



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

# Tasapainoharjoittelun vaikutus tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla

Niko Löytäinen

Liikuntalääketiede

Itä-Suomen yliopisto

Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

19.4.2023

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta

Lääketieteen laitos

Liikunta- ja urheilulääketiede

Löytäinen, Niko: Tasapainoharjoittelun vaikutus tasapainotilanteen aikaiseen kognitioon 10–12 -vuotiailla lapsilla

Opinnäytetutkielma, 45 sivua

Tutkielman ohjaajat, dos. Mika Venojärvi, TtM Julia Kettinen

Huhtikuu 2023

**Asiasanat:** kognitio, tasapaino, jalkapallo, tasapainoharjoittelu

Jalkapallossa on useita pelitilanteita, joissa pelaaja tarvitsee hyvää tasapainoa ja kognitiota. Tutkimukset ovat osoittaneet, että korkeamman tason pelaajilla on alemmpitasoisia verrokkejaan paremmat kognitiiviset kyvyt. Tasapainoharjoittelulla puolestaan on mahdollista kehittää lajitaito-ominaisuuksia. Tämän pro gradu tutkielman tavoitteena oli selvittää, miten tasapainoharjoittelu vaikuttaa tasapainotilanteen aikaiseen kognitioon 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla.

Tutkimukseen osallistui yhteensä 32 jalkapalloa harrastavaa lasta. Keski-ikä koko otoksella, kontrolli- ja interventioryhmällä oli 11 vuotta. Tutkittavat jaettiin interventio- (n=17) ja kontrolliryhmään (n=15). Alku- ja loppumittauksen välillä interventioryhmä suoritti 6 vko harjoitusohjelman ja kontrolliryhmä jatkoi harjoittelua tavallisesti. Tutkittavilta mitattiin kognitiota Trail Making Test (TMT) A -testillä, tasapainotilanteen aikaista kognitiota HUR-TMT A -testillä, lajitaitoja suunnanmuutostestillä ja Loughborough Soccer Passing Testillä (LSPT) sekä tasapainoa tasapainotestillä.

HUR-TMT A -testissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos molemmilla ryhmillä (interventioryhmä:  $-7,3 \pm 6,8$   $p=0,001$ ; kontrolliryhmä:  $-8,6 \pm 4,3$   $p<0,001$ ). Suunnanmuutostestin osalta kontrolliryhmä ( $-0,16 \pm 0,18$   $p=0,008$ ) paransi tulostaan, kun taas interventioryhmällä ( $-0,16 \pm 0,32$   $p=0,059$ ) tilastollisesti merkitsevää muutosta ei havaittu. LSPT:ssä interventioryhmä

paransi suoritustaan aika- ( $-9,3 \pm 11,9$   $p=0,006$ ), tarkkuus- ( $1,7 \pm 3,0$   $p=0,037$ ) ja yliaikamuuttujan ( $-9,8 \pm 11,9$   $p=0,004$ ) osalta. Kontrolliryhmällä tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu. Tässä tutkimuksessa muuttujien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. Ryhmien sisäisiä vertailuja tarkasteltaessa havaittiin kuitenkin tasapainottelutilanteen aikaisen kognition parantuneen molemmilla ryhmillä. Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole yleistettävissä muihin kohderyhmiin. Jatkossa aihetta tulisi tutkia pidempikestoisemmilla ja intensiivisemmällä interventioilla erilaisissa kohderyhmissä.

University of Eastern Finland, Faculty of Health Sciences

School of Medicine

Sports and Exercise Medicine

Löytäinen, Niko: The Effect of Balance Training on Cognitive Skills During a Balancing Situation in 10-12-Year-Old Soccer Players

Thesis, 45 pages

Supervisors: PhD, adjunct professor. Mika Venojärvi, M.Sc. Julia Kettinen

April 2023

**Keywords:** balance, cognition, soccer, balance training

There are several game situations in soccer where a player needs good balance and cognition. Studies have shown that higher level players have better cognitive abilities than lower-level players. With balance training, on the other hand, it is possible to develop soccer related skills. The aim of this master thesis was to find out how balance training affects cognition during a balancing situation in 10-12-year-old soccer players.

A total of 32 children playing soccer participated in the study. The average age of the entire study sample, control and intervention group was 11 years. The subjects were divided into an intervention group (n=17) and a control group (n=15). Between the initial and final measurements, the intervention group completed a 6-week training program and the control group continued training as usual. Subjects were measured for cognition with the Trail Making Test (TMT) A test, cognition during the balancing situation with the HUR-TMT A test, soccer related skills with the change of direction test and the Loughborough Soccer Passing Test (LSPT), and balance with a one-leg balance test using HUR powerplate.

In the HUR-TMT A test, a statistically significant change was observed in both groups (intervention group:  $-7.3 \pm 6.8$   $p=0.001$ ; control group:  $-8.6 \pm 4.3$   $p<0.001$ ). Regarding the change of direction test, the control group ( $-0.16 \pm 0.18$   $p=0.008$ ) improved its result, while the intervention group ( $-0.16 \pm 0.32$   $p=0.059$ ) showed no statistically significant change. In the LSPT, the

intervention group improved their performance in time ( $-9.3 \pm 11.9$   $p=0.006$ ), accuracy ( $1.7 \pm 3.0$   $p=0.037$ ) and overtime variables ( $-9.8 \pm 11.9$   $p=0.004$ ). No statistically significant differences were observed in the control group. In this study, no statistically significant difference between the groups was found between the variables. However, when examining the comparisons within the groups, it was found that the cognition during the balancing situation improved in both groups. The results of this study cannot be generalized to other target groups. Future studies need to study the topic with longer and more intensive interventions in different target groups.

## Sisältö

1	Johdanto .....	7
2	Kirjallisuuskatsaus .....	9
	2.1 Jalkapallon lajivaatimukset .....	9
	2.2 Jalkapallo lasten ja nuorten harrastuksena.....	9
	2.3 Tasapaino .....	10
	2.3.1 Vestibulaarinen järjestelmä.....	11
	2.3.2 Somatosensorinen järjestelmä .....	11
	2.3.3 Visuaalinen järjestelmä.....	11
	2.4 Tasapainoharjoittelu .....	12
	2.5 Liikunta ja kognitio lapsilla .....	13
	2.6 Kognitio.....	13
	2.6.1 Alemman tason kognitio.....	14
	2.6.2 Ylemmän tason kognitio .....	16
	2.6.3 Kognitio ja motorinen toimintakyky lapsilla.....	17
3	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	19
	3.1 Tutkimuskysymykset.....	19
4	Aineisto ja menetelmät .....	20
	4.1 Aineisto .....	20
	4.2 Menetelmät .....	20
	4.2.1 TMT A sekä HUR-TMT A -testi.....	22
	4.2.2 Suunnanmuutostesti, LSPT ja tasapainotesti.....	23

4.3 Tutkimusasetelma .....	23
4.4 Tilastolliset menetelmät .....	24
4.5 Tutkimuksen eettiset näkökulmat ja tietosuojat .....	24
5 Tulokset .....	26
5.1 Tutkittavien taustatiedot .....	26
5.2 Interventio- ja kontrolliryhmien väliset muutokset intervention aikana .....	26
5.3 Interventio- ja kontrolliryhmien sisäiset muutokset .....	28
6 Pohdinta .....	30
6.1 Tulosten tarkastelu.....	30
6.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	34
6.3 Tulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet.....	36
7 Johtopäätökset .....	38

# 1 Johdanto

Jalkapallo on maailmanlaajuisesti suosituin laji ja sitä harrastaa 250 miljoonaa pelaajaa 200 eri maassa (World Population Review 2022). Jalkapallo on Suomen suosituin urheilulaji ja sillä onkin yksi suurimmista harrastajapohjista valtakunnallisesti (Suomen palloliitto 2022a). Lajin harrastajia on tällä hetkellä noin 140 000 (Suomen palloliitto 2022b). Suomen palloliiton (2022a) mukaan UEFA social return on investment (SROI) -mallinnus on arvioinut suomalaisen juniiori- ja harrastejalkapallo toiminnalla olevan 1,94 miljardin euron arvo suomalaiselle yhteiskunnalle. Kyseessä on siis yhteiskunnallekin merkittävä harrastus lasten ja nuorten näkökulmasta.

Jalkapallolle ominaista on nopeasti muuttuvat ja vauhdikkaat tilanteet. Täten voisi olla perusteltua, että hyvät kognitiiviset kyvyt olisivat merkittävä osa hyvän jalkapalloilijan ominaisuuksia (Hujigen ym. 2015). Muutamit tutkimukset ovatkin osoittaneet, että korkealla tasolla pelaavat pelaajat saavat alemman tason pelaajia parempia tuloksia kognitiivisista testeistä (Hujigen ym. 2015, Verburgh ym. 2014, Vestberg ym. 2012). Tämä ilmiö on riippumaton iästä, sillä myös lapsilla korkeamman tason pelaajat selviytyvät paremmin kognitiivisista testeistä (Hujigen 2015, Schumacher ym. 2018).

Myös tasapaino on tärkeä ominaisuus jalkapalloilijalle, koska se toimii pohjana lajitaidollisille ominaisuuksille (Cè ym. 2012). Vauhdikkaan pelin aikana tulee monia laukaisu-, syöttö- ja suunnanmuutostilanteita, joiden tehokkaaseen ja tarkoituksenmukaiseen suorittamiseen tarvitaan hyvää tasapainoa (Trecroci ym. 2018). Onkin osoitettu, että tukijalan tasapaino-ominaisuudet ovat yhteydessä laukaisutarkkuuteen, kun suoritus tehdään dominantilla jalalla (Chew-Bullock 2012).

Tasapainoharjoittelulla pyritään parantuneeseen neuromuskulaariseen kontrolliin sekä asennon hallintaan. Tasapainoharjoittelun katsotaan parantavan urheilijan toiminnallista suorituskykyä (Zech ym. 2010). Kahdessa lapsilla ja nuorilla tehdyssä tutkimuksessa tasapainoharjoittelulla pystyttiin parantamaan lajitaidollisia ominaisuuksia (Cè ym. 2018, Gidu ym. 2022). Cè (2018) kumppaneineen tekemässä tutkimuksessa lajitaito-ominaisuudet paranivat enemmän tasapainoharjoitteluryhmällä kuin tavallista jalkapalloharjoittelua jatkaneella ryhmällä. Lapsilla



tasapainon kehittymiseen vaikuttaa kuitenkin harjoittelun lisäksi myös biologisen kypsymisen aste, joka vaihtelee yksilöiden välillä paljon (Breen ym, 2016, Wilczyński ym. 2022).

Olisi tärkeää selvittää, kuinka tasapainoharjoittelu vaikuttaa tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon lapsilla, koska jalkapallopelellä aikana tulee useita tasapainottelutilanteita, joiden aikana tulee tehdä nopeita päätöksiä. Tämän tiedon avulla voidaan selvittää, että parantaako tasapainoharjoittelu itsessään myös tiedonkäsittelyä ja näin ollen pelillisten ratkaisujen laatua. Tämä tieto olisi erityisen hyödyllistä nuorten jalkapalloilijoiden tarkoituksenmukaisen valmentautumisen kannalta, koska heidän tasapainotaitonsa kehittyvät harjoittelun lisäksi myös biologisen kypsymisen myötä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko tasapainoharjoittelulla parantaa tasapainottelutilanteen aikaista kognitiota. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin tasapainoharjoittelun vaikutusta tasapaino- ja lajitaito-ominaisuuksiin 10-12-vuotiailla jalkapalloilijoilla.

## 2 Kirjallisuuskatsaus

### 2.1 Jalkapallon lajivaatimukset

Jalkapallo on maailman suosituin laji, jossa tarvitaan hyviä teknisiä, taktisia, fyysisiä ja psyykkisiä ominaisuuksia. Jalkapallo on hyvin tekninen laji, jossa taito-ominaisuuksien harjoittelua suositaan enemmän kuin suorituskyvyn harjoittelua. Tästä huolimatta jalkapallo on silti hyvin fyysinen laji, jonka aikana tulee useita spurtteja, hyppyjä ja suunnanmuutoksia, jotka vaativat hyvää suorituskkyä (Stølen ym 2005).

Jalkapallo on avointen taitojen laji, eli siinä tulee reagoida ympäristössä tapahtuviin muutoksiin, jotka voivat olla yllättäviä. On perusteltua ajatella, että tämän vuoksi jalkapalloilijan informaationprosessointikyvyt kehittyvät tehokkaasti. Muuttuvassa ympäristössä pelaajan tulee jatkuvasti tehdä päätöksiä, joilla on vaikutus pelin kulkuun (Wang ym. 2013). Aiemmin jalkapalloilijan menestyksen taustalla on ajateltu olevan enemmän fyysiset ja taidolliset ominaisuudet. Nykyään myös kognitiivisten ominaisuuksien ajatellaan olevan tärkeä osa menestyksestä jalkapalloilijaa (Hujigen ym. 2015).

Kaikki tekniset suoritteet, joita jalkapallossa tulee tehdä, pohjautuvat hyvään tasapainoon (Cè ym. 2018). Etenkin yhden jalan tasapaino on jalkapallossa tärkeää, koska suurin osa taidoista, kuten laukaiseminen, syöttäminen ja harhauttaminen, vaativat yhden jalan varassa seisomista (Cè ym. 2018, Paillard ym. 2006). Chew-Bullockin ym. (2012) mukaan tasapaino on tarkkojen liikkeiden perusta. Jalkapallossa se vaikuttaa etenkin laukaisutarkkuuteen.

### 2.2 Jalkapallo lasten ja nuorten harrastuksena

Jalkapalloa voi harrastaa lähes kuka tahansa taitotasoon katsomatta. Sitä voi harrastaa täysin harrastusmielessä tai sitten voi tähdätä huipulle ja harjoitella tavoitteellisesti. Jalkapallo tarjoaa harrastajalleen ilon ja onnistumisten kokemuksia, kilpailutilanteita, yhteisöllisyyttä ja liikuntaa. Sen avulla on mahdollista kehittää kuntoa ja verkostoitua ikäistensä kanssa. Lapsi voi harrastaa jalkapalloa yhdessä perheensä kanssa, olla mukana kerhotoiminnassa tai pelata

joukkueessa. Lisäksi harrastajille on tarjolla leiritystoimintaa ja jalkapallokouluja (Suomen palloliitto 2022c).

Tavallisesti joukkue toiminnassa lapset harjoittelevat viikoittain joitakin kertoja, minkä lisäksi joukkue osallistuu peleihin ja turnauksiin (Suomen palloliitto 2022d). Joukkue toiminnan lisäksi jalkapalloa voi olla mahdollista pelata myös kouluissa ja päiväkodeissa, joissa lajia harrastetaan osana opiskelua. Tällöin lajin harrastaminen on täysin leikkimielistä ja sillä pyritään samalla myös edistämään lasten oppimista liikunnan lisäämisen avulla (Suomen palloliitto 2022e). Seuratoiminta voi olla joillekin perheille jokseenkin hintavaa, mutta usein on myös mahdollista saada rahallista tukea lapsen harrastusta varten. Halvimmillaan nuorimpien lasten harrastus maksaa noin 500 € vuodessa, mutta kalleimmillaan vanhemmilla lapsilla hinta voi olla jopa nelinkertainen (Inkinen ym. 2022).

## 2.3 Tasapaino

Tasapainolla tarkoitetaan kehon massakeskipisteen pitämistä tuen päällä (Cè 2018). Tasapainon ylläpitäminen mahdollistaa elimistön aistinjärjestelmistä tulevat viestit, joihin henkilön tulee pystyä reagoimaan jatkuvasti. Tasapainon ylläpitoa voidaan aistia somatosensorisen, visuaalisen ja vestibulaarisen järjestelmän avulla (Cè ym. 2018, Paillard 2006). Tasapaino on perustavanlaatuisen pohja kaikille taitoa vaativille ominaisuuksille ja sitä tulee hallita suhteessa ympäristön pintoihin ja esteisiin sekä muihin ihmisiin (Chew-Bullock 2012). Tasapaino voidaan jakaa staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Staattisella tasapainolla tarkoitetaan kykyä ylläpitää jotakin asentoa tasaisella alustalla. Dynaaminen tasapaino puolestaan tarkoittaa asennon ylläpitämistä epävakaalla alustalla tai jonkin toiminnon suorittamista asennon ylläpitämisen aikana (Hrysonmallis 2006). Lasten tasapainoon vaikuttaa eri aistinjärjestelmien kypsyminen, joka on kaikilla hieman erilainen. Sen vuoksi tarkkaa kypsymisen ajankohtaa ei ole mahdollista arvioida tarkasti (Cè ym. 2018).

### **2.3.1 Vestibulaarinen järjestelmä**

Vestibulaarinen järjestelmä koostuu sisäkorvan tasapainoelimistä, jotka aistivat pään liikkeitä ja asentoja kiihtyvyyksien perusteella (Day ja Fitzpatrick 2005, Miguel ym. 2020). Vestibulaarinen järjestelmä tuottaa käytännössä koko ajan informaatiota aivoille. Informaatio voi olla joko tiedostettua tai tiedostamatonta (Day ja Fitzpatrick 2005). Tämä johtuu siitä, että maapallolla vaikuttaa jatkuvasti painovoima, joka vaikuttaa myös korvan tasapainoelimeen (Day ja Fitzpatrick 2005, Miguel ym. 2020, Carriot ym. 2021). Painovoiman aistiminen auttaa hahmottamaan, mikä suunta on ylöspäin (Day ja Fitzpatrick 2005). Vestibulaarinen järjestelmä tuottaa aivoille tietoa tasapainon säilyttämisestä, kehon liikkeistä ja kehon asennosta suhteessa ympäristöönsä. Tätä tietoa voidaan yhdistellä lopulta aivoissa somatosensoriseen ja visuaaliseen informaatioon (Miguel ym. 2020). Vestibulaarisen järjestelmän täydellisen kypsymisen arvioidaan tapahtuvan 7–16 ikävuoden välillä (Cè ym. 2018).

### **2.3.2 Somatosensorinen järjestelmä**

Somatosensorinen järjestelmä koostuu tuntoaistista sekä proprioseptiikasta. Motorisen kyvykkyyden näkökulmasta etenkin proprioseptiikka on tärkeä osa-alue (Klinger ja Witte 2018). Proprioseptiikka on ihmisen asentoaisti, joka on osittain tiedostettua, mutta myös osittain tiedostamatonta. Proprioseptiikan avulla aivot saavat tietoja lihasten ja jänteiden tilasta, mikä helpottaa asentojen hallintaa (Gidu ym. 2022). Asentoja pystytään aistimaan lihasten sisällä olevien lihassukkuloiden avulla, jotka aistivat lihaksen venytysastetta. Proprioseptiikka on käytännössä edellytys kaikelle hallitulle liikkeelle. Hallittu liike saadaan aikaan, kun agonistilihas supistuu ja antagonistilihas rentoutuu. Lapsilla somatosensorisen järjestelmän täydellinen kypsyminen tapahtuu arviolta 3–12 ikävuoden välillä (Cè ym. 2018).

### **2.3.3 Visuaalinen järjestelmä**

Visuaalinen järjestelmä, eli silmillä tehtävien näköhavaintojen prosessoiminen, auttaa ylläpitämään tasapainoa välittämällä tietoa siitä, minkälaisessa asennossa elimistö on suhteessa ympäristöönsä (Bednarczuk ym. 2021). Nimenomaan ympäristöstä saatuihin tarkkoihin

havaintoihin ihmisten tietoinen tasapainon säilyttäminen usein nojaakin (Santos ym. 2018, Bednarczuk ym. 2021). Visuaalinen järjestelmä auttaa myös paremmin tulkitsemaan ympäristöstä tulevia ulkoisia voimia ja siten reagoimaan niihin. Jos jokin tasapainon osa-alue ei toimi kunnolla, niin usein muut osa-alueet yrittävät korvata aiheutuneen puutoksen, joskaan korjaus ei voi olla täydellinen (Bednarczuk ym. 2021). Visuaalisen järjestelmän täydellinen kypsyminen lapsilla ajoittuu 7–15 ikävuoden välille (Cè ym. 2018).

## 2.4 Tasapainoharjoittelu

Harjoittelulla voidaan parantaa henkilön kykyä tulkita aistitietoa ja täten parantaa tasapainoa. Tasapainoharjoittelu kehittää spesifisti juuri sellaisia tasapaino-ominaisuuksia, joita harjoitellaan. Esimerkiksi käsillä seisominen parantaa tasapainoa käsillä seisottaessa, mutta se ei silti kehitä yhdellä jalalla seisomista (Paillard 2006). Hyvä tasapaino on edellytys sille, että voi oppia monimutkaisia liikkeitä (Gebel ym. 2018). Tasapainoharjoittelun on joissakin tapauksissa havaittu olevan yhteydessä parantuneeseen fyysiseen suorituskyykyyn, sen lisäksi, että se parantaa tasapainoa (Yaggie ja Campbell 2006, Mahmoud 2011). On kuitenkin selvää, ettei tasapainoharjoittelun yhteys parantuneeseen suorituskyykyyn ole täysin yksiselitteinen (Cè ym. 2018).

Lapsilla tasapaino-ominaisuudet kehittyvät hyvin eri aikaan, koska somatosensorisen, visuaalisen ja vestibulaarisen järjestelmän kehittyminen vielä jatkuu, eikä kehitys ole kaikilla yhtä nopeaa (Cumberworth ym. 2007, Cè ym. 2018). Lisäksi lapsilla tasapainon kehittymistä saattaa häiritä mahdollinen kasvupyrähdys, joka muuttaa nopeasti massakeskipisteen sijaintia, tehden oman kehon hallinnasta vaikeampaa (Trecroci ym. 2018). Tasapainon kehittymiseen vaikuttaa kuitenkin myös lapsen aktiivisuustaso, eli harjoittelulla voidaan saada kehitystä aikaiseksi, vaikka muut tekijät eivät edesauttaisikaan sitä (Cè ym. 2018).

Tasapainoharjoittelu kannattaa tehdä progressiivisesti, eli vaikeustasoa lisäten ajan myötä. Alkuun voidaan tehdä helppoja liikkeitä tasaisella pinnalla molemmat jalat maassa. Kun liikkeet alkavat sujumaan, voidaan tasapainon ylläpitämistä alkaa hankaloittamaan seisomalla yhdellä jalalla, vaihtamalla epävakaaseen pintaan, tekemällä hyppyjä ja muita liikkeitä sekä pyörimällä

(Hrysomallis 2011). Tasapainoharjoittelulla voidaan parantaa reaktiokykyä sekä lihasten kykyä reagoida annettuihin ärsykkeisiin (Gidu ym. 2022).

## 2.5 Liikunta ja kognitio lapsilla

Liikunnalla voidaan parantaa kognitiota lapsilla (Donnely ym. 2016, Physical Activity Guidelines Advisory Committee 2018). Hyvät kognitiiviset kyvyt ovat edellytys oppimiselle. Kognitiiviset kyvyt muuttuvat silloin, kun aivoissa tapahtuu jonkinlainen muutos. Niin liikunnalla ja kognitiolla, liikunnalla ja oppimisella, kuin liikunnalla ja aivojen rakenteella sekä toiminnalla on havaittu olevan positiivinen yhteys, joskin tuloksia pitää tulkita varovaisesti. Liikuntaa voidaan kuitenkin suositella oppimista lisäävänä tekijänä, koska yksikään lapsiin kohdistunut tutkimus ei ole havainnut negatiivisia vaikutuksia oppimiseen (Donnely ym. 2016).

Aivoilla on kyky mukautua ympäristön ärsykkeisiin, mikä ilmenee muutoksina esimerkiksi aivojen rakenteessa. Liikunta aiheuttaa aivoissa muutoksia, jotka ovat kognition kannalta edullisia, jolloin kognitiiviset kyvyt paranevat. Vaikka ilmiötä onkin tutkittu pääsääntöisesti jyrksijöillä, myös ihmisillä on havaittu liikunnalla olevan positiivinen vaikutus kognitioon ja aivojen rakenteeseen (Erikson ym. 2019). Liikunnan myötä aivoissa tapahtuu muutoksia, jotka vaikuttavat välittäjäaineiden konsentraatioon sekä aivojen rakenteisiin, kuten hippokampuksen toimintaan ja kokoon (Basso ja Suzuki 2017).

## 2.6 Kognitio

Aivoihin tulee jatkuvasti suuri määrä informaatiota ympäristöstä. Ympäristöstä puhuttaessa tarkoitetaan sekä ulkoista, että sisäistä ympäristöä (Azzalini ym. 2019). Kognitiolla tarkoitetaan ympäristöstä tulevan informaation prosessointia (Vestberg ym. 2012). Nykyään ajatellaan, että hyvät kognitiiviset ominaisuudet lapsilla ja nuorilla pelaajilla ennustaisivat jalkapalloilijan taitotasoa tulevaisuudessa (Verburgh ym. 2014, Vestberg ym. 2012). Kognitiiviset ominaisuudet tähtäävät lopulta jonkinlaisen ongelman ratkaisemiseen (Diamond 2013). Jalkapallossa tulee pystyä huomioimaan joukkueovereiden ja vastustajien sijainti sekä päättää nopeasti mitä tehdä pallon saatuaan – mahdollisia ratkaisuja on useita, sillä pelaaja voi lähteä kuljettamaan palloa tai

vaihtoehtoisesti syöttää sekä myös laukoa. Joissakin tilanteissa päätös jostakin tulee myös pystyä pysäyttämään, jos ajatellun ratkaisun toteuttamiseen tulee jokin este, kuten vastustaja kuljettamisen väliin (Hujigen ym. 2015).

Kognitio voidaan jakaa karkeasti ylemmän ja alemman tason kognitioon, joista alemman tason kognitiolla tarkoitetaan hyvin perustavanlaatuista informaationprosessointia, kuten reaktiokyky, psykomotorinen toimintakyky ja näköhavainnointikyky (Hujigen ym. 2015). Ylemmän tason kognitiolla puolestaan tarkoitetaan sellaisia kognitiivisia prosesseja, jotka tähtäävät ongelmanratkaisuun tässä hetkessä, ottaen huomioon myös tulevaisuuden. Ylemmän tason kognitio voidaan jakaa työmuistiin, kognitiiviseen joustavuuteen ja inhibitioon (Diamond 2013, Hujigen ym. 2015, Zaehring ym. 2018). Ylemmän tason kognitio on sellaista informaation prosessointia, joka vaatii paljon keskittymistä ja yrittämistä. Kun henkilön tiedonkäsittelyssä ja järjestyksessä alkaa yhdistymään useat ylemmän tason kognition osa-alueet, puhutaan metakognitiosta (Diamond 2013).

Jalkapallossa tulee useita nopeasti muuttuvia tilanteita, jotka vaativat nopeaa reagoitua. Pelaajien on jatkuvasti oltava valppaana tekemään pelin kannalta tarkoituksenmukaisia ratkaisuja. Vaaditaan hyviä kognitiivisia kykyjä, jotta pelaaja pystyy tekemään kuhunkin tilanteeseen parhaan mahdollisen ratkaisun (Hujigen ym. 2015). Kuten tasapainonkin kohdalla, kognitiivisten kykyjen kehitys on riippuvainen biologisesta kypsymisestä. Aivojen etulohkon kasvaminen iän myötä parantaa kognitiivisia kykyjä. Kuitenkin myös aktiivisuuden laatu ja määrä voivat vaikuttaa kognition kehittymiseen (Heilmann ym. 2022).

### **2.6.1 Alemman tason kognitio**

Reaktiokyky koostuu reaktioajasta sekä kyvystä toimia ärsykkeen vaatimalla tavalla (Paško ym. 2021). Toisin sanoen reaktiokyky on sellainen ominaisuus, jonka avulla henkilö pystyy saamansa ärsykkeen jälkeen toimimaan mahdollisimman nopeasti tarkoituksenmukaisella tavalla (Paško ym. 2021, Supiński ym. 2014). Reaktioaikaan voivat vaikuttaa useat tekijät, kuten ikä, rasisustila, ravitsemustila, harjoittelu, persoonallisuus ja älykkyys (Badau ym. 2018). Reaktiokykyä voidaan kehittää harjoittelemalla, mutta vaste näkyy lihasten kyvyssä toimia ärsykkeen saatuaan.

Hermojärjestelmää, joka kulkee aistinreseptorista lihakseen ei voi kehittää harjoittelemalla, vaan se on pitkälti yksilöllisistä tekijöistä riippuvainen (Babiç ja Delalija 2009). Harjoittelu vaikuttaa reaktiokykyyn parantamalla motoristen yksiköiden hallintaa (Paško ym. 2021)

Näköhavainnointikyvyllä tarkoitetaan sellaisia taitoja, joilla pystytään havaitsemaan ympäristön muutoksia. Mitä parempi näköhavainnointikyky on, sitä suuremmalta alueelta näkökenttää voidaan havaita olennaisia asioita. Tällöin voidaan myös siirtää huomio herkemmin epäolennaisesta olennaiseen (Pesce ym. 2007). Näköhavainnointikyky kehittyy, kun liikunta muokkaa aivoja ja parantaa yleisesti ottaen kognitiivisia kykyjä. Sitä voidaan myös parantaa spesifillä harjoittelulla, jota tulee useassa urheilulajissa lajin yhteydessä (Alves ym. 2013). Näköhavainnointikyvyt ovat perusta sille, että voidaan käyttäytyä tarkoituksenmukaisesti suhteessa ympäristöön. Tämä vaatii näköhavaintojen yhdistämistä aikaisemmin hankittuun tietoon ja niiden suhteuttamista omiin fyysisten ominaisuuksien tasoon (Schumacher ym. 2018).

Urheilussa usein nopea informaation käsittely ja sen pohjalta ratkaisujen tekeminen on tärkeää, koska aika ja tila ovat rajoitettuja (Przednowek ym. 2019). Suorituksen aikana tulee usein huomioida myös vastustajan pelaajat ja muuttuva intensiteetti, joihin oma liikkuminen pitää suhteuttaa (Paško ym. 2021). Tämä vaatii hyviä havainnointitaitoja, mutta lopputuloksen kannalta tärkeää on myös psykomotorinen toimintakyky, millä tarkoitetaan kykyä tehdä tarkoituksenmukaisia liikkeitä (Przednowek ym. 2019). Psykomotorinen toimintakyky muodostuu keskushermoston ja lihasten välisestä yhteistyöstä, jolla pyritään toteuttamaan haluttuja liikkeitä. Usein urheilija suoriutuukin parhaiten sellaisessa tilanteessa, jossa ei ole ulkoisia häiriötekijöitä. Psykologiset tekijät, kuten itseluottamuksen taso, ovat merkittäviä tekijöitä psykomotorisissa kyvyissä (Paul ym. 2012).

Alemman tason kognitiolla tarkoitetaan yksinkertaisia tiedonkäsittelyyn liittyviä ilmiöitä. Urheilussa tärkeää on pystyä muodostamaan kehollaan liikettä, joka palvelee tavoitteiden saavuttamista. Olennaista on kyetä havaitsemaan ympäristöstään oleellimmat asiat. Lisäksi tulee myös pystyä reagoimaan ympäristöön mahdollisimman nopeasti ja suhteuttamaan omaa käytöstään sekä liikkumista ympäristön muutoksiin. Jalkapallo on avointen taitojen laji, jossa



ympäristö on jatkuvassa muutoksessa, minkä vuoksi siinä myös tarvitaan hyviä havainnointikykyjä sekä hyviä kognitiivisia kykyjä.

### **2.6.2 Ylemmän tason kognitio**

Inhibitiolla tarkoitetaan henkilön kykyä vastustaa jonkinlaista ulkoista häiriötekijää tai houkutusta. Inhibitio voi kohdistua käyttäytymiseen, tunteisiin tai ajatuksiin. Ilman inhibitiota ihminen toimisi täysin vaistojensa ja impulsioidensa varassa (Diamond 2013). Urheilussa hyvä inhibitiokyky on tärkeä ominaisuus, kun halutaan estää jokin liike, joka ei palvelisi tavoitetta. Lapsilla tehdyssä tutkimuksessa, korkeamman tason pelaajat saivat parempia tuloksia inhibitiota mittaavista kognitiivisista testeistä (Verburgh 2014). Inhibitio ei siis varsinaisesti kykene poistamaan johonkin käyttäytymiseen ohjaavaa syytä, vaan se ohjaa olemaan käyttäytymättä syystä huolimatta (Filevicha ym. 2012). Hyvät inhibitiokyvyt siis helpottavat huomion ohjaamista tärkeimpiin asioihin (Diamond 2013, Filevicha ym. 2012).

Työmuisti on kyky, jolla henkilö pystyy pitämään informaatiota mielessään ja käyttämään sekä yhdistelemään sitä jonkinlaiseen ongelmanratkaisuun (Diamond 2013, Zaehring ym. 2018). Työmuisti voidaan jakaa karkeasti verbaaliseen ja visuaaliseen työmuistiin (Diamond 2013). Etenkin urheilussa visuaalinen työmuisti on tärkeässä roolissa, jotta urheilija kykenee tekemään ympäristöstään totuudenmukaisia päätelmiä ja sen avulla tekemään tarkoituksenmukaisia ratkaisuja (Verburgh ym. 2014). Työmuisti on hyvin riippuvainen ajan kulumisesta ja sen sisäistämisestä, koska se usein tähtää siihen, mitä seuraavaksi tapahtuu (Diamond 2013). Työmuisti on tästä hetkestä saatavan sekä varastoidun informaation hallitsemista (Lehto ym. 2003). Tarkoitetaan siis ominaisuutta, jonka tärkeimpänä tehtävänä on järjestellä informaation prosessoimista tavoitteen saavuttamisen kannalta edulliseksi (Miller ym. 2018).

Kognitiivinen joustavuus on sitä, että henkilö kykenee muuttamaan käytöstään muuttuvan ympäristön mukana (Dajani ja Uddin 2015, Zaehring ym. 2018). Se voi myös olla sitä, että henkilö kykenee tarkastelemaan samaa ympäristöä erilaisesta ajatusten viitekehystä (Diamond 2013). Kognitiivinen joustavuus vaatii hyviä työmuisti- ja inhibitiokykyjä, mutta myös hyviä havainnointikykyjä (Dajani ja Uddin 2015, Zaehring 2018). Se edellyttää, että henkilö

kykenee havaitsemaan ympäristöstään oleellisimpia asioita ja kiinnittämään huomiota niihin. Vasta sen jälkeen henkilö on kykeneväinen kognitiiviseen joustavuuteen, eli kykenevä vaihtamaan huomionsa kohdetta tarkoituksenmukaisesti (Dajani ja Uddin 2015). Scharfenin ja Memmertin mukaan (2021) sekä työmuisti, että kognitiivinen joustavuus ovat yhteydessä jalkapalloilijan taitotasoon.

Ylemmän tason kognitio käsittää sellaiset kognitiiviset ominaisuudet, joita hyödyntämällä henkilö on valmis järkeilyyn, ongelman ratkaisuun ja suunnittelemiseen (Diamond 2013). Tällaista tiedonkäsittelyä voidaan myös kutsua meta-kognitioksi (Hujigen 2015, Tomporowski ym. 2015). Metakognitiolla tarkoitetaan henkilön kykyä ymmärtää ja tietää se, mitä hän tietää ja kuinka hyödyntää tuota tietoa oman käyttäytymisensä hallitsemiseen. Se mahdollistaa tiedon kasaamisen jo olevan tiedon päälle ja tällä tavoin antaa kyvyn toimia ongelmanratkaisutilanteissa jo opitulla tavalla (Tomporowski ym. 2015). Hyvät ylemmän tason kognitiiviset kyvyt ovat yhteydessä pelaajan taitotasoon jalkapallossa. Mitä korkeammalla tasolla jalkapalloilija pelaa, sitä paremmat ylemmän tason kognitiiviset kyvyt hän todennäköisesti omaa iästä riippumatta (Hujigen 2015, Verburgh 2014, Vestberg 2012).

### **2.6.3 Kognitio ja motorinen toimintakyky lapsilla**

Motorinen toimintakyky on yhteydessä kognitiivisiin kykyihin, sillä liikkeiden tarkoituksenmukainen suorittaminen vaatii usein monen eri tekijän arviointia, mikä puolestaan vaatii tehokasta kykyä tulkita aistitietoa. Lapsilla kognitiiviset kyvyt ja neuromuskulaarinen kehittyneisyys ovat vasta kypsymässä, mikä aiheuttaa eroavaisuuksia motorisessa toimintakyvyssä (Menezes ym. 2021). Lasten kypsymisen kohdalla kannattaa myös muistaa, että joskus motoristen taitojen kehittyminen voi jopa mennä huonompaan suuntaan. Tämä johtuu siitä, että kognitiiviset kyvyt, neuromuskulaarinen hallinta ja koordinaatio eivät ole täysin kypsyneet (Quatman-Yates ym. 2012).

Esimerkiksi suunnanmuutoksissa tarvitaan hyvien fyysisten ominaisuuksien lisäksi hyviä kognitiivisia ominaisuuksia, jotta suunnanmuutos olisi tarkoituksenmukainen (Serpell ym. 2018, Menezes 2021). Jalkapalloseuralla suunnanmuutoskyky on hyvin olennainen, koska tilanteet

vaihtelevat jatkuvasti, minkä vuoksi on myös pystyttävä reagoimaan nopeasti (Menezes ym. 2021). Jos suunnanmuutos olisi puhtaasti suljettu tilanne, jossa ei tarvitsisi reagoida ulkoisiin ärsykkeisiin, se suosisi pelkästään fyysistä suorituskykyä. Kuitenkin urheilussa, kuten jalkapallossa, täytyy reagoida monenlaisiin ulkoisiin ärsykkeisiin, mikä tekee suunnanmuutoksesta kognitiivisen haasteen (Serpell ym. 2018).

### 3 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko tasapainopuomeilla tehtävällä tasapainoharjoittelulla vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla. Lisäksi selvitettiin, onko tasapainoharjoittelulla vaikutusta lajitaitoihin ja tasapainoon.

#### 3.1 Tutkimuskysymykset

1. Vaikuttaako tasapainopuomiharjoittelu tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla?
2. Onko tasapainoharjoittelulla vaikutusta lajitaito-ominaisuuksiin 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla?
3. Onko tasapainoharjoittelulla vaikutusta tasapainoon 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla?

## 4 Aineisto ja menetelmät

### 4.1 Aineisto

Tutkimukseen osallistui yhteensä 32 jalkapalloilijaa, jotka olivat iältään 10–12-vuotiaita. Rekrytointi tapahtui Suomen pääkaupunkiseudulla sijaitsevista joukkueista, jotka olivat ikäluokista tytöt ja pojat 10–12 vuotta. Seurojen tuli olla mukana Suomen Palloliiton alaisessa sarjatoiminnassa, minkä lisäksi niillä tuli olla harjoitustoimintaa talvisin. Tutkimuksen mittaukset suoritettiin joukkueiden omilla harjoitusvuoroilla, mutta muutoin joukkueita ohjeistettiin harjoittelemaan oman harjoitussuunnitelman mukaan.

Ennen rekrytointia otettiin yhteyttä pääkaupunkiseudun joukkueisiin (n=8), minkä jälkeen joukkueet valittiin siten, että niiden harjoitusmäärät ja -suunnitelmat olivat samankaltaisia (n=3). Mukaan valikoituneiden joukkueiden pelaajiin ja heidän vanhempiansa otettiin yhteyttä lähettämällä heille tiedote tutkimuksesta. Tämän jälkeen he saivat perehtyä tutkimuksen kulkuun sekä tarvittaessa ottaa yhteyttä tutkimuksen yhteyshenkilöön.

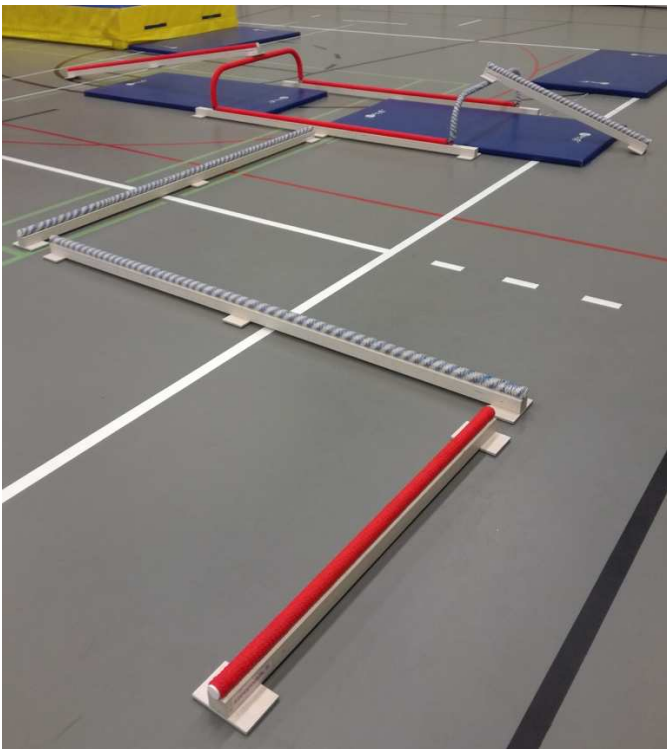
Tutkimukseen osallistuminen oli täysin vapaaehtoista eikä pelaajan poisjääminen vaikuttanut hänen asemaansa joukkueessa, eikä tutkimuksella myöskään ollut vaikutusta joukkueen harjoitteluun. Joukkueen antama lupa mahdollisti tutkimuksen tekemisen, mutta se ei velvoittanut pelaajia tutkimukseen siinä tapauksessa, että pelaaja ei halunnut osallistua. Tutkimuksen keskeyttäminen ei vaikuttanut pelaajan valmentautumiseen tai hänen urheilijavalmentajasuhteeseensa.

### 4.2 Menetelmät

Tutkimuksen mittaukset suoritettiin kenttäolosuhteissa kontrolloituna tutkimuksena. Lähtötestien jälkeen osallistujat satunnaistettiin kahteen ryhmään, joista toinen teki harjoittelunsa ohessa tasapainoharjoitteluohjelmaa kaksi kertaa viikossa kuuden viikon ajan. Samaan aikaan toinen ryhmä jatkoi tavallisen harjoitteluohjelmansa toteuttamista. Kuuden viikon intervention jälkeen molemmille ryhmille tehtiin loppumittaukset.

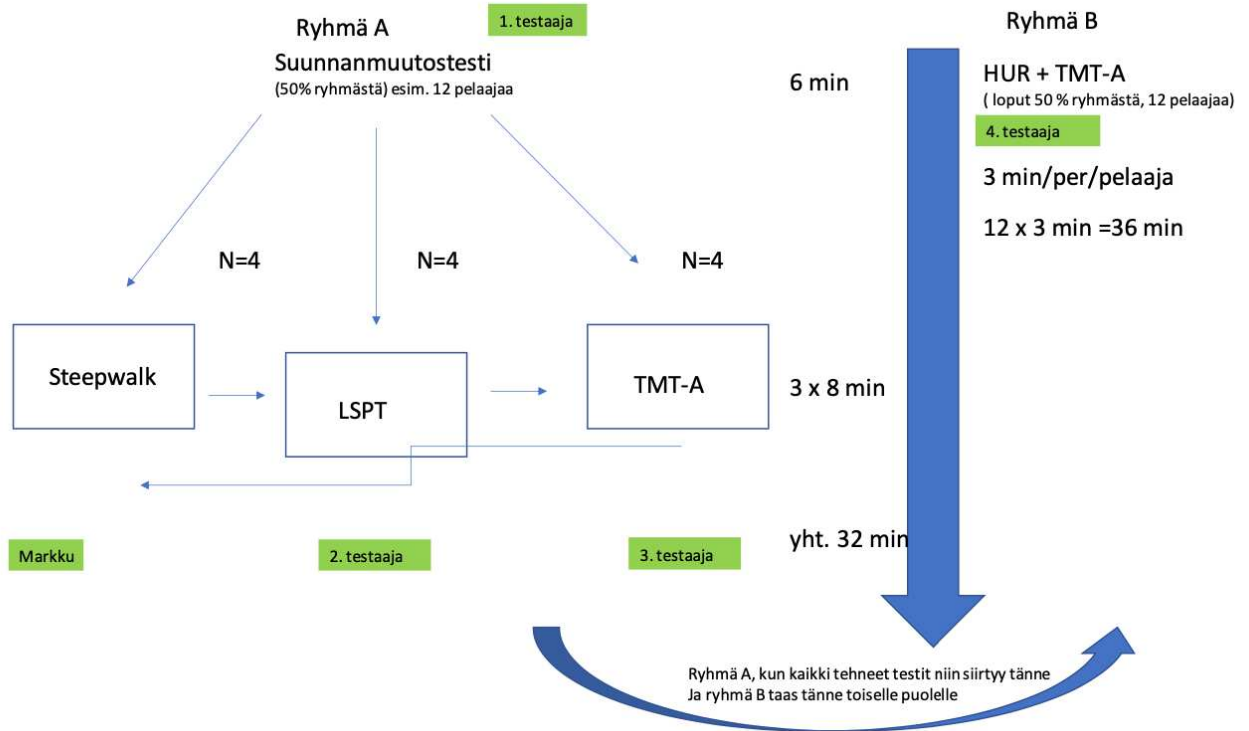
Tasapainoharjoitteluohjelma koostui tasapainopuomeilla tehtävistä harjoituksista (Kuva 1.). Valmentajille annettiin koulutusta ja ohjeet tehtävistä harjoituksista ennen interventiojakson aloittamista, joita toteutettiin kaksi kertaa viikossa alkuverryttelyn yhteydessä.

Tasapainoharjoitteluun kuului erilaisia staattisia pitoja, etenemis- ja hyppyharjoituksia sekä jonkin verran harjoituksia pallon kanssa. Jokainen harjoitus aloitettiin helpoimmista liikkeistä, jonka jälkeen jatkettiin haastavampiin liikkeisiin. Muuten pelaajat harjoittelivat aivan täysin samaan tapaan kuin ennenkin.



**Kuva 1.** Steepwalk-tasapainopuomit. (Lähde: Steepwalk 2022)

Mittausten kulkua käytännössä on kuvattu kuviossa 1, josta selviää, että ryhmä jaettiin kahteen osaan, josta ryhmä A teki ensin suunnanmuutostestin, Steepwalk-testin, Loughborough Soccer Passing Testin (LSPT) ja Trail Making Test A:n (TMT A). Ryhmä B teki sillä välin HUR:n laitteella tehtävän tasapainotestin yhdistettynä TMT A -testiin. Yhden joukkueen testaaminen tavoiteltiin saatavan valmiiksi 1–1,5 h aikana. Tässä tutkimuksessa ei esitetä Steepwalk-testin tuloksia.



Kuvio 1: Mittausten kulku käytännössä. (Venojärvi 2022)

Kaikki tutkittavat osallistuivat seuraaviin testeihin:

- Trail Making Test A (kognitiotesti); (Huijgen ym. 2015);
- tandemasennossa seisominen ( Balance trainer BT4, Hur) + Trail making test A; suunnanmuutostesti; (Sariati ym. 2021);
- Loughborough Soccer Passing Test (LSPT);
- (Le Moal ym 2014); yhdellä jalalla seisominen (silmät kiinni ja auki, oikea/vasen); (Balance trainer BT4, Hur).

#### 4.2.1 TMT A sekä HUR-TMT A -testi

Trail Making Test (TMT) on yksi maailman käytetyimmistä kognitiivisista testeistä, joka sisältää A ja B-osiot (Sánchez- Cubillo ym. 2009). Tässä tutkimuksessa käytettiin vain TMT:n A-osiota, jossa eteen ilmestyy paperille tai näytölle satunnaisessa järjestyksessä 25 numeroa, jotka tulee yhdistää numerojärjestyksessä viivalla toisiinsa, tähän tapaan: 1-2-3-4-5- ...-24-25. Testi on

suoritettu, kun numerosta 1 kulkee viiva numeroon 25 siten, että se käy läpi jokaisen numeron järjestyksessä. Tässä tutkimuksessa käytettiin TMT A -testin paperista versiota. Edellä kuvattu testi tehtiin tasapainottelutilanteessa seisten Tandem-asennossa HUR-laitteen voimalevyn päällä, joka mittaa tasapainottelutilanteenaikaista huojuntaa. Tällä pyrittiin mittaamaan tasapainottelutilanteen aikaista kognitiota sekä tasapainotaitojen muuttumisen vaikutusta kognitiiviseen toimintakykyyn. TMT A -testissä jokainen tutkittava toimi itsensä verrokkina. Lisäksi TMT A -testi suoritettiin myös istuma-asennossa erikseen. Tutkittavien huojuntaa mitattiin HUR-laitteella samanaikaisesti sen aikaa, kuinka pitkään tutkittavalta meni tehdä TMT A-testi (max 40 sekuntia). Näistä laskettiin seuraavat suuret: huojunnan nopeuden keskihajonta (Vstd), huojunnan pituus (Sway), ellipsin pinta-ala (C90) sekä x- ja y-suuntaisen huojunnan keskihajonta (Lesch ym. 2023)

#### **4.2.2 Suunnanmuutostesti, LSPT ja tasapainotesti**

Suunnanmuutostestissä tutkittavan tuli juosta 15 metrin matka niin nopeasti kuin mahdollista. Matkalla oli kolme keppiä, jotka piti pujotella sekä niiden jälkeen puolen metrin korkuinen aita, jonka yli piti hypätä (Sariati ym. 2021). LSPT:ssä pelaajien tuli tehdä syöttöjä mahdollisimman nopeasti haluttuun kohteeseen rajatun alueen sisällä. Jokaisesta virheestä, kuten ohi syöttämisestä tai rajatun alueen ulkopuolelta tehdystä syötöstä, pelaaja sai lisää sekunteja lopputulokseensa (Le Moal ym. 2014). Yhdellä jalalla seisominen silmät auki toteutettiin molemmilla jaloilla, mistä mitattiin HUR-laitteella tutkittavan huojumista. Yhden jalan tasapainotestissä analysoitiin X-suuntainen paineakeskipisteen (COP), keskihajonta (medio-lateraali suuntainen), Y-suuntainen paineakeskipisteen keskihajonta (anterior-posterior) ja huojunnan pinta-ala ja sen pituus.

### **4.3 Tutkimusasetelma**

Tutkimus on vaihtovuoroinen kontrolloitu satunnaistettu interventiotutkimus, jossa kaikki osallistujat suorittivat sekä alku-, että loppumittauksen. Interventio sisälsi tasapainopuomilla toteutettavia tasapainoharjoituksia. Liikkeenä olivat staattiset ja dynaamiset seisonnat, kävelyitä (etuperin-takaperin, sivuttain pysähtymiset ja suunnanvaihdot), asennonhallintaa, hyppyjä sekä



käsien että näköaistin toiminnan variointia harjoitteiden yhteydessä. Tässä pro gradussa esitetään vain ensimmäisen vaiheen tutkimustulokset.

#### 4.4 Tilastolliset menetelmät

Otoskoon riittävyys määritettiin ns. vahvuuslaskelmilla ja todettiin, että jos intervention jälkeen suunnanmuutostestin ero oli 0,15 sekuntia ja keskihajonta on 0,20, niin silloin tarvitaan 28 tutkittavaa tämän eron havaitsemiseksi ( $p < 0,05$ ). Tutkimustulokset analysoitiin SPSS tilastollisella tietojenkäsittelyohjelmalla.

Tilastollista analyysia varten muuttujien normalisuus testattiin Kolmogorov-Smirnov -testillä sekä havainnoitiin histogrammeista. Ryhmien sisäisiä eroja tarkasteltiin normaalisti jakautuneiden muuttujien osalta parittaisella t-testillä. Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin riippumattomalla t-testillä. Data, joka ei ollut normaalisti jakautunutta, analysoitiin ryhmien välisten erojen osalta Mann-Whitney U -testillä ja ryhmien sisäisten erojen osalta Wilcoxon signed rank -testillä. Tähän dataan kuului HUR-laitteesta saadut huojuntaa kuvaavat arvot sekä "virheet" ja "TMT" -muuttujat. Tutkimustulokset analysoitiin SPSS tilastollisella tietojenkäsittelyohjelmalla. Tutkimuksessa tilastollisen merkitsevyyden tasoksi asetettiin  $p < 0,05$  ja luottamuskväliksi 95 %.

#### 4.5 Tutkimuksen eettiset näkökulmat ja tietosuojat

Itä-Suomen yliopiston tutkimuseettinen toimikunta on lausunnossaan myöntänyt luvan tutkimuksen toteuttamiselle 2022 helmikuussa. Tutkimus ei täyttänyt lääketieteellisen tutkimuksen määritelmää, minkä vuoksi se ei vaatinut lupaa alueelliselta lääketieteelliseltä tutkimuseettiseltä toimikunnalta. Tutkittavilta kerättyä tietoa käsiteltiin luottamuksellisesti, kuten tietosuojalaki vaatii (Tietosuojalaki 1050/2018). Tulosten analysointi toteutettiin ryhmänä, joten tuloksia ei voitu yhdistää yksittäisiin henkilöihin. Tutkimustuloksia säilytetään 15 vuotta, minkä jälkeen kaikki tiedot hävitetään. Tuloksiin on pääsy vain tutkijoilla.

Tutkittava ei saanut tutkimukseen osallistumisesta suoranaista hyötyä, mutta hänellä oli mahdollisuus saada tietoa omaan fyysiseen suorituskykyynsä liittyen. Tutkimuksen aikana osallistujat altistuivat loukkaantumisriskille, joka olisi voinut tapahtua esimerkiksi kaatumisen vuoksi. Tutkimuksen mittaukset eivät kuitenkaan poikenneet tavallisissa liikuntaharrastuksissa tehtävistä liikkeistä kovinkaan paljoa ja mittaustavat olivat liikuntalääketieteelliselle tutkimukselle tyypillisiä. Tutkimukseen osallistuminen ei aiheuttanut tavallista liikuntaharrastustoimintaa suurempaa riskiä tutkittaville.

Koska kyseessä oli alaikäisillä tehtävä tutkimus, lähetettiin tutkimuksesta tiedote sekä suostumuslomake koehenkilöiden vanhemmille, joiden tuli allekirjoituksellaan antaa suostumus lasten osallistumisesta tutkimukseen. Tutkimukseen osallistuminen oli tutkittaville vapaaehtoista ja osallistumisen saattoi keskeyttää milloin tahansa. Vapaaehtoisuuden takaamiseksi tutkittavat ilmoittivat itse osallistumisestaan tutkijoille. Tutkittavalta myös varmistettiin, että tämä on ymmärtänyt tutkimuksen sisällön täysin, ennen kuin suostumus annettiin. Tutkittavalla oli mahdollisuus keskeyttää osallistumisensa missä tahansa vaiheessa sekä pyytää itsestään kerättyjen tietojen poistamista.

## 5 Tulokset

### 5.1 Tutkittavien taustatiedot

Tutkimukseen osallistui 32 koehenkilöä, joista 18 (56 %) oli tyttöjä ja 14 (44 %) poikia. Tutkittavien keski-ikä interventoryhmässä oli 11 v ja kontrolliryhmässä 11 v. Koko otoksen keski-ikä oli 11 v. Interventoryhmässä tutkittavat osallistuivat keskimäärin  $9,1 \pm 2,5$  kertaa intervention tasapainoharjoituksiin, joita järjestettiin yhteensä 12.

### 5.2 Interventio- ja kontrolliryhmien väliset muutokset intervention aikana

Taulukossa 1. kuvataan interventio- ja kontrolliryhmien välisiä eroja alkutilanteessa ja muutoksen osalta. Ainoa ero ryhmien välillä havaittiin HUR-TMT A -testin alkutilanteessa, jossa interventoryhmä oli kontrolliryhmää parempi tilastollisesti merkitsevällä tavalla ( $p=0,047$ ). Muuten tilastollisesti merkitseviä eroja interventio- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut.

**Taulukko 1.** Interventio- ja kontrolliryhmien väliset erot kognition ja lajitaitojen osalta alku- ja lopputestissä

	Interventio		Kontrolli		P-arvo	
	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	Alku	Muutos
HUR-TMT A/s <sup>^</sup>	27,4 ± 9,8	-7,3 ± 6,8	33,5 ± 5,3	-8,6 ± 4,3	<b>0,047</b>	0,526
TMT A/s <sup>^</sup>	28,0 ± 11,6	-7,9 ± 11,2	30,3 ± 8,6	-8,5 ± 10,1	0,302	0,889
Suunnanmuutos/s <sup>^</sup>	3,7 ± 0,2	-0,2 ± 0,3	3,7 ± 0,2	-0,2 ± 0,2	0,494	0,952
LSPT aika/s <sup>^</sup>	64,7 ± 11,6	-9,3 ± 11,9	60,6 ± 8,0	-2,8 ± 9,4	0,254	0,101
Tarkkuus <sup>^</sup>	4,3 ± 2,2	1,7 ± 3,0	5,3 ± 2,4	0,4 ± 4,3	0,212	0,344
Virheet <sup>^^</sup>	18,5 ± 14,3	7,7 ± 15,8	24,4 ± 9,2	0,1 ± 11,8	0,226	0,142
Yliaika/s <sup>^</sup>	21,2 ± 11,6	-9,8 ± 11,9	8,1 ± 8,1	-3,9 ± 9,6	0,270	0,133
Kokonaisaika/s <sup>^</sup>	100,1 ± 34,4	-13,1 ± 31,6	96,8 ± 22,2	-10,2 ± 27,4	0,753	0,534

ka = keskiarvo; kh = keskihajonta; ^ = riippumaton t-testi; ^^ = Mann-Whitney U -testi; TMT A = Trail Making Test A-osa; HUR-TMT A = Hur-laitteella tandemasennessa tehty TMT A -testi; LSPT = Loughborough Soccer Passing Test

Taulukossa 2. kuvataan ryhmien välisiä eroja HUR-TMT A -testin sekä seisonta silmät auki yhdellä jalalla tehdyn testin osalta. Yhdessäkään huojuntaa kuvaavassa muuttujassa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa interventio- ja kontrolliryhmän välillä alkutilanteessa tai erotuksen suhteen.

**Taulukko 2.** TMT-HUR -testin aikana mitattu huojunta sekä huojunta silmät auki tehdyssä yhden jalan seisonnassa.

	Interventio		Kontrolli		P-arvo <sup>^</sup>	
	Alku	Muutos	Alku	Muutos	Alku	Muutos
	ka ± kh	ka ± kh	ka ± kh	ka ± kh		
Nopkeskhajmms <sup>^^</sup>	23 ± 13	2 ± 16	25 ± 18	5 ± 30	0,599	0,895
Huojunnapitmm <sup>^^</sup>	866 ± 352	1020 ± 446	1020 ± 446	-224 ± 458	0,357	0,93
Huojunnanpint <sup>^^</sup>	1225 ± 1094	-47 ± 1205	1239 ± 1187	585 ± 3520	0,826	0,826
Xkeskhajmm <sup>^^</sup>	9 ± 2	1 ± 3	9 ± 3	2 ± 9	0,792	0,895
Ykeskhajmmoik <sup>^^</sup>	9 ± 6	-1 ± 6	8 ± 5	0 ± 7	0,483	0,792
Xkeskhajmm (O) <sup>^^^</sup>	6 ± 2	-1 ± 3	6 ± 2	0 ± 3	0,868	0,678
Ykeskhajmmoik (O) <sup>^^^</sup>	10 ± 3	-1 ± 4	8 ± 4	0 ± 4	0,280	0,603
Huojunnanpint (O) <sup>^^^</sup>	933 ± 589	-91 ± 613	766 ± 440	-12 ± 520	0,618	0,708
Huojunnapitmm (O) <sup>^^^</sup>	1063 ± 322	-72 ± 465	890 ± 383	-101 ± 410	0,299	0,739
Nopkeskhajmms (O) <sup>^^^</sup>	27 ± 21	-4 ± 17	21 ± 12	-1 ± 16	0,442	0,739
Xkeskhajmm (V) <sup>^^^</sup>	5 ± 1	0 ± 2	5 ± 2	0 ± 4	0,787	0,835
Ykeskhajmm (V) <sup>^^^</sup>	7 ± 3	0 ± 4	7 ± 3	0 ± 3	0,872	0,647
Huojunnanpint (V) <sup>^^^</sup>	579 ± 282	58 ± 375	595 ± 294	107 ± 689	0,678	0,967
Huojunnapitmm (V) <sup>^^^</sup>	910 ± 191	-32 ± 354	870 ± 351	-144 ± 416	0,835	0,318
Nopkeskhajmms(V) <sup>^^^</sup>	19 ± 3	-1 ± 8	19 ± 10	3 ± 21	1,000	0,967

ka = keskiarvo; kh = keskihajonta;

<sup>^</sup> = Ryhmien välinen ero Mann-Whitney U-testi; <sup>^^</sup> = HUR-TMT A -testin aikana mitattu huojunta;

<sup>^^^</sup> = Silmät kiinni tehty yhden jalan huojunta;

(O) = oikealla jalalla tehty testi; (V) = vasemmalla jalalla tehty testi;

Nopkeskhajmms = Huojunnan nopeuden keskihajonta [mm/s<sup>2</sup>]; Huojunnanpitmm = Huojunnan pituus [mm]; Huojunnanpint = Huojunnan pinta-ala [mm<sup>2</sup>]; Xkeskhajmm = X-keskihajonta [mm/s]; Ykeskhajmm = Y-keskihajonta [mm/s]

### 5.3 Interventio- ja kontrolliryhmien sisäiset muutokset

Taulukossa 3 kuvataan interventio- ja kontrolliryhmien sisäisiä eroja intervention alun ja lopun välillä. Interventoryhmä paransi tulostaan HUR-TMT A -testissä  $7,3 \pm 6,8$  s ( $p=0,001$ ) ja kontrolliryhmä  $8,6 \pm 4,3$  s ( $p<0,001$ ). TMT A -testissä interventoryhmä paransi suoritustaan  $7,9 \pm 11,2$  s ( $p=0,008$ ) ja kontrolliryhmä  $8,5 \pm 10,1$  s ( $p=0,022$ ). Lajitaitojen osalta kontrolliryhmän aika parani suunnanmuutoskykyä mittaavassa testissä  $0,16 \pm 0,18$  s ( $p=0,008$ ). Syöttötarkkuustestin kokonaisajassa ei tapahtunut muutosta kummallakaan ryhmällä ( $p=0,107$  ja  $p=0,247$ ). Interventoryhmä kuitenkin paransi suoritustaan testiin käytettävän ajan suhteen  $9,3 \pm 11,9$  s ( $p=0,006$ ) sekä yliajan määrän suhteen  $9,8 \pm 11,9$  s ( $p=0,004$ ). Samaan aikaan interventoryhmä kuitenkin huononsi suoritustaan virheiden osalta, sillä tehdyt virheet lisäsivät keskimäärin  $7,7 \pm 15,8$  s kokonaisaikaan ( $p=0,037$ ).

**Taulukko 3.** Tasapainottelutilanteen aikaisen kognition, kognition istuma-asennossa ja lajitaitotestien muutos interventoryhmällä.

Muuttuja	Interventio			Kontrolli		
	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	P-arvo	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	P-arvo
HUR-TMT A/s <sup>^</sup>	27,3 ± 9,8	-7,3 ± 6,8	<b>0,001</b>	33,5 ± 5,3	-8,6 ± 4,3	<b>&lt;0,001</b>
TMT A/s <sup>^^</sup>	28,1 ± 12,4	-7,9 ± 11,2	<b>0,008</b>	30,3 ± 8,6	-8,5 ± 10,1	<b>0,022</b>
Suunnanmuutos/s <sup>^</sup>	3,67 ± 0,24	-0,16 ± 0,32	0,059	3,74 ± 0,23	-0,16 ± 0,18	<b>0,008</b>
LSPT-aika/s <sup>^</sup>	64,7 ± 11,6	-9,3 ± 11,9	<b>0,006</b>	60,6 ± 8,0	-2,8 ± 9,4	0,269
LSPT-Tarkkuus <sup>^</sup>	4,3 ± 2,2	1,7 ± 3,0	<b>0,037</b>	5,3 ± 2,4	0,4 ± 4,3	0,724
LSPT-Yliaika/s <sup>^</sup>	21,2 ± 11,6	-9,8 ± 11,9	<b>0,004</b>	17,1 ± 8,1	-3,9 ± 9,6	0,143
LSPT-Virheet <sup>^</sup>	18,5 ± 14,3	7,7 ± 15,8	0,076	24,4 ± 9,2	0,1 ± 11,8	0,909
LSPT-Kokonaisaika/s <sup>^</sup>	100,1 ± 34,4	-13,1 ± 31,6	0,107	96,8 ± 22,2	-6,9 ± 22,2	0,247

ka = keskiarvo; kh = keskihajonta; ^ = Parittainen t-testi; ^^ = Wilcoxon signed rank test; HUR-TMT A = Hur-laitteella tandemasennossa tehty TMT A -testi; TMT A = Trail Making Test A-osa; LSPT = Loughborough Soccer Passing Test

Taulukossa 4 kuvataan interventio- ja kontrolliryhmien sisäisiä eroja intervention alun ja lopun välillä. Interventoryhmä paransi suoritustaan huojunnan nopeuden keskihajonnan osalta tilastollisesti merkitsevällä tavalla ( $p=0,023$ ) HUR-TMT A -testin aikana mitatun huojunnan kohdalla. Muutoin kummallakaan ryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja huojuntaa mittaavissa muuttujissa minkään testin osalta.

**Taulukko 4.** Huojunta mitattuna HUR-laitteella kognitiivisen testin aikaan sekä seisten silmät auki yhdellä jalalla.

Muuttuja	Kontrolli			Interventio		
	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	P-arvo	Alku ka ± kh	Muutos ka ± kh	P-arvo
Nopkeskhajmms <sup>^</sup>	23 ± 13	2 ± 16	0,326	25 ± 18	5 ± 30	0,463
Huojunnanpitmm <sup>^</sup>	866 ± 352	-184 ± 309	<b>0,023</b>	1020 ± 446	-224 ± 458	0,064
Huojunnanpint <sup>^</sup>	1225 ± 1094	-47 ± 1205	0,679	1239 ± 1187	585 ± 3520	0,972
Xkeskhajmm <sup>^</sup>	9 ± 2	1 ± 3	0,408	9 ± 3	2 ± 9	0,529
Ykeskhajmm <sup>^</sup>	9 ± 6	-1 ± 6	0,535	8 ± 5	0 ± 7	0,917
Huojunnanpint <sup>^^</sup>	887 ± 599	7 ± 553	0,501	1526 ± 2871	-439 ± 1871	0,753
Huojunnanpitmm <sup>^^</sup>	1003 ± 306	51 ± 244	0,379	1016 ± 649	-87 ± 377	0,552
Nopkeskhajmms <sup>^^</sup>	26 ± 21	-1 ± 15	0,569	27 ± 25	-2 ± 18	0,972
Xkeskhajmm <sup>^^</sup>	6 ± 2	-0, ± 2	0,756	8 ± 7	-1 ± 3	0,972
Ykeskhajmm <sup>^^</sup>	9 ± 3	0 ± 3	0,955	10 ± 6	-1 ± 4	0,972
Huojunnanpint <sup>^^</sup>	723 ± 682	-60 ± 755	0,408	675 ± 460	81 ± 732	0,650
Huojunnanpitmm <sup>^^</sup>	903 ± 186	19 ± 226	0,796	899 ± 407	-105 ± 304	0,249
Nopkeskhajmms <sup>^^</sup>	21 ± 11	-2 ± 13	0,938	20 ± 11	3 ± 20	0,917
Xkeskhajmm <sup>^^</sup>	6 ± 1	0 ± 1	0,215	6 ± 3	0 ± 4	0,753
Ykeskhajmm <sup>^^</sup>	8 ± 5	0 ± 6	0,501	8 ± 3	0 ± 3	0,917

ka = keskiarvo; kh = keskihajonta; Wilcoxonin signed rank test;

<sup>^</sup> = Huojunta HUR-TMT A -testin aikana; <sup>^^</sup>Huojunta yhdellä jalalla silmät kiinni;

(O) = oikealla jalalla tehty testi; (V) = vasemmalla jalalla tehty testi;

Huojunnanpint = Huojunnan pinta-ala [mm<sup>2</sup>]; Huojunnanpitmm = Huojunnan pituus [mm];

Nopkeskhajmms = Huojunnan nopeuden keskihajonta [mm/s<sup>2</sup>]; Xkeskhajmm = X- keskihajonta [mm/s]; Ykeskhajmm = Y- keskihajonta [mm/s]

## 6 Pohdinta

### 6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko tasapainoharjoittelulla vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon. Tasapainottelutilanteen aikaista kognitiota mittaavassa HUR-TMT A -testissä interventioryhmä oli kontrolliryhmää parempi alkumittauksissa. Kuitenkin sekä interventio-, että kontrolliryhmä paransivat tulostaan intervention aikana. Muutos oli molempien ryhmien osalta samanlainen, eli kumpikaan ryhmä kehittynyt toista ryhmää paremmin. Toisin sanoen tutkimuksessa havaittiin, että tasapainoharjoittelu ei näyttänyt vaikuttavan tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon tavallisesta harjoittelusta poikkeavalla tavalla. Tasapainoharjoittelun vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon ei ole ennen tutkittu, minkä vuoksi tulokset eivät ole verrattavissa kirjallisuuteen.

Sekä interventio- että kontrolliryhmä paransivat tulostaan TMT-HUR A -testissä ryhmien sisäisessä vertailussa tilastollisesti merkitsevällä tavalla. Tähän voi vaikuttaa testin tekemisen helpottuminen ensimmäisen kerran jälkeen, mutta myös päivittäinen vaihtelu voi olla suurta lapsilla. Pelaajien harjoittelu tapahtui seurojen omilla harjoitusvuoroilla valmentajien toimesta, minkä vuoksi tasapainoharjoittelutilannetta ei pystytty kontrolloimaan tutkimusryhmän toimesta. On myös tärkeää huomata, että tutkimukseen osallistuneet pelaajat olivat harrastajatason joukkueista. Tämän vuoksi voi olla, ettei pelaajien motivaatio ollut sellaisella tasolla, että pelaajat olisivat olleet sitoutuneita tasapainoharjoitteluun, minkä vuoksi tutkimuksessa ei havaittu sellaista kehittymistä, jonka olisi voinut olettaa tapahtuvan.

Oletuksena tutkimuksessa oli, että tasapainottelutilanteen aikainen kognitio paranee, sillä tasapainon voidaan katsoa kuuluvan psykomotoriseen toimintakykyyn. Tasapainon säilyttäminenkin on tietysti mielessä kognitiivinen haaste. Hypoteesina taustalla oli, että

tasapainoharjoittelu vapauttaisi kapasiteettia korkeamman tason ajatuksille, kuten pelillisille ratkaisuille.

TMT A -testin osalta ryhmät olivat keskenään samanlaisia alkutilanteessa. Molemmat ryhmät paransivat kognitiivisia kykyjä samalla tavalla, eli kumpikaan ryhmä ei kehittynyt toista ryhmää paremmin. Tutkimuksessa ei havaittu, että tasapainoharjoittelu parantaisi kognitiivisia kykyjä tavanomaista harjoittelua enemmän. Aiemmat tutkimukset eivät ole tutkineet tasapainoharjoittelun vaikutusta kognitioon jalkapalloilijoilla. Aiemmat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että korkeammalla tasolla pelaavat pelaajat saavat parempia tuloksia kognitiivisista testeistä (Hujigen ym. 2014, Verburgh ym. 2014, Vestberg ym. 2012). Hujigenin ym. (2014) sekä Vestbergin ym. (2012) toteuttamissa tutkimuksissa havaittiin ero myös TMT A -testin osalta, joka on sama kuin tässäkin tutkimuksessa käytetty testi. Tämän tutkimuksen tulokset ovat tältä osin aiemman kirjallisuuden kanssa linjassa. Tässä tutkimuksessa interventio- ja kontrolliryhmään valikoituneet joukkueet olivat taustoiltaan samanlaisia ja niin olivat myös kognitiivisen testin tulokset alkutilanteessa. Myös lajitaitotestien tulokset olivat alkutilanteessa hyvin samanlaiset, eli ainakin tässä tutkimuksessa toteutettujen testien osalta ryhmät olivat kokonaisuudessaan samankaltaisia.

Lasten kognitioon vaikuttaa biologisen kypsymisen aste. Lasten aivojen etulohkon kasvu parantaa kognitiivisia kykyjä (Heilmann ym. 2022). Tässä tutkimuksessa ei kuvannettu aivojen etulohkon kokoa, mutta muilta osin tulokset olivat yhteneviä – lasten kognitiiviset kyvyt paranivat ajan funktiona. Koska lasten kognitiiviset kyvyt paranevat iän kasvaessa joka tapauksessa, on mahdollista, että sen osittaisesta vaikutuksesta johtuen, tässä tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kognitiossa.

Suunnanmuutostestissä ryhmät olivat alkutilanteessa ja muutoksen osalta samanlaisia. Vaikka muutos olikin samankaltainen molemmilla ryhmillä, vain kontrolliryhmällä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmän sisäisessä tarkastelussa. Ryhmien sisäisen muutoksen keskiarvo oli molemmilla ryhmillä samansuuruinen, mutta interventioyhmän osalta keskihajonta oli



suurempi, minkä vuoksi muutos ei riittänyt olemaan tilastollisesti merkitsevä. Tulos on ristiriidassa Makhloufin ym. (2018) ja Trecrocin ym. (2018) toteuttamien tutkimusten kanssa, joissa tasapainoharjoitteluohjelmalla saatiin parannettua suunnanmuutoskykyä. Ristiriita voi johtua siitä, että tässä tutkimuksessa interventio oli lyhyempi sekä otoskoko pienempi, kuin kirjallisuuden muissa tutkimuksissa.

Trecroci ym. (2018) havaitsivat, että "slack line" -harjoittelu olisi tavanomaista tasapainoharjoittelua motivoivampaa lapsilla. Tämän tutkimuksen osalta on syytä pohtia, oltiinko tasapainoharjoitteluun tarpeeksi sitoutuneita. On mahdollista, että motivoivammalla harjoitustavalla voitaisiin saada suurempi harjoitusvaste aikaan, vaikka interventio olikin lyhyt. Tässä tutkimuksessa tehty harjoittelu toteutettiin tasapainopuomien päällä. Voi olla, että se ei ole vaikuttavin tasapainoharjoittelun keino, jolla saadaan aikaan muutoksia suunnanmuutoskykyyn tässä kohderyhmässä.

LSPT:ssä ryhmät olivat alkutilanteessa ja muutoksen osalta samankaltaisia. Ryhmien sisäisten erojen osalta interventioryhmällä havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos LSPT:n aika-, tarkkuus- ja yliaikamuuttujan suhteen, mutta virheet- ja kokonaisaikamuuttujien osalta muutoksia ei havaittu. Kontrolliryhmällä puolestaan mitään tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu. Tulos on osittain yhtenevä Cè ym. (2018) toteuttaman tutkimuksen kanssa, jossa tasapainoharjoittelu kehitti pelaajien LSPT:n tuloksia enemmän kuin tavanomainen harjoittelu. Tässä tutkimuksessa kokonaisajassa ei kuitenkaan havaittu muutoksia, mikä hieman heikentää tuloksen vahvuutta. Tässäkin tapauksessa kirjallisuuteen verrattaessa on havaittavissa, että merkittäviä muutoksia on saatu aikaan pidempikestoisemmalla ja intensiivisemmällä interventiolla.

Chew-Bullock ym. (2012) havaitsivat hyvän tasapainokyvyn olevan yhteydessä laukaisutarkkuuteen, kun lauotaan vahvemmalla jalalla. Vaikka tässä tutkimuksessa kyseessä olikin syöttötesti, ovat laukaisemisen ja syöttämisen biomekaniikka hyvin samanlaisia. Vaikka tässä tutkimuksessa ei havaittukaan tilastollisesti merkitsevää paranemista tasapainotaidoissa,

voi olla, että parannukset LSPT:ssä viittaisivat epäsuorasti tasapainotaitojen parantuneen, sillä kyseessä on ainoa muuttuja, jossa havaittiin interventioryhmää suosivia muutoksia, minkä lisäksi se on aiemman kirjallisuuden kanssa yhtenevä.

Tasapainoa kuvaavien huojuntamuuttujien osalta ryhmät olivat samanlaisia alussa ja muutoksen osalta. Kummallakaan ryhmällä ei myöskään havaittu muutoksia heidän tasapainokyvyissään lukuun ottamatta huojunnan pituus -muuttujaa, jossa kontrolliryhmä paransi suoritustaan tilastollisesti merkitsevällä tavalla. Interventioryhmä paransi suoritustaan enemmän kuin kontrolliryhmä, mutta ryhmän keskihajonta oli niin suuri, ettei tulos ollut tilastollisesti merkitsevä. On mahdollista, että tämä kuvaa tilannetta, jossa yksittäiset suuresti poikkeavat tulokset aiheuttavat vääristymää koko ryhmän keskiarvoon, minkä vuoksi tulokset eivät välttämättä kuvaa todellisuutta luotettavasti. Kokonaisuudessaan tasapainotestien tulokset ovat kuitenkin ristiriidassa aikaisemman kirjallisuuden kanssa, jossa tasapainoharjoittelu vaikuttaa usein positiivisesti tasapainokykyihin (Cè ym. 2018, Makhlouf ym. 2018, Trecroci ym. 2018). Näissä kaikissa tutkimuksissa tosin otoskoko ja intervention kesto ovat olleet tätä tutkimusta suurempia.

Tämä tutkimus tehtiin lapsilla, minkä vuoksi tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon monia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa harjoitteluun ja kehittymiseen. Lasten tasapainotaitoihin vaikuttaa suuresti eri aistinjärjestelmien kehittyminen. Tämä biologisen kypsymisen aste kehittyä lapsilla eri tahdilla ja eri aikaan (Cè ym. 2018). Joissakin tapauksissa lasten tasapainotaidot jopa heikkenevät biologisen kypsymisen vuoksi (Quatman-Yates ym. 2012). Tässä tutkimuksessa ei otettu huomioon lasten biologisen kypsymisen astetta, minkä vuoksi tuloksia tulee tulkita varovaisesti. Trecrocin ym. (2018) mukaan lapsilla tasapainotaitoihin vaikuttaa myös pituuskasvu, etenkin kasvupyrähdykset. Ne saattavat muokata kehon massakeskipistettä nopeasti heikentäen tasapainotaitoja. Tässä tutkimuksessa ei myöskään otettu huomioon pituuskasvua, eli ei voida tietää johtuiko tilastollisesti merkitsevien muutosten puutos osittain myös pituuskasvusta.

Kaikissa tutkimuksissa, joissa tilastollisesti merkitseviä eroja lajitaidoissa (suunnanmuutostesti ja LSPT) on saatu aikaan, on myös tapahtunut parannus tasapainotaidoissa. Tässä tutkimuksessa tasapainoharjoittelu ei saanut aikaan tilastollisesti merkitseviä muutoksia tasapainossa eikä myöskään suurimmassa osaa lajitaidoista. Näyttäisi siltä, että tilastollisesti merkitseviä tasapainoharjoittelun hyötyjä lajitaitoihin saavutetaan, jos sillä on vaste tasapainotaitoihin. Vaikka tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitseviä muutoksia tasapainotaitoihin ei saavutettukaan, ei voida todeta, etteikö tasapainoharjoittelulla voisi olla vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon. Jos tasapainoharjoittelu vaikuttaa tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon, on todennäköistä, että muutokset ovat havaittavissa vasta, kun tasapainotaidot ovat merkittävästi muuttuneet.

Tasapainoharjoittelulla voi olla vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon. Tasapainoharjoittelu parantaa lajitaitoja (Cè ym. 2018, Trecroci ym. 2018) ja esimerkiksi suunnanmuutoksen on ajateltu olevan jossakin määrin myös kognitiivinen haaste (Serpell ym. 2018). Tasapainonkin voidaan ajatella olevan kognitiivinen haaste, sillä se pyrkii ulkoisen ja sisäisen aistitiedon avulla ongelman ratkaisemiseen – eli tasapainon ylläpitämiseen. Myös hyvät kognitiiviset kyvyt on yhdistetty pelaajan korkeampaan taitotasoon (Hujigen ym. 2015, Verburgh ym. 2014, Vestberg ym. 2012). Voi siis olla mahdollista, että mitä paremmat tasapainokyvyt pelaaja omaa, niin sitä enemmän kapasiteettia hänellä on keskittyä tietoisesti pelillisten asioiden käsittelemiseen. Tämä tutkimus tukee osittain tätä oletusta, sillä tässä tutkimuksessa tasapainottelutilanteen aikainen kognitio parani interventioryhmällä. On myös mahdollista, että lapsilla monet eri harjoittelumuodot parantavat tasapainottelutilanteen aikaista kognitiota.

## 6.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Aineisto oli yhteistyössä SteepWalk-yrityksen kanssa hankittu. Sen heikkouksia olivat otoksen pieni koko sekä taitotason heterogeenisyys ryhmien sisällä, vaikka ryhmät olivatkin alkutilanteessa keskenään samankaltaisia. Taitotason heterogeenisyyden vuoksi yksittäiset poikkeavat tulokset saattoivat aiheuttaa harhaa tuloksiin. Toisaalta aineiston sukupuolijakauma

oli tasainen ja ikäjakauma tarkka, mikä on tutkimuksen vahvuus. Aineisto kuvaa pientä osaa pääkaupunkiseudun lapsista, minkä vuoksi tulokset eivät ole yleistettävissä. Tasapaino-ominaisuuksien mittaaminen oli toteutettu luotettavasti HUR-laitteella, joka mittasi tutkittavien huojuntaa voimalevyn avulla. Kognitiota mittaavia testejä lisäämällä olisi saatu luotettavampi kuva tutkittavien kognitiosta. Sánchez-Cubillon ym. (2009) mukaan TMT A -testi mittaa näköhavainnointiin liittyviä kykyjä sekä työmuistia. Kaikkia kognition osa-alueita ei siis tällä menetelmällä saatu selvitettyä, minkä vuoksi myöskään koko kognition osalta ei voida tehdä johtopäätelmiä. Myös lajitaitoja mittaavia testejä lisäämällä olisi parannettu tutkimuksen luotettavuutta. Toisaalta lajitaitotestit olivat validoituja, mikä parantaa luotettavuutta.

Tutkimuksen suurin vahvuus oli se, että se oli ensimmäinen, joka tutki tasapainoharjoittelun vaikutusta tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon 10-12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla. Tämän ilmiön osalta vakiintuneita tutkimusmenetelmiä ei vielä ole. Tämän tutkimuksen ansiosta aiheen tutkiminen jatkossa on helpompaa. Tutkimus ei myöskään havainnut tasapainoharjoittelun vaikuttavan negatiivisesti tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon tai lajitaitoihin, minkä vuoksi näiden tulosten perusteella tasapainoharjoittelua ei ainakaan tule välttää lasten jalkapalloharjoittelussa.

Tutkimuksen mittaukset toteutettiin joukkueiden harjoittelupaikoissa, minkä vuoksi testitulannetta ei pystytty standardoimaan samalla tavalla kuin laboratorio-olosuhteissa. Myös mittaajat vaihtelivat testipäivien välillä TMT A ja LSPT -testeissä, minkä vuoksi mittaamiseen on voinut tulla mittaajasta johtuvaa harhaa.

Tutkimuksessa toteutettu interventio oli lyhyt ja intensiteetiltään kevyt, joten voi olla, että se ei riittänyt tuottamaan harjoitusvastetta. Lisäksi harjoituskerrat jäivät keskimäärin tavoitellusta alhaisemmiksi. Verrattuna tutkimuksiin, joissa tasapainoharjoittelulla on saatu hyötyä, tämän tutkimuksen interventio oli hyvin lyhyt ja matalaintensiteettinen. Tutkimuksessa ei myöskään otettu huomioon lasten biologisen kypsymisen astetta, mikä on Wilczyński ym. (2022) mukaan

yhteydessä pelaajan tasapaino-ominaisuuksiin. Lisäksi biologisen kypsymisen taso vaikuttaa lasten kognitiivisiin kykyihin (Heillmann ym. 2022, Paško ym. 2021).

Tasapainoharjoittelu ei näyttänyt parantavan tasapainotilanteen aikaista kognitiota eri tavalla kuin tavallinen harjoittelu. Ei voida kuitenkaan suoraan sanoa, etteikö tasapainoharjoittelu voisi vaikuttaa tiedonkäsittelyyn pelitilanteessa. Ensinnäkin tasapainoharjoittelua voidaan toteuttaa monella eri tapaa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vain tasapainopuomiharjoittelua, mikä jättää huomioimatta monen muun tavan toteuttaa tasapainoharjoittelua. Toisekseen tasapainoa mitattiin staattisesti, mikä ei välttämättä kuvaa kokonaisvaltaisesti pelaajien tasapainotaitoja, sillä se jättää huomioimatta dynaamisen tasapainon osa-alueet. Lisäksi pelkän TMT-testin käyttäminen kognition kuvaamiseen jättää suuren osan kognition osa-alueista huomioimatta. Se ei myöskään ota huomioon pelitilanteissa vaadittavaa kykyä yhdistää monesta eri kanavasta tulevaa informaatiota harmoniseksi tiedonkäsittelyksi, joka tuottaa edullisia pelillisiä ratkaisuja.

### **6.3 Tulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet**

Tämä tutkimus oli ensimmäinen, joka tutki tasapainotilanteen aikaista kognitiota 10–12 -vuotiailla jalkapalloilijoilla. Tuloksia ei voi yleistää, sillä aineistossa ja menetelmissä oli runsaasti luotettavuutta heikentäviä tekijöitä. Verrattavissa olevissa tuloksissa oli myös ristiriitaisuutta aikaisemman kirjallisuuden kanssa. Jatkossa olisikin tärkeää tutkia aihetta pidempikestoilla ja korkeamman intensiteetin omaavilla interventioilla. Myös tutkiminen muilla ikäryhmillä ja suuremmilla otoksilla olisi tärkeää. Jatkotutkimusten olisi tärkeää myös pyrkiä standardoimaan mittaustilanne paremmin.

Aihe on yhteiskunnallisesti tärkeä, sillä jalkapallo tuottaa merkittäviä taloudellisia ja terveydellisiä etuja. Tänä päivänä lapsista vain reilu kolmannes liikkuu liikuntasuosituksen mukaan (Valtion liikuntaneuvosto 2019). On tärkeää tukea liikuntaa, jotta lasten liikunnan määrää voidaan kasvattaa. Jalkapallo on suosittu laji lasten ja nuorten keskuudessa, minkä vuoksi on tärkeää

tutkia, kuinka heidän harrastustoimintaansa voitaisiin parantaa ja täten tehdä toiminnasta laadukkaampaa. Tällä tavoin on mahdollista saada lisää lapsia liikunnan pariin. Tämän tyyppisiä tuloksia on mielekkäintä soveltaa kilpaurheilutason joukkueisiin, joissa tavoitteena suorituskyvyn parantaminen.

## 7 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa tasapainoharjoittelu ja tavanomainen harjoittelu paransivat molemmat tasapainottelutilanteen aikaista kognitiota. Tasapainoharjoittelusta ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää etua tasapainottelutilanteen aikaiseen kognitioon verrattuna tavanomaisesti harjoitteleviin. Tässä tutkimuksessa tasapainoharjoittelu ei vaikuttanut johdonmukaisesti lajitaito-ominaisuuksiin, kun verrataan tavanomaisesti harjoitteleviin. Tässä tutkimuksessa tasapainoharjoittelu, eikä tavanomainen harjoittelu vaikuttanut tilastollisesti merkitsevällä tavalla tasapaino-ominaisuuksiin. Jatkossa olisi tärkeää tutkia aihetta isommalla otoskoolla, eri ikäisillä koehenkilöillä sekä intensiivisemmällä ja pidempikestoisella interventiolla.

## Lähteet

Alves H, Voss M, Boot W ym. Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players. *Front. Psychol.* 2013;4:1-9.

Azzalini D, Rebollo I, Tallon-Baudry C. Visceral Signals Shape Brain Dynamics and Cognition. *Trends Cogn Sci.* 2019;23:488-509. doi: 10.1016/j.tics.2019.03.007.

Babić V, Delalija A. Women's Sprint and Hurdle Events at the 2004 Olympic Games. *New Studies in Athletics.* 2009;24:49-57.

Badau D, Baydil B, Badau A. Differences among Three Measures of Reaction Time Based on Hand Laterality in Individual Sports. *Sports (Basel).* 2018;6:45. doi: 10.3390/sports6020045.

Basso J, Suzuki W. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain Plast.* 2017;2:127-152. doi: 10.3233/BPL-160040.

Bednarczyk G, Wiszomirska I, Rutkowska I, Skowroński W. Role of vision in static balance in persons with and without visual impairments. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2021;57:593-599. doi: 10.23736/S1973-9087.21.06425-X.

Breen E, Howell D, Stracciolini A, Dawkins C, Meehan W. Examination of Age-Related Differences on Clinical Tests of Postural Stability. *Sports Health.* 2016;8:244-249. doi: 10.1177/1941738116633437.

Carriot J, Mackrous I, Cullen K. Challenges to the Vestibular System in Space: How the Brain Responds and Adapts to Microgravity. *Front Neural Circuits.* 2021;15:760313. doi: 10.3389/fncir.2021.760313.

Cè E, Longo S, Paleari E, ym. Evidence of balance training-induced improvement in soccer-specific skills in U11 soccer players. *Randomized Controlled Trial Scand J Med Sci Sports.* 2018;28:2443-2456. doi: 10.1111/sms.13240.

Chew-Bullock T, Anderson D, Hamel K, Gorelick M, Wallace S, Sidaway B. Kicking performance in relation to balance ability over the support leg. *Hum Mov Sci.* 2012;31:1615-23. doi: 10.1016/j.humov.2012.07.001.

Cumberworth V, Patel N, Rogers W, Kenyon G. The maturation of balance in children. *J Laryngol Otol.* 2007;121:449-54. doi: 10.1017/S0022215106004051.

Dajani D, Uddin L. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends Neurosci.* 2015;38:571-8. doi: 10.1016/j.tins.2015.07.003.



Day B, Fitzpatrick R. The vestibular system. *Curr Biol*. 2005;15:R583-6. doi:10.1016/j.cub.2005.07.053.

Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135-68. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.

Donnelly J, Hillman C, Castelli D. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:1197-222. doi: 10.1249/MSS.0000000000000901.

Erickson K, Hillman C, Stillman C, ym. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 June ; 51(6): 1242–1251. doi:10.1249/MSS.0000000000001936.

Filevicha E, Kühnb S, Haggarda P. Intentional inhibition in human action: The power of ‘no’. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012;36:1107–1118.

Gebel A, Lesinski M, Behm B, Granacher U. Effects and Dose–Response Relationship of Balance Training on Balance Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* (2018) 48:2067–2089 <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0926-0>.

Gidu D, Badau D, Stoica M, ym. The Effects of Proprioceptive Training on Balance, Strength, Agility and Dribbling in Adolescent Male Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:2028. doi: 10.3390/ijerph19042028.

Gosselin V, Boccanfuso D, Laberge S. Social return on investment (SROI) method to evaluate physical activity and sport interventions: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2020 Feb 27;17(1):26. doi: 10.1186/s12966-020-00931-w.

Heilmann F, Wollny R, Lautenbach F. Inhibition and Calendar Age Explain Variance in Game Performance of Youth Soccer Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:1138. doi: 10.3390/ijerph19031138.

Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med*. 2011;41:221-32. doi: 10.2165/11538560-000000000-00000.

Huijgen B, Leemhuis S, Kok N, ym. Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLoS One*. 2015;10:1-13. DOI:10.1371/journal.pone.0144580.

Inkinen V, Hakamäki M, Laine K ym. Jalkapallon harrastamisen hinta -tutkimus. Saatavilla internetissä: [https://www.datocms-assets.com/62562/1647980360-harrastamisen\\_hinta\\_tutkimusraportti.pdf](https://www.datocms-assets.com/62562/1647980360-harrastamisen_hinta_tutkimusraportti.pdf) (luettu 14.9.2022)

Klingner C, Witte O. Somatosensory deficits. *Handb Clin Neurol*. 2018;151:185-206. doi: 10.1016/B978-0-444-63622-5.00009-7.

Lehto J, Juuja P, Kooistra L, Pulkkinen L. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*. 2003;21:59–80.

Le Moal E, Rué O, Ajmol A, ym. Validation of the Loughborough Soccer Passing Test in young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014 May;28(5):1418-26. doi: 10.1519/JSC.0000000000000296.

Mahmoud M. Balance exercises as the basis for developing the level of physical and skill performance in basketball young players. *World J Sport Sci*. 2011;4(2):172–8.

Menezes G, Oliveira R, Ferreira A, ym. Does motor coordination influence perceptual-cognitive and physical factors of agility in young soccer players in a sport-specific agility task? *Sports Biomech*. 2021;1-14. doi: 10.1080/14763141.2021.1995476.

Miguel A, Zarowski A, Sluydts M, Macias A, Wuyts F. The Superiority of the Otolith System. *Audiol Neurootol*. 2020;25:35-41. doi: 10.1159/000504595.

Miller E, Lundqvist M, Bastos A. Working Memory 2.0. *Neuron*. 2018;100:463-475. doi: 10.1016/j.neuron.2018.09.023.

Paillard T, Noé F, Rivière T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Athl Train*. 2006;41:172-6.

Paško W, Śliż M, Paszkowski M, ym. Characteristics of Cognitive Abilities among Youths Practicing Football. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:1371. doi: 10.3390/ijerph18041371.

Paul M, Garg K, Sandhu J. Role of Biofeedback in Optimizing Psychomotor Performance in Sports. *Asian J Sports Med*. 2012;3:29-40. doi: 10.5812/asjasm.34722.

Pesce C, Tessitore A, Casella R, Pirritano M, Capranica L. Focusing of visual attention at rest and during physical exercise in soccer players. *J Sports Sci*. 2007;25:1259-70. doi: 10.1080/02640410601040085.

Physical Activity Guidelines Advisory Committee. 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, 2018.

Przednowek K, Sli M, Lenik J, ym. Psychomotor Abilities of Professional Handball Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:1909.

Quatman-Yates C, Quatman C, Meszaros A, Paterno M, Hewett T. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *Br J Sports Med.* 2012;46:649-55. doi: 10.1136/bjsm.2010.079616.

Sánchez-Cubillo I, Periáñez J, Adrover-Roig D. Construct validity of the Trail Making Test: role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J Int Neuropsychol Soc.* 2009;15:438-50. doi: 10.1017/S1355617709090626.

Santos A, Bakke H, Oliveira I, Sarinho S. The performance of children and adolescents with low vision on the Pediatric Balance Scale. *Motricidade*, 2018;14;71–78.  
<https://doi.org/10.6063/motricidade.13753>

Sariati D, Hammami R, Zouhal H, ym. Improvement of Physical Performance Following a 6 Week Change-of-Direction Training Program in Elite Youth Soccer Players of Different Maturity Levels. *Front Physiol.* 2021 May 24;12:668437. doi: 10.3389/fphys.2021.668437.

Scharfen H, Memmert D. Fundamental relationships of executive functions and physiological abilities with game intelligence, game time and injuries in elite soccer players. *Appl. Cogn. Psychol.* 2021;35:1535–1546. doi: 10.1002/acp.3886

Schumacher N, Schmidt M, Wellmann K, Braumann K. General perceptual-cognitive abilities: Age and position in soccer. *PLoS One.* 2018;13:e0202627. doi: 10.1371/journal.pone.0202627.

Serpell B, Young W, Ford M. Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1240-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d682e6.

Steepwalk. Kuva tasapainopuomeista. Lupa käyttöön saatu Markku Penttilältä. 2022.

Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35:501-36. doi: 10.2165/00007256-200535060-00004.

Suomen palloliitto. 2022a. Palloliiton SROI - UEFA SROI -mallinnus on työväline, jolla mitataan jalkapalloon sijoitetun pääoman sosiaalista tuottoa. Saatavilla internetissä:  
<https://www.palloliitto.fi/palloliitto/palloliiton-sroi>. (luettu 8.9.2022)

Suomen palloliitto. 2022b. Harrastajamäärät ennätyslukemissa jo elokuun päätteeksi – 150 000:n rajapyykki siintää horisontissa. Saatavilla internetissä:  
<https://www.palloliitto.fi/ajankohtaista/harrastajamaarat-ennatyslukemissa-jo-elokuun-paatteeksi-150-000-n-rajapyykki-siin>. (päivitetty 1.9.2022).

Suomen palloliitto. 2022c. Pelaamaan! Saatavilla internetistä: <https://www.palloliitto.fi/tule-mukaan/pelaamaan> (luettu 14.9.2022)

Suomen palloliitto. 2022d. Seuratoimintaopas. Saatavilla internetissä: [https://www.datocms-assets.com/62562/1651255060-seuratoimintaopas\\_web.pdf](https://www.datocms-assets.com/62562/1651255060-seuratoimintaopas_web.pdf) (luettu 14.9.2022).

Suomen palloliitto. 2022e. Koulut ja päiväkodit. Saatavilla internetistä: <https://www.palloliitto.fi/tule-mukaan/koulut-ja-paivakodit> (luettu 14.9.2022).

Supiński J, Obmiński Z, Kubacki R, Kosa J, Moska W. Usefulness of the psychomotor tests for distinguishing the skill levels among older and younger judo athletes. *Archives of Budo*. 2014;10:315-322.

Trecroci A, Cavaggioni L, Lastella M, ym. Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players. *Res Sports Med*. 2018;26:450-461. doi: 10.1080/15438627.2018.1492392.

Tuthill J, Azim E. Proprioception. *Curr Biol*. 2018;28:194-203. doi: 10.1016/j.cub.2018.01.064.

Tomporowski P, McCullick B, Pendleton D, Pesce C. Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition.

Valtion liikuntaneuvosto. Lasten ja Nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia. Valtien liikuntaneuvoston julkaisuja 2019:1. Painotalo Plus Digital Oy 2019.

Venojärvi. Steepwalk tutkimuksen tutkimusohjeet mittaajille. 2022.

Verburgh L, Scherder E, van Lange P, Oosterlaan J. Executive Functioning in Highly Talented Soccer Players. *PLoS ONE*. 2014;9:1-7. doi:10.1371/journal.pone.0091254

Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. 2012;7:1-5. doi: 10.1371/journal.pone.0034731.

Wang C, Chang C, Liang Y, ym. Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLoS One*. 2013;8:e55773. doi: 10.1371/journal.pone.0055773.

Wilczyński B, Radzimiński Ł, Sobierajska-Rek A, Tillier K, Bracha J, Zorena K. Biological Maturation Predicts Dynamic Balance and Lower Limb Power in Young Football Players. *Biology (Basel)*. 2022;11:1167. doi: 10.3390/biology11081167.

World Population Review. 2022. Most Popular Sport By Country 2022. Saatavilla internetistä: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/most-popular-sport-by-country> (luettu 14.9.2022).

Yaggie JA, Campbell BM. Effects of balance training on selected skills. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):422-8. <https://doi.org/10.1519/R-17294.1>.

Zaehringer J, Falquez R, Schubert A, Nees F, Barnow S. Neural correlates of reappraisal considering working memory capacity and cognitive flexibility. *Brain Imaging Behav.* 2018;12:1529-1543. doi: 10.1007/s11682-017-9788-6.

Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *J Athl Train.* 2010;45:392-403. doi: 10.4085/1062-6050-45.4.392.