaamme mukaan aiemmat tasapainoon liittyvät tutkimukset ja sen, mitä niissä oli havaittu.

Tutkimus on tarkoitus julkaista Haaga-Helia opinnäytetyönä theseukseen. Noudatimme tutkimuksen analysointia ja teoriapohjaa tehdessämme Haaga-Helian tutkimuksellisen opinnäytetyö ohjeistuksia.

Tutkimuksen merkityksellisyyttä on vielä tässä vaiheessa hankala arvioida, mutta tulokset ja data, jota tutkimus on tuottanut, voivat edistää ymmärrystä tasapainosta ja siitä, miten se ilmenee yläkoulukäisillä urheilijoilla. Tutkimus myös antaa hyvää lisäarvoa Delos testilaitteiston käytölle, tulevaisuuden tasapainomittauksiin. Ja koska tutkimuksen on tarkoitus olla osana laajempaa tasapainotaitoon liittyvää tutkimushanketta, toivon mukaan se tuo merkittävän lisän kokonaisuuteen. Se, kuinka merkittävä osa hanketta opinnäytetyö tulee olemaan, ei kyetä vielä sanomaan.

Ehdotamme, että yläkoulukäisten tasapainoa tulisi tutkia lisää, erityisesti Delos testilaitteistoa hyödyntäen. Laitteistolla on mielestämme paljon potentiaalia olla tehokas tutkintaväline erityisesti dynaamisen tasapainon mittarina. Lisää tutkimuksia vaaditaan myös mielestämme siitä, kyetäänkö samankaltaisella tai suuremmalla otannalla löytämään merkitseviä eroja laitteiston staattisen testin tuloksiin. Tutkimukseen olisi hyvä ottaa yläkoulukäisiä ja testattavat voisi koota eri lajeista kuin tässä tutkimuksessa. Tutkimuksessa olisi hyvä huomioida samat yksilölliset muuttujat, kuin tässä

tutkimuksessa, lisäksi jos mahdollista, niin myös kilpailutason yhteyttä voitaisiin tutkia yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon ja proprioseptiikan tasoon. Sillä aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet yhteyden hyvän proprioseptiikan ja korkean kilpailutason välillä urheilussa.

Mielestämme Delos testilaitteistolla voitaisiin tutkia myös tarkemmin sitä, millaisia eroja aikuisten ja nuorten välillä testituloksissa on. Tutkimuksen voisi toteuttaa samoilla testeillä ja menetelmillä, mutta otantaan voisi ottaa joko eri ikäisiä saman urheilulajin edustajia tai eri ikäisiä tavallisia ihmisiä, joilla ei ole erityisempää urheilutaustaa. Näin voitaisiin tutkia tarkemmin sitä, onko tasapaino-ominaisuuksilla ikään sidonnaista yhteyttä, kuten tutkimuksemme ja aikaisempi tietopohja ehdottavat. Näiden yhdistelmällä voitaisiin myös selvittää urheilutaustan merkitystä tasapainoon tarkemmin.

Tasapainoharjoittelun vaikutuksia voitaisiin myös tutkia Delos testilaitteiston avulla. Testattavaksi otettaisiin ryhmä, joka tekisi säännöllisen ajan X-määrän tasapainoharjoitteita viikossa, esimerkiksi staattisia ja dynaamisia, ja toinen ryhmä toimisi kontrollina. Ryhmien lähtötaso ja yksilölliset muutokset tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan, jotta harjoittelun vaikutusta voitaisiin arvioida. Testeinä voisi käyttää samoja testejä, joita tässä tutkimuksessa käytettiin.

## 8.1 Oman oppimisen arviointi

Opinnäytetyöprojektimme vaiheiden kulkua voisi kuvailla hieman epänormaaliksi, jos verrataan muihin tutkimuksiin, joihin olemme tutustuneet projektin aikana. Toimeksiannon jälkeinen suunnitteluvaihe, joka kesti marraskuusta tammikuun alkuun, sisälsi tiedoksianto pohjan ja ilmoituksen yläkoululeirien osallistujille ja heidän perheilleen valmistelun, jonka avulla saimme testausluvut tulevilta osallistujilta. Määrittelimme tutkimuskysymykset sekä tavoitteellisen otos kokomme, jonka oli tarkoitus olla vähintään 20 urheilijaa / lajileiri. Suunnitteluvaiheessa tutustuimme myös testilaitteistoon, ja harjoittelimme sen käyttöä. Opettelimme myös testien toteutusta sekä tulosten tulkintaa. Testaukset alkoivat tammikuun puolessa välissä teamgym yläkoululeiriläisten testeillä, ja ensimmäisen leirien testaukset sujuivat todella hyvin, ja aikataulutuksen kanssa ei ollut juurikaan ongelmia, lukuun ottamatta muutamia muutoksia sairastapausten vuoksi. Tammi-helmikuu akselilla testasimme taitoluistelijat ja tennispelaajat, näillä leireillä tuli myös joitakin muutoksia osallistujiin ja aikatauluihin, erinäisien syitten takia. Muutoksista huolimatta, myös näiden lajileirien kohdalla testaukset sujuivat hyvin, ja yhteistyö lajileirien koordinoijien kanssa oli sujuvaa, tästä olemme kiitollisia. Maaliskuussa toteutimme viimeiset testaukset jääkiekon yläkoululeirin kanssa. Tasapainotestauksien integrointi jääkiekon yläkoululeiriin oli huomattavasti hankalampaa kuin muissa lajeissa, joten saimme testattavaksi vain 10 jääkiekkoilijaa, vaikka halukkaita osallistujia olisi ollut yli 30. Mutta tästä huolimatta, myös jääkiekkoilijoiden osalta testaukset sujuivat hyvin. Pienestä otannasta huolimatta heistä saatiin kerättyä tutkimusta varten hyödyllistä dataa. Viimeisten testauksien

jälkeen, testien tulokset kerättiin yhteen ja aloitimme analysoimaan tuloksia. Samalla myös aloitimme tämän opinnäytetyön kirjoittamisen ja teoriapohjan luomisen. Jälkeenpäin ajateltuna olimme voineet kirjoittaa teoriapohjaa jo samalla, kun toteutimme testauksia. Tämä olisi ollut ajallisesti tehokkaampaa ja se olisi varmasti myös nopeuttanut tulosten analysointia, sillä osaamisemme aiheesta on karttunut erittäin paljon teoriapohjan kirjoittamisen myötä. Opinnäytetyön kirjoittaminen oli meille aluksi haasteellista, mutta mitä pidemmälle työ eteni, sitä mielenkiintoisempaa ja helpompaa kirjoittamisesta tuli. Kirjoittamisprosessissa jaoin vastuualueet tasaisesti ja tapasimme myös viikoittain, jolloin työstimme yhteisiä aihepiirejä ja sparrailimme toisiamme omista aiheistamme.

Opimme tämän opinnäytetyöprosessin aikana erittäin paljon tasapainosta, siihen vaikuttavista tekijöistä sekä erilaisista harjoitusmenetelmistä ja niiden mahdollisista vaikutuksista. Opimme myös itse toteuttamaan tutkimustyyppisen projektin ja ymmärrämme nyt paremmin, mitä vaiheita hyvä tutkimus pitää sisällään. Opimme myös mitä hyvän tutkimuksen tekeminen tarkoittaa esimerkiksi eettisyyden näkökulmasta. Myös tilastolliset laskelmat, tulosten analysointi ja merkitsevyyksien selvittäminen olivat meille miltei täysin uusia taitoja, joihin saimme paljon oppia tämän projektin aikana.

## Lähteet

Ahonen, J. *ym.*, (1998) *Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu*. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Aman, J.E. *ym.*, (2015) "The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: A systematic review," *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(JAN), s. 1. Luettavissa: <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2014.01075/ABSTRACT>.

Arnold, B. L., & Schmitz, R. J. (1998). Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *Journal of Athletic Training*, 33(4), s. 323–327. Luettavissa: <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/16558529/>

Bahr, R. & Krosshaug, T. (2005) "Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport," *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), s. 324–329. Luettavissa: <https://doi.org/10.1136/BJSM.2005.018341>.

Behm, D.G. *ym.*, (2015) "Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis," *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(12), s. 1645–1669. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0384-X>.

Dix, M.R. & Hallpike, C.S. (1952) "The Pathology, Symptomatology and Diagnosis of Certain Common Disorders of the Vestibular System," *Journal of the Royal Society of Medicine*, 45(6), s. 341–354. Luettavissa: [https://doi.org/10.1177/003591575204500604/AS-SET/003591575204500604.FP.PNG\\_V03](https://doi.org/10.1177/003591575204500604/AS-SET/003591575204500604.FP.PNG_V03).

Dizon, J.M.R. & Reyes, J.J.B. (2010) "A systematic review on the effectiveness of external ankle supports in the prevention of inversion ankle sprains among elite and recreational players," *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), s. 309–317. Luettavissa: <https://doi.org/10.1016/J.JSAMS.2009.05.002>.

Ergen, E. & Ulkar, B. (2008) "Proprioception and Ankle Injuries in Soccer," *Clinics in Sports Medicine*, 27(1), s. 195–217. Luettavissa: <https://doi.org/10.1016/J.CSM.2007.10.002>.

Fairman, J.G. (1996) *Balance Of Forces*. Luettavissa: [https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/WindTunnel/Activities/balance\\_of\\_forces.html](https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/WindTunnel/Activities/balance_of_forces.html) (Luettu: 4.5.2024).

Galetti Prata, M.I. *ym.*, (2012) "Correlation between balance and the level of functional independence among elderly people," *Sao Paulo Medical Journal*, 130(2), s. 97–101. Luettavissa: <https://doi.org/10.1590/S1516-31802012000200005>.

Gallahue, D. & Donnelly, F. (2007) *Developmental physical education for all children*. 4. painos. Champaign: Human Kinetics.

Gebel, A. ym., (2018) "Effects and Dose–Response Relationship of Balance Training on Balance Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis," *Sports Medicine*, 48(9), s. 2067–2089. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0926-0/METRICS>.

Greve, J. ym., (2007) "Correlation between body mass index and postural balance," *Clinics*, 62(6), s. 717–720. Luettavissa: <https://doi.org/10.1590/S1807-59322007000600010>.

Han, J. ym., (2014) "Sport attainment and proprioception," *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(1), s. 159–170. Luettavissa: <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.159>.

Hirabayashi, S. ichi & Iwasaki, Y. (1995) "Developmental perspective of sensory organization on postural control," *Brain and Development*, 17(2), s. 111–113. Luettavissa: [https://doi.org/10.1016/0387-7604\(95\)00009-Z](https://doi.org/10.1016/0387-7604(95)00009-Z).

Hirtz, P. (1988) *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Berlin: Volk und Wissen.

Horváth, Á. ym., (2023) "The measurement of proprioceptive accuracy: A systematic literature review," *Journal of Sport and Health Science*. Elsevier B.V., s. 219–225. Luettavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.04.001>.

*How Delos works – DELOS INTERNATIONAL* (s.a.). Luettavissa: <https://www.delos-international.com/how-delos-works/> (Luettu: 25.4.2024).

Hrysomallis, C. (2011) "Balance ability and athletic performance," *Sports Medicine*, 41(3), s. 221–232. Luettavissa: <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000/METRICS>.

Hupperets, M.D.W., Verhagen, E.A.L.M. & Van Mechelen, W. (2008) "The 2Bfit study: is an unsupervised proprioceptive balance board training programme, given in addition to usual care, effective in preventing ankle sprain recurrences? Design of a randomized controlled trial," *BMC musculoskeletal disorders*, 9. Luettavissa: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-9-71>.

Hupperets, M.D.W., Verhagen, E.A.L.M. & Van Mechelen, W. (2009) "Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial," *BMJ*, 339(7715), s. 276–278. Luettavissa: <https://doi.org/10.1136/BMJ.B2684>.

*Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) | Tutkimuseettinen neuvottelukunta* (s.a.). Luettavissa: <https://tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk> (Luettu: 30.4.2024).

Iheanacho, F. & Vellipuram, A.R. (2023) *Physiology, Mechanoreceptors*. Luettavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541068/> (Luettu: 28.4.2024).

Jaakkola, T. (2021) *Tasapaino : Harjoitteita motoristen taitojen kehittämiseksi*. Jyväskylä: PS-kustannus.

Jerosch, J. & Prymka, M. (1996) "Proprioception and joint stability," *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 4(3), s. 171–179. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/BF01577413>.

Kalaja, S. & Kalaja, T. (2022) *Kehonhallinta : liikuntataitojen oppiminen ja harjoittelu*. E-kirja. Lahti : VK-Kustannus Oy.

Kauranen, K. & Nurkka, N. (2022) *Liikkumisen biomekaniikkaa*. Helsinki: Otavan Kirjapaino Oy.

Kümmel, J. ym., (2016) "Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis," *Sports Medicine*, 46(9), s. 1261–1271. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0515-Z/METRICS>.

Ledin, T. & Ödkvist, L.M. (1993) "Effects of Increased Inertial Load in Dynamic and Randomized Perturbed Posturography," *Acta Oto-Laryngologica*, 113(3), s. 249–252. Luettavissa: <https://doi.org/10.3109/00016489309135802>.

Leppänen, M. ym., (2023) *UPDATED RECOMMENDATIONS FOR THE PREVENTION OF PHYSICAL ACTIVITY-RELATED INJURIES IN ADOLESCENTS-ON BEHALF OF THE PARIPRE PROJECT PARTNERS PHYSICAL ACTIVITY-RELATED INJURIES PREVENTION IN ADOLESCENTS (PARIPRE)*. Luettavissa: [www.paripre.eu](http://www.paripre.eu).

*Liikehallinta - UKK-instituutti* (2023). Luettavissa: <https://ukkinstituutti.fi/fyysinen-kunto/kunnon-osaluueet/liikehallinta/> (Luettu: 2.5.2024).

Lloyd, R.S. & Oliver, J.L. (2012) "The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development," *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), s. 61–72. Luettavissa: <https://doi.org/10.1519/SSC.0B013E31825760EA>.

Marta, C.C. ym., (2012) "Physical fitness differences between prepubescent boys and girls," *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), s. 1756–1766. Luettavissa: <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31825BB4AA>.

- McGraw, B. *ym.*, (2000) "Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(4), s. 484–489. Luettavissa: <https://doi.org/10.1053/MR.2000.3782>.
- McGuine, T.A. & Keene, J.S. (2006) "The Effect of a Balance Training Program on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletes," *American Journal of Sports Medicine*, 34(7), s. 1103–1111. Luettavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546505284191>.
- Miner, D. G., Harper, B. A., & Glass, S. M. (2020). Validity of Postural Sway Assessment on the Biodex BioSway™ Compared With the NeuroCom Smart Equitest. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 516–520. Luettavissa: <https://doi.org/10.1123/JSR.2020-0227>
- Mohammadi, F. (2007) "Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players," *American Journal of Sports Medicine*, 35(6), s. 922–926. Luettavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546507299259>.
- Muehlbauer, T., Gollhofer, A. & Granacher, U. (2015) "Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis," *Sports Medicine*, 45(12), s. 1671–1692. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0390-Z/TABLES/3>.
- Pfeiffer, C., Serino, A. & Blanke, O. (2014) "The vestibular system: A spatial reference for bodily self-consciousness," *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8(APR), s. 64. Luettavissa: <https://doi.org/10.3389/FNINT.2014.00031/BIBTEX>.
- Purves, D. *ym.*, (2012) *Neuroscience*. 5. painos. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- Riva, D. *ym.*, (2016) "Proprioceptive Training and Injury Prevention in a Professional Men's Basketball Team: A Six-Year Prospective Study," *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), s. 461–475. Luettavissa: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001097>.
- Riva, D. *ym.*, (2019) "Effects of High-Frequency Proprioceptive Training on Single Stance Stability in Older Adults: Implications for Fall Prevention." Luettavissa: <https://doi.org/10.1155/2019/2382747>.
- Sandström, M. & Ahonen, J. (2011) *Liikkuva ihminen : aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka*. Lahti : VK-Kustannus Oy.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E., Toverud, K. C., Bjålie, J. G. & Hekkanen, R. (2011). *Ihminen: Fysiologia ja anatomia*. 2. laitos. WSOYpro Oy. Helsinki



Schifftan, G.S., Ross, L.A. & Hahne, A.J. (2015) "The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis," *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(3), s. 238–244. Luettavissa:

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.005>.

Schmidtbleicher D. (2004) Training for power events. *Strength and power in sport*. Komi PV, editor. Oxford, Blackwell. s. 95–381.

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M.H. (1985) "The growth of stability: Postural control from a developmental perspective," *Journal of Motor Behavior*, 17(2), s. 131–147. Luettavissa:

<https://doi.org/10.1080/00222895.1985.10735341>.

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M.H. (2016) *Motor Control. Translating research into clinical practice*. 5. painos. Philadelphia: LWW.

Stolt, M., Saarikoski, R., Väyrynen, P., Lepistö, J. & Väyrynen, P. (2016). *Terveet jalat*. 6., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim.

Tedeschi, R. (2023) "Assessment of Postural Control and Proprioception Using the Delos Postural Proprioceptive System," *Reabilitacijos mokslai: slauga, kineziterapija, ergoterapija*, 2(29), s. 96–112. Luettavissa: <https://doi.org/10.33607/RMSKE.V2I29.1428>.

Tropp, H. & Odenrick, P. (1988) "Postural control in single-limb stance," *Journal of Orthopaedic Research*, 6(6), s. 833–839. Luettavissa: <https://doi.org/10.1002/JOR.1100060607>.

Verhagen, E. ym., (2004) "The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial," *American Journal of Sports Medicine*, 32(6), s. 1385–1393. Luettavissa: <https://doi.org/10.1177/0363546503262177>.

Vuurberg, G. ym., (2018) "Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline," *British Journal of Sports Medicine*, 52(15), s. 956–956. Luettavissa: <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2017-098106>.

Yläkoululeiritys - Vierumäki (s.a.). Luettavissa: <https://vierumaki.fi/ylakoululeiritys> (Luettu: 2.4.2024).

## **Liitteet**

### **Liite 1. Tutkimustiedote yläkoululeiriläisille & heidän huoltajille**

#### **Tutkimustiedote: Yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainokartoitus neljässä eri lajissa**

##### **Opinnäytetyön kuvaus ja aineiston kerääminen**

Aineiston keräämisellä halutaan ensisijaisesti selvittää yläkouluikäisten urheilijoiden tasapainon tasoa sekä luoda näiden pohjalta viitearvot yläkouluikäisten tasapainon tason arvioimiseen. Tulemme myös keräämään esitietoja osallistujista (sukupuoli, ikä, laji, harjoitteluvuodet ja harjoittelumäärä). Esitietojen avulla pyritään tunnistamaan eri tekijöitä, jotka vaikuttavat tasapainoon.

Aineistoa kerätään Vierumäellä Delos-testilaitteella, jolla mitataan tasapainoominaisuuksia. Delos-testilaitteella tulemme tekemään dynaamisen testin sekä silmät kiinni tehtävän staattisen testin. Delos-testin tekemistä varten laitteelle syötetään osallistujasta seuraavat tiedot: nimi, ikä, sukupuoli, pituus ja paino. Esitietojen kerääminen tapahtuu lomakkeen täytöllä testauksen yhteydessä. Aineiston keruu kestää kokonaisuudessaan n. 30min. Aineiston kerääminen toteutetaan yläkoululeirityksissä alkuvuodesta 2024, ja osallistujat valitaan satunnaisesti eri lajien yläkoululeirien sisältä. Henkilötietoja käsitellään voimassa olevan tietosuojalainsäädännön mukaisesti. Tuloksia käsitellään anonyymisti suurena joukkona eikä yksittäisinä suorittajina. Opinnäytetyöraportti julkaistaan Theseus-verkkokirjastossa opinnäytetyön valmistuttua.

##### **Opinnäytetyön merkitys ja osallistumisen hyödyt**

Vierumäen urheilun osaamisyhteisön taito/taitavuus teemaryhmä on ottanut yhteiseksi ensimmäiseksi tavoitteeksi tuottaa erilaisten tutkimushankkeiden kautta lisädataa tasapainotaidosta urheilijoilla. Opinnäytetyömme on tarkoitus olla osana laajempaa tasapainotaitoon liittyvää tutkimushanketta. Tutkimukseen osallistuminen tukee testattavan lajin kehitystä parantamalla käsitystä tasapainotaidon merkityksestä lajissa. Testauksen avulla testattava saa myös arvokasta tietoa tasapainotasostaan. Tasapainon on tutkimusten mukaan osoitettu olevan yhteydessä mm. Urheiluvammojen ennaltaehkäisyyn.

##### **Tutkimukseen osallistumisesta kieltäytyminen**

Jos ette halua, että nuori osallistuu opinnäytetyön aineiston keräämiseen, olkaa yhteydessä opinnäytetyöntekijöihin. Muussa tapauksessa viestiin ei tarvitse vastata ja täten hyväksytte tutkimukseen osallistumisen. Nuori voi milloin tahansa keskeyttää osallistumisensa tutkimukseen.

##### **Opinnäytetyön tekijät:**

Veikka Nieminen: veikka.nieminen@myy.haaga-helia.fi

Oskari Kukkonen: oskari.kukkonen@myy.haaga-helia.fi

**Opinnäytetyön ohjaaja:**

Kimmo Kantosalo: kimmo.kantosalo@haaga-helia.fi

**Opinnäytetyön toimeksiantaja:**

Suomen Urheiluopiston kannatusosakeyhtiö, yhteyshenkilöinä Heidi Borg ja Ari Murole,  
heidi.borg@vierumaki.fi ja ari.murole@vierumaki.fi.

Ystävällisin terveisin,

Haaga-Helia AMK Liikunnanohjaajaopiskelijat,

Veikka Nieminen ja Oskari Kukkonen

## **Liite 2. Testaajien ohjeistus tasapainotestauksien toteuttamiseen:**

### **Ohjeet testattavalle**

#### **Staattinen testi:**

Testin kulku:

Yleisohjeita:

#### **TESTATTAVA VOI MISSÄ TAHANSA VAIHEESSA KESKEYTTÄÄ OSALLISTUMISENSA!**

Ilmassa oleva jalka lantion alapuolella perusasennossa. (näytä miten ei saa hakea mielellään tasapainoa). Kädet tukitangon yllä kevyessä koukussa tai sivuilla kylkien myötäisesti. Ei heilutella käsiä ylhäällä tms. \*Demonstroij\*. Testi suoritetaan paljain jaloin. Tasapainon hakemiseen voi käyttää tukitankoa ottamalla käsin siitä tukea, mielellään ilmassa olevaa jalkaa ei tulisi käyttää maassa testin aikana. Tukitangon käyttö huonontaa tuloksia, mutta sitä täytyy käyttää tarvittaessa. Testin aikana testaajat voivat huomauttaa, jos osallistuja hakee tasapainoaan edellä mainituilla ei-toivotuilla tavoilla. Muutoin testin aikana testaajat eivät anna palautetta, mutta voivat mainita aikamääreitä ennen suorituksia. Testin jälkeen osallistuja saa tietoa omasta tasapainon tasostaan.

Ennen testiä kerätään henkilötietoja osallistujien nimestä, iästä, sukupuolesta, painosta (mitataan testin yhteydessä), pituus (mitataan testin yhteydessä), harjoitteluvuodet lajin parissa & nykyinen \*harjoittelun määrä (kysytään erilliselle paperille). Henkilötietoja säilytetään tutkimuksen tuloksien analysoimista varten, ja tiedot hävitetään tutkimuksen valmistuttua. Tutkimuksen tulokset julkaistaan nimettömästi.

\*Harjoittelun määrä = lajiharjoitukset + oheiset / viikko

#### **Staattinen testi**

Aloituksen jälkeen 5sec aikaa valmistautua ensimmäiseen suoritukseen. Ensin suoritetaan silmät auki vasemmalla jalalla seisten 20sec. 15sec tauko. Sitten silmät auki oikealla jalalla 20sec. 15sec tauko.

Tauon jälkeen suoritetaan silmät kiinni vasemmalla jalalla seisten 20sec. 15sec tauko. Sitten silmät kiinni oikealla jalalla seisten 20sec. 15sec tauko. Sama toistetaan vasemmalla jalalla. 15sec tauko. Sama toistetaan oikealla jalalla. Testi loppuu.

#### **Dynaaminen testi**

Aloituksen jälkeen 5sec aikaa valmistautua ensimmäiseen suoritukseen. Ensin astutaan tasapainolaudan keskelle vasemmalla jalalla 30sec tasapainottelu. 15sec tauko. Oikealla jalalla sama 30sec. 15sec tauko. Vasen ja oikea uudelleen samoilla aikamääreillä. Testi loppuu.

## Liite 3. Delos laitteiston valmis tasapainoindeksi

