



Vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittelu palloilulajeissa - opas valmentajille

Jarmo Koivisto, Kasper Kortelainen, Mika Mäkynen

2023 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

Vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittelu palloilulajeissa - opas valmentajille

Jarmo Koivisto, Kasper Kortelainen,
Mika Mäkynen
Fysioterapeuttikoulutus
Opinnäytetyö
Maaliskuu, 2023

Jarmo Koivisto, Kasper Kortelainen, Mika Mäkynen

Vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittelu palloilulajeissa - opas valmentajille

Vuosi

2023

Sivumäärä

38

Tasapainon rooli tunnustetaan tärkeänä elementtinä osana urheilijan suorituskykyä. Sen harjoittaminen systemaattisesti osana urheilijan suorituskyvyn kokonaisuutta jää kuitenkin vielä monissa lajeissa melko pieneen rooliin. Tasapainon ylläpitämiseksi aivot käsittelevät jatkuvasti muun muassa vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän kautta tulevaa erilaista sensorista informaatiota. Tasapainolla on merkittävä vaikutus useissa palloilulajeissa vaadittavaan liikkeenhallintaan, nopeaan suunnanmuutoksen sekä loukkaantumisten ennaltaehkäisyyn. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli lisätä tietoa tasapainoharjoittelun merkityksestä palloilulajien valmentajien keskuudessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää harjoitteluopas, vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittamisesta palloilulajeissa, joka perustuu tutkittuun tietoon. Opinnäytetyössä vastaamme seuraaviin kysymyksiin: millaista hyötyä tasapainoharjoittelusta on palloilulajeissa? Miten vestibulaari- ja okulomotorista järjestelmää harjoitetaan? Opinnäytetyön työelämä yhteistyökumppani yrityksenä on ollut Ainone Oy, joka on kehittänyt tasapainoa mittaavan AinoneBalance mobiilisovelluksen. Yrityksen puolelta opinnäytetyötä on ollut ohjaamassa yrityksen perustajajäsen Matti Vartiainen (Fysioterapeutti, TtM, FT).

Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys muodostuu tasapainojärjestelmän ja erityisesti vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittamisesta ja niiden hyödyistä urheilussa. Opinnäytetyössä käsitellään tasapainoa kokonaisuutena ja vestibulaari- sekä okulomotorista järjestelmää niiden keskeisinä osina. Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä on ollut narratiivinen kirjallisuuskatsaus, josta saatuihin tuloksiin Vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittelu palloilulajeissa - Opas valmentajille, perustuu.

Tasapainojärjestelmän ja näköaistin harjoittelusta palloilulajeissa on vielä vähän tutkimusaineistoa saatavilla. Aiemmat tutkimukset painottuvat lähinnä neurologisiin sairauksiin ja aivovammiin. Jatkossa olisi hyvä tutkia tasapainojärjestelmän ja näköaistin harjoittelua ja niiden vaikutuksia tasapainoon sekä urheilijoiden suorituskykyyn.

Asiasanat: Vestibulaarijärjestelmä, okulomotorinen järjestelmä, harjoittelu, tasapaino, urheilu

Jarmo Koivisto, Kasper Kortelainen, Mika Mäkynen

Training of the vestibular system and oculomotor system in ball sports - a guide for coaches

Year

2023

Pages

38

The role of balance is recognized as an essential element as part of an athlete's performance. However, practicing it systematically as a part of the athlete's overall performance plays a rather small role in many sports. To maintain balance, the brain processes different sensory information coming through the vestibular and the oculomotor system.

Balance has a significant effect on the motor control that is required in several ball sports, due to the rapid change of direction and the prevention of injuries. The aim of this thesis was to increase knowledge of the importance of balance training among team sports coaches. The goal of this thesis was to develop a practice guide on training the vestibular system and the oculomotor system in team sports, based on research. In this thesis, answer the following questions are answered: what is the benefit of balance training in team sports? How do you train the vestibular system and the oculomotor system? The working life partner of the thesis has been Ainone Oy, which has developed the AinoneBalance mobile application that measures balance. From the company the company's founding member Matti Vartiainen (Physiotherapist, TtM, FT) has supervised the thesis work.

The theoretical framework of this thesis consists of exercising the balance system and especially the vestibular system and the oculomotor system and their benefits in sports. In the thesis, balance as a whole is discussed as well as the vestibular system and the oculomotor system as their central parts. The research method in the thesis has been a narrative literature review, from which the findings were obtained. There is still little research material available on the training of the vestibular system and the oculomotor system in ball sports. Previous studies focus on neurological diseases and brain injuries. In the future, it would be useful to study the training of the vestibular system and the oculomotor system, and their effect on the balance and the performance of athletes.

Keywords: Vestibular system, oculomotor system, training, balance, sports

Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	8
3	Teoreettinen viitekehys	8
4	Suorituskyky palloilulajeissa	9
5	Tasapaino.....	9
5.1	Staattinen ja dynaaminen tasapaino	10
5.2	Tasapainon säätely.....	10
5.3	Ennakoivat toiminnot ja reagoiva tasapainon säätely	11
6	Silmä ja näköaisti	13
6.1	Havaintomotoriikka	14
6.2	Tarkka näkö ja ääreisnäkö	15
6.3	Näköharjoitteiden soveltaminen	16
7	Vestibulaarinen järjestelmä	16
7.1	Perifeerinen vestibulaarijärjestelmä	16
7.2	Kaarikäytävät	17
7.3	Otoliittielimet	17
7.4	Vestibulaarihermo.....	19
7.5	Sentraalinen vestibulaarinenjärjestelmä	19
7.6	Vestibulaaritimakkeet	19
7.7	Vestibulaarirefleksit	20
7.8	Aktiivinen ja passiivinen päänliike sekä vestibulaariaistimus.....	21
8	Tasapainoharjoittelu.....	22
8.1	Vestibulaarijärjestelmän harjoittelu	23
8.2	Katseen kohdistamisen harjoittelu	24
8.3	Kognitiivinen osuus tasapainoharjoittelussa.....	24
9	Opinnäytetyön prosessi.....	26
9.1	Narratiivinen kirjallisuuskatsaus	27
9.2	Aineiston hankinta	27
9.3	Opas opinnäytetyönä	28
10	Harjoitteluopas valmentajille	28
10.1	Materiaalin kuvaus	28
10.2	Oppaan arviointi.....	29
11	Pohdinta	29
11.1	Pohdinta eettisyydestä ja luotettavuudesta	31
11.2	Jatkotutkimusaiheita	31
12	Lähteet	32

13	Kuviot	36
14	Liitteet.....	36

1 Johdanto

Kokemuksemme mukaan tasapaino koetaan yleisesti urheilussa tärkeäksi ominaisuudeksi, mutta sen harjoittaminen nähdään usein täysin erilliseksi muuhun harjoitteluun nähden. Palloilulajeissa suurin osa on harrasteurheilijoita, ja eri harjoitettavien ominaisuuksien harjoittelu on ajan puutteen takia haastavaa. Haluamme tuoda opinnäytetyössämme esille tasapainoharjoittelun keskeisiä piirteitä, joita pystyy yhdistämään alkulämmittelyyn tai suoraan lajiharjoitteluun ja näin mahdollistaa tasapaino-ominaisuuksien kehittämisen ilman erillistä harjoittelua.

Tasapaino tarkoittaa kykyä ylläpitää erilaisia asentoja ja kontrolloida kehon painopistettä suhteessa tukipintaan. Tasapainoa säätelevät muun muassa vestibulaarielin, okulomotorinen järjestelmä ja tuntoaisti. Tasapainon korjaamiseksi käytetään suurimmaksi osaksi refleksinomaisia tasapainoreaktioita. (Imbiriba ym. 2020; Wilke ym. 2020.) Hyvän tasapainon omaavalla urheilijalla liikkuminen on hallittua, tehokasta ja taloudellista sekä tasapainoharjoittelu pienentää loukkaantumisriskiä (Cech & Martin 2012; Kalaja & Kalaja 2021, 37). Tässä opinnäytetyössä keskitymme vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän vaikutukseen tasapainossa sekä niiden harjoitteluun palloilulajeissa.

Liikunnassa ja urheilussa keskeisin aisti on näköaisti, joka dominoi ristiriitatilanteessa muita aisteja. Eri liikuntamuodoissa ja urheilulajeissa korostuvat erilaiset visuaaliset taidot, jotka ovat opeteltavissa. (Kalaja & Kalaja 2021, 154,159.) Tasapainoelin taas tuottaa tietoa pään asennosta, sen suhteesta painovoimaan, liikesuunnan ja -nopeuden muuttuessa tai päätä käännettäessä (Kalaja & Kalaja 2021, 30). Onkin todettu, että eri lajien urheilijat pärjäävät ei-urheilijoita paremmin tasapainotesteissä. Eri lajien huippu-urheilijoilla aistitiedot painotuvat eri tavoin. Tasapainotesteillä mitattuna esimerkiksi judokat käyttävät asennon säätelyyn eniten näkö tietoa, kilpavoimistelijat taas jalkapalloilijoita ja painijoita enemmän proprioseptistä tietoa tasapainon säätelyssä. (Sandström & Ahonen 2011, 59.)

Tasapainon ja keuhonhallinnan harjoittamisen on todettu kehittävän suorituskykyä urheilussa. Ne ovat palloilulajeissa keskeisiä suorituskyvyn ominaisuuksia. (Onofrei, Amaricai, Petroman, Surducun & Suciun 2019; Brachman, Kamieniarz, Michalska, Pawłowski, Słomka & Juras 2017; Vartiainen 2023.)

2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa tutkittua tietoa vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmän harjoittelusta palloilulajeissa. Tavoitteena on luoda palloilulajien valmentajille tutkittuun tietoon perustuva helppokäyttöinen harjoitteluopas, jonka harjoitteita voi joustavasti sisällyttää muun lajinomaisen harjoittelun ohkeen. Oppaan sisältö muodostuu narratiivisen kirjallisuuskatsauksen avulla kerätystä tiedosta, jonka pohjalta harjoitteet valittiin. Opinnäytetyö tehtiin tiiviisti yhteistyössä työelämälähtöisesti AinoneBalancen kanssa, jonka edustajana toimi Matti Vartiainen.

3 Teoreettinen viitekehys

Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys muodostuu sen aiheen kannalta keskeisimmistä tekijöistä. Ne käsitellään yksityiskohtaisesti luoden teoriapohjan käsiteltävälle aiheelle. Opinnäytetyön keskeiset käsitteet ovat okulomotorinen järjestelmä, vestibulaarijärjestelmä, tasapaino, palloilulajit ja harjoittelu.

Tasapainolla on suuri merkitys eri urheilulajien menestyksellisessä suorittamisessa (Kalaja & Kalaja 2021, 34). Tasapainon kontrollointi koostuu fysiologisista, mekaanisista ja informatiivisista tekijöistä, joiden toiminnot nivoutuvat kiinteästi toisiinsa (Kauranen 2019, 317).

Tasapainon säätelyyn osallistuu tuhansia erilaisia reseptorisoluja, jotka muodostavat erilaisia aistinjärjestelmiä. Keskeisimpiä näistä ovat vestibulaarijärjestelmä eli sisäkorvan tasapainolinjärjestelmä, okulomotorinen- ja proprioseptinen järjestelmä, jotka kaikki ovat yhteydessä toisiinsa lukuisilla hermoyhteyksillä ja -liitoksilla. Järjestelmien keskinäisestä vaikutuksesta tasapainolle on esitetty teorioita, joista Kauranen (2019, 321) käyttää nimityksiä yhteisvaikutusteoria ja sensoripainotteinen teoria. Tässä opinnäytetyössä aihetta lähestytään sensoripainotteisesta näkökulmasta huomioiden aistijärjestelmien tiiviit yhteydet.

4 Suorituskyky palloilulajeissa

Palloilulajeiksi luokitellaan kaikki sellaiset pallopelit, joissa pelataan pallolla. Pallopeleihin luokitellaan myös sellaisia lajeja kuten esimerkiksi jääkiekko ja amerikkalainen jalkapallo, vaikka niitä ei pelata pallon muotoisella välineellä. Pelaajien lukumäärä palloilulajeissa vaihtelee kahdesta (tennis, sulkapallo) aina muutamaankymmeneen (amerikkalainen jalkapallo). Palloilulajeissa paremmuus ratkaistaan tehtyjen pisteiden tai maalien perusteella. (Gutman 2016, 170.)

Urheilijan suorituskyky koostuu monesta ominaisuudesta kuten, fyysisestä ja psyykkisestä sekä yksilön, ympäristön ja tavoitteen vuorovaikutuksesta toisiinsa (Bangsbo 2015). Suorituskyvyllä palloilulajeissa nostamme esille urheilijan kyvyn reagoida toisen joukkueen tai pelaajan aiheuttamaan ulkoiseen ärsykkeeseen. Ärsyke voi syntyä näkö-, kuulo- tai tuntoaistin aiheuttamana. Pallopeleissä tarvitaan aistien välittämän reaktiivisen säätelyn lisäksi myös ennakoivaa säätelyä. (Sandström & Ahonen, 27; Kalaja & Kalaja, 153.) Peleissä voidaan pyrkiä vaikuttamaan vastustajan muistissa olevaan liikkeenhavaintomalleihin antamalla hänelle tarkoituksella virheellinen kuva tulevasta tapahtumasta (Kalaja & Kalaja, 153).

Suorituskykyyn vaikuttaa urheilijan kyvykyys reagoida annettuun ärsykkeeseen pelin kannalta edullisesti. Esimerkiksi kyky nopeaan suunnanmuutokseen on keskeistä kaikissa palloilulajeissa ja urheilijan on jatkuvasti kyettävä tekemään pelin kannalta oikeita päätöksiä tilanteessa käytettävän voiman, nopeuden, teknisen ja taktisen suorittamisen suhteen. Tätä reaktiivista toimintaa täytyy myös jaksaa suorittaa korkealla tasolla koko pelin ajan. (Paul, Gabbet & Nassis 2016.)

5 Tasapaino

Tasapaino on ihmisen pystyssä pysymisen perusta. Tasapaino on häiriöille altis aistijärjestelmien, fysiikan lakien, lihastoiminnan, nivelten muodon ja tuen, alustan, ulkopuolisten tekijöiden ja ihmisten kokemusten summa (Imbiriba ym. 2020). Kauranen (2019, 316) kirjoittaa tasapainon olevan kykyä kontrolloida kehon asentoa, massaa ja painopistettä tukipinnan suhteen lihasvoiman ja saapuvan sensorisen informaation avulla. Asennon kontrollointi käsittää hermolihaskäytännön toiminnat, joiden avulla ihminen säätelee kehon asentoa ja painopistettä ympäristössä. Kyky hallita erilaisia asentoja ja säilyttää tasapaino, on keskeisessä asemassa toiminnalle niin jokapäiväisessä elämässä kuin urheilusuorituksissakin. (Sandström & Ahonen 2011, 166.) Tasapaino voitaisiinkin jakaa eri taitoihin kuten: kykyyn säilyttää asento vakaalla alustalla, asennon säätely liikkuvalla alustalla, asennon säätely tavoitteellisten liikkeiden aikana ja asennon säätely silloin, kun ulkoiset voimat horjuttavat asentoa (Sandström & Ahonen 2011, 52).

5.1 Staattinen ja dynaaminen tasapaino

Staattisella tasapainolla tarkoitetaan yleensä kykyä säilyttää kehon painopiste mahdollisimman lähellä tukipinnan keskikohtaa kehon ollessa paikoillaan (Kauranen 2019, 327). Tähän epätarkkaan termiin ei sisälly kehon spontaani huojunta eivätkä sen korjaamiseen tarvittavat keinot. Ongelmat staattisen tasapainon hallinnassa näkyvät lisääntyneinä liikkeinä seisomiasennossa. (Sandström & Ahonen 2011, 52.)

Dynaaminen tasapaino tarkoittaa kykyä säilyttää tasapaino kehon erilaisten liikkeen aikana (Kauranen 2019, 328). Sandström & Ahonen (2011, 52) kirjoittavat ettei dynaaminen tasapaino terminä kuvaa niitä mekanismeja, joiden avulla tasapaino hallitaan liikkeen aikana. Onkin esitetty teoria, että puhuttaisiin mekanismeista, joiden avulla kehon hallinta säilyy liikkumisen aikana ja jonkin ulkoisen voiman horjuttaessa asentoa. Ongelmat dynaamisessa tasapainossa näkyvät tyypillisesti painonsiirtovaikeuksina, heilahdusten ylisuurina korjauksina ja liikkeenopeuden hidastumisena. Dynaamista tasapainoa harjoitetaan liikkeessä suunnanvaihdoksina eri suuntiin ja harjoitteissa käytetään kaksoistehtäviä, joissa tasapaino säilytetään harjoittelijan keskittyessä johonkin muuhun primääriin tehtävään. Osa dynaamisen tasapainon harjoittelua on myös askelstrategian harjoittelu horjahdusten ja tasapainon menettämisen yhteydessä. (Kauranen 2019, 328.)

Tasapainoharjoittelun tulisi olla monipuolista tasapuolisesti staattista ja dynaamista tasapainoa kehittävä. Harjoittelussa tulisi käyttää erilaisia alustoja ja liikkeenopeuksia. (Väyrynen & Saarikoski 2016.) Staattisessa ja dynaamisessa tasapainossa koko keho tekee jatkuvasti lihastyötä, erilaisia korjausliikkeitä ja se mukautuu sen hetkisiin olosuhteisiin tasapainon säilyttämiseksi (Imbiriba ym. 2020; Kauranen 2011, 182).

5.2 Tasapainon säätely

Sandströmin ja Ahosen (2011, 169-170) mukaan keho huojuu spontaanisti, kun ryhtiä ylläpitävät lihakset kamppailevat painovoimaa vastaan. Kehon huojuntaa korjataan nilkka-, lonkka-, ja askellusstrategioiden avulla. Nilkkastrategian avulla korjataan ensisijaisesti eteen- ja taaksepäin tapahtuvaa huojuntaa nilkkanivelten liikkeiden avulla. Lonkka strategiaa käytetään horjuttavan voiman ollessa niin suurta, ettei nilkkanivelen liike riitä korjaamaan tasapainoa. Askellusstrategiaa käytetään, kun nilkan ja lonkan korjausliikkeet eivät riitä korjaamaan tasapainoa. Askellusstrategiassa otetaan askel horjahduksen suuntaan ja palataan takaisin tasapainoiseen asentoon. He lisäävät kuitenkin kolmen edellisen strategian olevan yleisesti käytössä ja, että niitä kannattaa harjoittaa. Ihminen käyttää myös pään asennon vaihteluja osana tasapainon korjausmekanismeja. (Sandström & Ahonen 2011, 169-170.)

Mekaanisesti tarkasteltuna keho on tasapainossa, kun kehoon kohdistuvat horjuttavat ja pysyasentoa ylläpitävät voimat ovat yhtä suuret. Tasapainon ylläpitämiseen vaikuttavat

mekaaniset tekijät ovat tukialueen suuruus, painopisteen korkeus, tukipisteiden määrä ja henkilön paino. (Kalaja & Kalaja 2022, 26-27.)

Tasapainon säätelyjärjestelmä voidaan jakaa sensoriseen, motoriseen ja biomekaaniseen järjestelmään. Sensoriseen järjestelmään kuuluvat vestibulaari- ja proprioseptinen järjestelmä sekä näköaisti. Motorinen järjestelmä huolehtii lihasten toiminnan ja aktivoitumisjärjestelmän ohjaamisesta. Biomekaaniseen järjestelmään kuuluu lihasten ja nivelten ominaisuudet, kehon mittasuhteet ja liikkuvuudet. (Jaakkola 2021, 18-22.)

Proprioseptinen järjestelmä (asento- ja liikeaisti) koostuu asentotunnosta, voiman aistimisesta ja liikehavainnosta, joita välittävät proprioseptorit (reseptorit), jotka mittaavat kudosten venymistä lihaksissa, jänteissä, nivelpussin seinämissä, nivelsiteissä ja sidekudoksissa. Välittäjinä toimivat lihassukkulat, Golgin jänne-elimet, ihon kosketus-, paine- ja nivelreseptorit. (Sandström & Ahonen 2011, 34.)

5.3 Ennakoivat toiminnot ja reagoiva tasapainon säätely

Ihminen pyrkii kehon ennakoivasti mukautuvilla toiminnoilla säilyttämään tasapainonsa erisuuntaisilla kehon painopisteen siirtymisillä, ennen kuin varsinainen liike tapahtuu. Ennakointi myös jatkuu koko liikkeen ajan mukautuvan lihastonuksen vaihteluna ja pieninä liikkeinä, jotka samalla mahdollistavat liikkeiden suorittamisen ilman tasapainon menettämistä. Tasapainoon liittyvät ennakoivat toimet voidaan jakaa kahteen osaan: valmistelu- ja kompensointi vaiheeseen. Valmisteluvaiheen aikana motoriikan säätelyjärjestelmä aktivoi liikettä stabiloivat lihakset 50 ms ennen liikkeen suorittavien lihasten aktivoitumista. Kompensointi vaiheessa aktivoidaan stabiloivat lihakset uudelleen varsinaisen liikkeen jälkeen tasapainon ja stabiilin asennon hallitsemiseksi muuttuneessa tilanteessa. (Kauranen 2019, 321.)

Pikkuaivojen yhtenä tärkeänä tehtävänä on osallistua motoriikan säätelyyn. Pikkuaivot säätelevät kehon ja raajojen liikettä saaden sensorista tietoa muun muassa pään alueelta, kuulojärjestelmästä, vartalon ja raajojen tyviosien sekä distaaliosien reseptoreista. Pikkuaivot käsittelevät yhdessä isoavokuoren ja aivorungon kanssa proprioseptista syötettä kehon asentojen ennakointiin liikkeen yhteydessä. (Sandström & Ahonen 2011, 14.) Pikkuaivot lähettävät korjaavia signaaleja niille isoavokuoren alueille ja niiden alapuolisille tumakkeille, jotka lähettävät käskysignaaleja selkäytimen etusarven motoneuroneihin, jolloin liikkeistä tulee sujuvia ja hallittuja. Pikkuaivot vertailevat suunniteltuja ja toteutuneita liikkeitä toisiinsa pitäen niiden liikkeet mahdollisimman pieninä. Runsaasti toistoja sisältävän harjoittelun avulla tiettyjen synapsien merkitys korostuu ja sen vaikutus kohdesolun toimintaan paranee. Tämän tyyppistä oppimista tapahtuu esimerkiksi urheilulajien tekniikkaharjoituksissa. (Sand, Sjaastadt, Haug & Bjälje 2019, 124-125.)

Reagoiva tasapainon säätely hyödyntää sensorista informaatiota liikevasteiden suorittamisessa esimerkiksi horjahdusten jälkeen. Reagoivan toiminnan painopiste on horjahduksen jälkeisessä ajassa sekä tapahtumissa. Lopulliset tasapainottavat reaktiot ovat yhdistelmä refleksejä, ennalta ohjelmoituja reaktioita ja suunniteltuja tahdonalaisia liikkeitä. (Kauranen 2019, 323.)

Reagoivassa tasapainon säätelyssä tarkoitetaan tyypillisesti tilanteiden ennakoitua ja tiedostamatonta motorista toimintaa. Keho hyödyntää olemassa olevaa sensorista informaatiota ennen reagoinnin tapahtumista, joka ohjaa tulevaa motorista suoritusta. (Kauranen 2011, 191.)

Nopeissa reagoivissa liikkeissä keskushermosto ei ehdi saamaan palautetta tai tulkitsemaan sensorista tietoa muualta kehosta. Skeemateorian mukaan nopeat liikkeet ohjautuvat ennalta suunniteltujen motoristen kaavojen ja opittujen liikemallien pohjalta. Keskushermosto kerää kuitenkin tietoa kehon tuntemuksista ennen ja jälkeen reagoivan liikkeen, jonka avulla voidaan oppia täysin uusia liikemalleja ja tapoja toimia. (Kauranen 2011, 310-311.)

Dynaamisen systeemisen teoriassa puhutaan kehon liikkeiden itsejärjestäytymisestä. Kehon alkaessa suorittamaan liikunnallista tehtävää, motorisessa järjestelmässä tapahtuu automaattinen itsejärjestäytyminen, jotta tehtävä saadaan suoritettua. Motorista organisoitumista ajatellaan kokonaisuutena, keskushermoston yhteistoimintana, ei aivojen yksittäisen osan aktivoitumisena. Siihen vaikuttaa laajasti keskushermoston toiminta, kuten muisti, opitut liikemallit, havaitseminen, aikomukset ja eri aisteista tuleva informaatio. Eri tasoilla urheilijoilla keho järjestäytyy tehtävästä riippuen eri tavoin. Esimerkiksi aloittelijoilla liikkuminen on tyypillisesti jäykempää kuin taitavammilla liikkujilla. (Jaakkola 2010, 103.)

Näkevällä ihmisellä ympäristöön orientoituminen, etäisyyksien ja objektien havaitseminen sekä kehon liikkeiden hahmottaminen ympäristön suhteen tapahtuu pääosin näköaistin kautta. Premotorisella aivokuorella tapahtuva ennakoiva liikkeen suunnittelu tehdään visuaalisen informaation pohjalta. (Kauranen 2011, 156-157.)

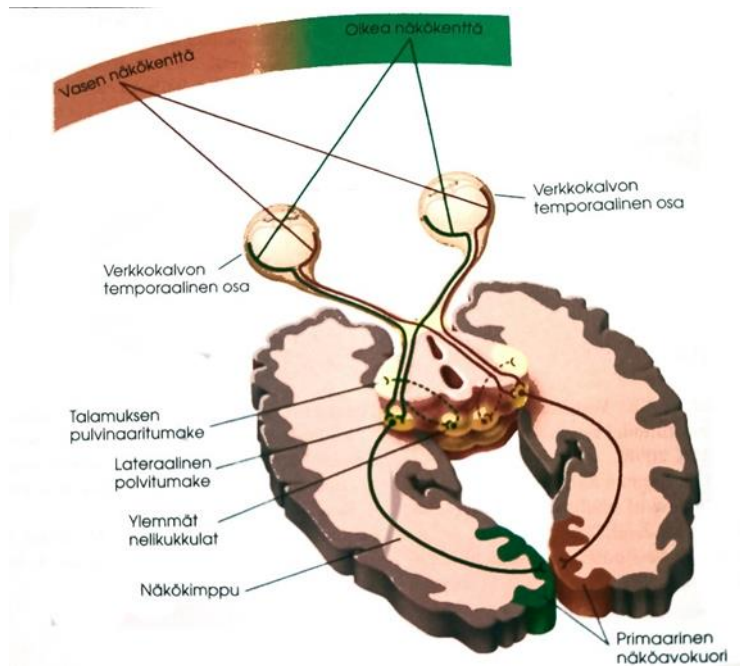
6 Silmä ja näköaisti

Silmissä on fotoneita kiinnittäviä reseptoreita, jotka muuntuvat hermoärsykkeiksi ja näköaivokuoren kautta ne välittyvät muille aivojen alueille muodostaen havainnon nähdystä kohteesta. Värit, havainnon etäisyys, sen muodot ja muut ominaisuudet muodostuvat aivoissa muun muassa opittujen havainnointimallien sekä muistin avulla. Kuviosta 1 nähdään silmistä tulevan informaation risteäminen silmän ja aivopuoliskon välillä ja tieto jatkaa matkaa primariselle näköaivokuorelle, joka sijaitsee aivojen takaosassa. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkvist 2004, 510.) Näköaistin kuuluvilla aivoalueilla on peilisoluja, joiden avulla voidaan ymmärtää, mitä muut ihmiset tekevät. Peilisolut ovat myös oppimisen kannalta olennaisia (Ahonen & Sandström 2011, 30-31). Jopa 40 % koko aivokuoresta on todettu olevan yhteydessä visuaalisen informaation käsittelyssä (Jaakkola 2010, 40). Aivot siis muodostavat mielikuvan ympäristöstä silmistä välittyvän informaation avulla. Onkin todettu, että ihmisen näkökyky on riippuvainen näköaivokuoren toiminnasta eli näkemistä ei tapahdu pelkillä silmillä. (Nienstedt ym. 2004, 560.)

Silmien liikkeitä tekeviä lihaksia on kuusi kappaletta kummassakin silmässä, joita pääosin hermottaa kolme eri aivohermoa. Kaikki silmänliikuttajalihakset toimivat synkronoidusti yhdessä, yhden supistuessa ja toisen jarruttaessa eksentrisesti. (Nienstedt ym. 2004, 510.) Näön kautta havainnoidaan kehoa suhteessa ympäristöön ja raajoja suhteessa toisiinsa, josta saadaan informaatiota kehon asennosta sekä liikkumisesta (Kauranen 2011, 156).

Tasapainon motorisiin toimintoihin liittyen näköaisti on varsin dominoiva muihin aisteihin verrattuna. Jopa 70-80 % aistinreseptoreista on arvioitu olevan silmissämme. Liikkeiden kontrollointi tapahtuu suurilta osin näköaistin avulla. (Jaakkola 2010, 40; Kalaja & Kalaja 2021, 29.) Visuaalinen aistikanava on olennainen osa ihmisen havaintomotoriikkaa ja onkin todettu, että ympäristöä hahmottaessaan sekä liikkeiden säätelyssä muiden aistikanavien informaatio jää helposti toiseksi. Ihminen huomioikin tyypillisesti visuaalisia ärsykeitä muita ärsykeitä herkemmin. (Jaakkola 2010, 60; Kauranen 2011, 156; Nienstedt ym. 2004, 510-512.) Näköaistilla on havaittu olevan selkeät reitit silmistä aivojen motoriselle aivokuorelle, joten se on tärkeä osa liikkeen ennakoivaa päätöksentekoa motorisessa suorittamisessa (Jaakkola 2010, 61). Näköaistin suuresta informaation määrästä huolimatta, pelkät silmien liikkeet eivät suoraan vaikuta ihmisen motoriseen toimintaan, vaan ne ovat osa laajempaa järjestelmää. Näköaistista tuleva informaatio vaikuttaa tasapainoon olennaisesti yhtenä asentoheijasteena. (Kauranen

2011, 235-237.) Näköaisti voidaan karkeasti jakaa kahteen näköalueeseen, jotka ovat tarkka näkö ja ääreisnäkö (Kauranen 2011, 157; Jaakkola 2010, 61-62; Jaakkola 2023, 20).



Kuvio 1: Näköjärjestelmä (Ahonen & Sandström 2011; Nienstedt 2004 mukailten)

6.1 Havaintomotoriikka

Havaintomotoriikka on oleellinen osa tasapainoa. Sitä voidaan karkeasti jaotella aistin-, kineesteettisen- ja visuaalisen havainnoinnin sekä avaruudellisen hahmottamisen, rytmin ja kehon tuntemusten kautta. Havaintomotoriikkaa voidaan myös erotella kehon ja ympäristön mukaan. Havaintomotorinen toiminta on pääosin automatisoitunutta ja tiedostamatonta, jota pystyy kuitenkin kehittämään. (Jaakkola 2010, 55-56.)

Havaintomotorisilla taidoilla tarkoitetaan eri aisteista tulevan informaation tulkitsemista ja hahmottamista sekä tiedon hyödyntämistä motoriseen toimintaan. Kehon eri osien asentojen tiedostaminen, liikkeiden hahmottaminen, rytmi, ympäristön havainnointi ja kehon liike suhteessa ympäristöön ovat keskeisiä havaintomotorisia taitoja. Eri aistitoimintoja voidaan kehittää harjoittelemalla monipuolisesti vaihtelevan ympäristön ja eri ärsykkeiden avulla, joilla saadaan luotua riittävästi näkö-, kuulo-, liike-, tasapaino- ja tuntoaistimuksia. Perus havaintomotoriset taidot kehittyvät lapsena ja nuorena, mutta niitä voidaan jalostaa aina vanhuuteen saakka. Ne ovat urheilussa ja varsinkin palloilulajeissa keskeisiä ominaisuuksia. (Jaakkola 2010, 40-42, 46-48.)

6.2 Tarkka näkö ja ääreisnäkö

Tarkalla näöllä tunnistetaan esineitä ja muita objekteja. Tarkan näön informaation prosessointi on hyvin tietoista ja sillä on suuri rooli liikkeiden säätelyn ennakoinnissa. Ääreisnäöllä on tarkoitus hahmottaa avaruudellisesti ympäristöä ja sen suhdetta ihmiseen itseensä. Sillä on merkittävä rooli korjaavissa liikkeissä ja liikkumisessa. Liikkuessa tarvitaan molempia näköalueita optimaaliseen suoritukseen. (Kauranen 2011, 157; Jaakkola 2010, 61-62; Jaakkola 2023, 20.) Näköaistin kohdistuessa tarkaksi esineeseen tai muuhun objektiin, näkökenttä kapenee, ääreisnäkökentän hahmotus heikkenee ja havainnointi on hyvin tiedostettua. Kun katsetta ei kohdisteta tarkasti johonkin kohteeseen, havainnointi laajemmalla näkökentällä parantuu ja muuttuu tiedostamattomaksi prosessoinniksi. (Kauranen 2011, 157; Jaakkola 2023, 20-22.) Tiedostamatonta tiedonkulkua voidaan hyödyntää nopeammin liikkeiden säätelyssä verrattuna tiedostettuun tiedon prosessointiin (Kauranen 2011, 162-163; Jaakkola 2010, 61-63). Ennakoivien liikkeiden ohjaaminen tapahtuu tyypillisesti ääreisnäön kautta, joka on olennaista tasapainon kannalta (Jaakkola 2010, 40-42). Huomion kiinnittyminen eri vihjeisiin ennen tilanteen tapahtumista, mahdollistaa paremman motorisen suorituksen (Klostermann & Hossner 2018; Chia ym. 2017).

Näköaisti ja katseen kohdistaminen on oleellinen osa tasapainojärjestelmäämme. Silmien liikkeiden ja katseen kohdistamisen tarkoitus on tuottaa keskushermostolle visuaalista informaatiota kehon liikkeiden ennakoivan suunnittelun ja reaktiivisen toiminnan pohjalle. Visuaalisen informaation pohjalta premotorinen ja isoaiukuori tekee liikkeiden ennakoivan suunnittelun, jota lähdetään motorisesti toteuttamaan. Silmien ja katseeseen perustuvaa jatkuvaa visuaalista informaatiota käytetään muulle keskushermostolle tietona mihin ihminen sijoittuu suhteessa ympäristöönsä. (Kauranen 2011, 235-237.) Näköjärjestelmän tuottamasta informaatiosta ja tiedonkäsittelystä osa on tahdosta riippumatonta ja osaan vaikuttaa suuresti muun muassa henkilön motivaatio, vireystila ja tunnetila (Kauranen 2011, 235-237).

Tarkan ja ääreisnäön informaatio kulkee aivoissa kahta erillistä reittiä. Tarkalla näöllä ja katseen kohdistamisella saadaan oleellisesti tietoa ja vihjeitä liikkumisen ennakointiin. Taitava urheilija ennakoi tulevaa tilannetta ennen suoritusta siten, että hän osaa havainnoida tilannetta ennakoivat vihjeet. Ääreisnäön avulla hahmotetaan avaruudellisesti ympäristöä tuoden tietoa raajojen liikkeistä ja ympäristöstä. Tarkasta näöstä tulevan informaation prosessointi kulkee aivokuorelle asti, jolloin sen avulla tapahtuva liikkeiden säätely on hitaampaa ja enemmän tarkkaavaisuutta vaativaa kuin ääreisnäöstä tulevan informaation prosessoinnista. Ääreisnäön kautta tuleva tieto jää aivoissa tiedostamattoman liikkeen säätelyn tasolle, kuten basaaliangliuille, joten se on usein nopeampaa ja automatisoidumpaa. (Nienstedt ym. 2004, 510-514; Jaakkola 2010, 40-43.) Joissain urheiluvalmennustilanteissa onkin ohjeena ”näe, älä katso”.

6.3 Näköharjoitteiden soveltaminen

Näköharjoittelua on tutkittu jonkin verran silmän liikekameroiden avulla urheilusuorituksissa. Yksi tapa on ollut seurata mihin urheilija keskittää katseensa urheilusuorituksen aikana. Onkin todettu, että taitavammat urheilijat havainnoivat ympäristöään enemmän. Taitavammilla urheilijoilla on myös katse ollut kohdistettuna tiettyyn pisteeseen pidemmän aikaa, suorituksen kannalta kriittisimmällä hetkellä, kuin aloittelijoilla. Taitavammat urheilijat siis hyödyntävät tarkkaa näköä ja ääreisnäköä enemmän kuin aloittelijat, jonka vuoksi heidän liikkumisensa on sujuvampaa ja liikkeiden säätely parempaa. (Klostermann & Hossner 2018; Jaakkola 2023, 21.)

Näköharjoittelussa on tarkoitus seurata mihin katse kohdistuu urheilusuorituksen kriittisimmän hetken kannalta. (Klostermann & Hossner 2018.) Taitavilla urheilijoilla katse kohdistuu aina samaan kohtaan, esimerkiksi jalkapallossa taitavat puolustajat kohdistavat katseensa hyökkääjän lantioon eikä palloon. Sulkapallossa on todettu taitavilla pelaajilla enemmän katseen fiksoitumista useampaan kohteeseen verrattuna aloittelijoihin tai vähemmän taitaviin pelaajiin. (Chia ym. 2017.) Ratkaisevaa on oppia pitämään katse suorituksen kannalta oleellisessa kohteessa. Oppiminen vaatii tosin systemaattista harjoittelua urheilusuoritusta vastaavassa ympäristössä. (Klostermann & Hossner 2018.)

7 Vestibulaarinen järjestelmä

Vestibulaarijärjestelmän tehtävänä on säilyttää kehon tasapainotila ja tilallinen orientaatio (Khan & Chang 2013, 437). Se jaetaan perifeeriseen- ja sentraaliseen osaan. Perifeerinen vestibulaarijärjestelmä aistii tasapainoelimen painesensoreilla lineaarisia ja kulmakihtyvyyksiä. Sentraalinen vestibulaarijärjestelmä yhdistää tämän tiedon heti muiden aistinjärjestelmien tuomaan tietoon, jotta kehon orientaation hahmottaminen ja tasapainoon motorinen säätely olisi mahdollisimman nopeaa ja tarkkaa. (Angelaki & Cullen 2008, 125.) Muiden aistinjärjestelmien tapaan, myös vestibulaarijärjestelmä reagoi voimakkaimmin muutokseen ja sopeutuu nopeasti uuteen vallitsevaan tilaan (Goldstein 2017, 63). Kuviossa 2 esiintyy vestibulaarijärjestelmälle olennainen vestibulaarielin.

7.1 Perifeerinen vestibulaarijärjestelmä

Perifeeriseen vestibulaarijärjestelmään kuuluu kaksi pienirakenteista tasapainoelintä ja tasapainohermoa, jotka yhdistyvät kuulohermon kanssa tasapainokuulohermoksi. Tasapainoelin sijaitsee pään molemmin puolin sisäkorvassa, keskikorvan ja temporaaliluun välissä. Tasapainoelin muodostuu luisesta labyrintista, jonka sisällä on perilymfaattisessa nesteessä kelluva kalvoinen labyrintti. Perilymfaattinen neste on samanlaista kuin aivo- selkäydinneste ja ne ovat yhteydessä toistensa kanssa. Kalvollisen labyrintin sisällä on endolymfaattista nestettä,

joka on samankaltaista solunsisäisen nesteen kanssa. Kalvollisen labyrintin sisällä on viisi karvasoluja sisältävää painesensoria, jotka aistivat, kuinka endolymfaattinen neste liikkuu pään kiihtyvyyden mukaan ja koodaavat tämän sähköiseksi viestiksi. (Khan & Chang 2013, 438.)

Painesensoreista kolme sijaitsee kaarikäytävissä (lateraalinen, anteriorinen ja posteriorinen), ja ne aistivat kulmakiihtyvyyttä. Tämän lisäksi sisäkorvan keskiosan onteloissa sijaitsee kaksi otoliittielimiksi kutsuttua painesensoria, jotka aistivat lineaarista kiihtyvyyttä ja painovoimaa. Kaikki tasapainoelimen sensorit toimittava synkroniassa, toisiaan täydentävästi, muodostaakseen riittävän tarkan kuvan kehon liikkeestä ja orientaatiosta suhteessa ulkoiseen maailmaan. (Khan & Chang 2013, 440.)

7.2 Kaarikäytävät

Kalvoinen labyrintti sisältää kolme ovaalin muotoista kaarikäytävää (kuvio 2), jotka ovat orientoituneet suorassa kulmassa toisiaan vasten. Tämä mahdollistaa kulmakiihtyvyyksien eli pään kiertoliikkeiden aistimisen. Jokainen kaarikäytävä on sensitiivinen omalle tasolleen eli tietyn suuntaiselle karvasolujen liikkeelle. Oikean ja vasemman puolen tasapainoelimen kaarikäytävät muodostavat samaa liikkeen tasoa aistivat vastapuoliset parit. Parin toisen puolen sensoreiden aktivoituminen (eksitaatio) johtaa toisen puolen sensoreiden aktiivisuuden laskuun (inhibitio). Kaarikäytävien vastinparit ovat: oikea superiorinen ja vasen posteriorinen, vasen superiorinen ja oikea posteriorinen sekä oikea lateraalinen ja vasen lateraalinen. (Khan & Chang 2013, 440; Zaleski-King, Lai & Sweeney 2019, 7.) Kaarikäytävien juuressa on laajentuma, jota kutsutaan ampullaksi. Ampullassa (kuvio 2) sijaitsee aistinepiteeli, jonka sisällä on muotonsa vuoksi karvasoluiksi kutsuttuja mekanoreseptoreita. Karvasoluja ympäröi hyytelömäinen massa (cupula) ja yhdessä ne muodostavat kiilamaisesti kohoavan rakenteen, jota kutsutaan ampullan harjuksi (crista ampullaris). Karvasoluilla on tietty suunta, johon niiden taipuminen aikaansaa eksitaation, jonka voimakkuus määräytyy karvasolujen taipumiskulman suuruuden mukaan. Lisäksi tähän aistimukseen vaikuttaa onko liike ollut passiivista tai aktiivista. Aktiivinen liike eli tietoisesti itse tuotettu liike ei aiheuta yhtä voimakasta eksitaatiota, kuin odottamaton tai passiivinen liike. (Khan & Chang 2013, 440; Zaleski-King ym. 2019, 4.)

Kaarikäytävät eivät pysty yksin tarjoamaan tietoa pään orientoitumisesta suhteessa ulkopuoliseen maailmaan. Pään kierto seisoma-asennossa aiheuttaa samanlaisen kaarikäytävien eksitaation, kuin rotaatio makuuasennossa. Kaarikäytävien on toimittava synkroniassa otoliittielinten kanssa, jotta totuudenmukainen tilallinen orientaatio hahmottuu. (Angelaki & Cullen 2008, 128; Zaleski-King ym. 2019, 4.)

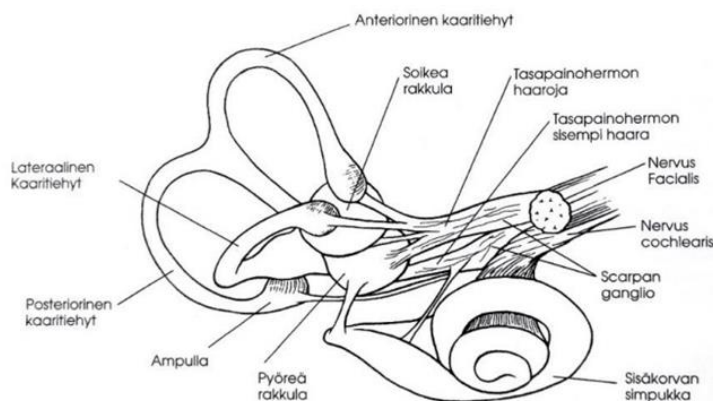
7.3 Otoliittielimet

Yhdessä otoliittielinten funktio on aistia pään staattista orientaatiota suhteessa tilaan ja painovoimaan, sekä lineaarisia kiihtyvyyksiä. Otoliittielimet, pyöreä rakkula (sacculus) ja soikea

rakkula (utricle) sijaitsevat tasapainoelimen kalvoisen sokkelon keskiosan onteloissa (kuvio 2). Onteloiden sisällä on endolymfaattista nestettä. Pyöreä rakkula sijoittuu vertikaali akselille ja soikea rakkula horisontaali akselille, muodostaen suoran kulman suhteessa toisiinsa. Rakkulat ovat nimensä mukaan pyöreän ja soikean muotoiset, mutta ne ovat muuten rakenteeltaan samanlaiset. (Khan & Chang 2013, 439.) Rakkuloiden sisällä on karvasoluja sisältävä aistinepiteeli, jonka pinnalla on hyytelömäinen massa, jota kutsutaan maculaksi. Maculan päällä on kalsiumkarbonaatti kiteitä, otoliitteja. Otoliitit mahdollistavat painovoiman aistimisen, koska ne ovat endolymfaattista nestettä ja maculaa tiheämpiä. Kiteiden paino saa maculan painumaan, joka taivuttaa karvasoluja liikkeessä ja paikallaan ollessa. (Zaleski-King ym. 2019, 8-9.) Karvasolut lähettävät näin viejähaaraketta pitkin tietoa painovoimasta ja pään asennosta tasaisella frekvenssillä hermoimpulsseja, jota kutsutaan lepo tonukseksi. Poikkeamat lineaarisessa kiihtyvyydessä, pään kallistuskulmassa tai painovoimassa aikaan-saa viejähaarakkeen lepotonukseen muutoksen. Otoliittielimet reagoivat voimakkaasti näihin muutoksiin, mutta jo muutaman sekunnin ajan vallinnut muutos johtaa lepotonukseen paluuseen. (Khan & Chang 2013, 439.)

Otoliittielinten karvasolujen taipuessa tiettyyn suuntaan niiden aksoneiden aktipotentiaali frekvenssi tiheytyy. Pyöreän rakkulan karvasoluja stimuloi enemmän sagittaalitasoon kiihtyvyydet ja soikeaa rakkulaa horisontaalitasoon. Sagittaalitasoon kiihtyvyyksiin kuuluu eteen ja taakse, sekä ylös ja alas suunnat. Horisontaalitasoon kiihtyvyyksiin taas pään sivutaivutukset. (Khan & Chang 2013, 439.)

Otoliittielimet ovat rajoittuneet kyvyssään tunnistaa pään kallistumisen ja lineaarisen kiihtyvyyden eroa, esimerkiksi pään taaksepäin kallistus ja horisontaalinen eteenpäin vievä kiihtyminen aikaansaavat samanlaisen karvasolujen liikkeen, joka tekee mahdottomaksi erottaa näitä tapahtumia toisistaan. Kaarikäytävien ja visuaalisen järjestelmän keräämä aistintieto täydentää tämän puutteen. (Angelaki & Cullen 2008, 127.)



Kuvio 2: Vestibulaarielin (Ahonen & Sandström 2011; Hain & Helminsky 2007 mukailten)

7.4 Vestibulaarihermo

Vestibulaarihermon aksonit tuovat tietoa kaarikäytävien ja otoliittielinten karvasoluista vestibulaariganglioon, jossa sijaitsee vestibulaarihermon soomat ja dendriitit. Vestibulaariganglio sijaitsee kalvoisen labyrintin ja temporaaliluun välissä, sisäkorvan lateraalipuolella. Vestibulaarihermo yhdistyy kuulohermon kanssa vestibulaarikuulohermoksi, joka kulkee sisäisen korvakäytävän ja temporaaliluun läpi. Vestibulaarihermo erkaantuu kuulohermosta aivorunkoon, aivosillan ja ytimen risteyksessä, jonka jälkeen hermosäikeet liittyvät aivorunkoon. Pieni osa vestibulaarihermosta liittyy myös pikkuaivoihin. (Khan & Chang 2013, 440-441.)

7.5 Sentraalinen vestibulaarinenjärjestelmä

Sentraalisen vestibulaarijärjestelmän muodostaa aivorunko, pikkuaivot, talamus ja aivokuoren vestibulaari alueet. Sentraalinen vestibulaarinen järjestelmä käsittelee perifeerisen vestibulaarisen järjestelmän ja kaikkien muiden kehon sensoreiden keräämän, tasapainon kannalta oleellisen tiedon, jotta keho säilyttäisi tasapainotilan. Sentraalinen vestibulaarijärjestelmä säätelee alemman tason tiedostamatonta refleksi toimintaa ja ylemmän tason, tiedostettua oman liikkeen säätelyä ja tilan hahmottamista. (Khan & Chang 2013, 438.) Vestibulaarijärjestelmä on vahvasti moniaistillinen. Vestibulaariaistimusta ei tapahdu ilman, että siihen yhdistetään muiden aistinjärjestelmien tietoa (Angelaki & Cullen 2008, 125.) Perifeerisenjärjestelmän keräämä tieto johdetaan aivorungon vestibulaaritumakkeisiin käsiteltäväksi. Tumakkeista tietoa välitetään aivokuorelle ja pikkuaivoihin. (Khan & Chang 2013, 438.) Aivokuoren vestibulaari alueet mahdollistavat tietoisien tasapainon hallinnan. Pikkuaivot monitoroivat vestibulaarista suoritusta ja mukauttavat sitä, tehden siitä tarkan ja koordinoitun. Sentraalisella vestibulaarijärjestelmällä on tärkeä motorinen rooli silmien liikkeiden, päänasennon ja posterioristen lihasten refleksiivisessä ja tahdonalaisessa säätelyssä. (Angelaki & Cullen 2008, 126.)

7.6 Vestibulaaritumakkeet

Vestibulaaritumakkeet sijaitsevat aivorungossa ja ovat vestibulaarisen ja muun tasapainon ylläpitämisen kannalta oleellisen aistintiedon tärkein käsittelykeskus. Suuria vestibulaaritumakkeita on neljä: mediaalinen, superiorinen, lateraalinen ja inferiorinen. Vestibulaaritumakkeet tulkitsevat vestibulaarista tietoa yhdessä visuaalisen, proprioseptisen, auditiivisen ja taktiliisen aistintiedon kanssa. (Khan & Chang 2013, 438.) Tumakkeiden tiedon tulkinta, uudelleen ohjaus ja refleksitoiminta on välitöntä ja aina moniaistillista (Angelaki & Cullen 2008, 125). Aivorungon vestibulaaritumakkeiden keräämä tietoa lähetetään pikkuaivoille ja aivokuoren vestibulaari alueille käsiteltäväksi. Tumakkeissa tapahtuu nopea efferentti tiedon muuntamista motorisiksi käskyiksi. (Zaleski-King ym. 2019, 14.)

7.7 Vestibulaarirefleksit

Vestibulaari reflekseihin kuuluu Vestibulo-okulaari refleksi (VOR - Vestibulo-ocular Reflex), vestibulospinaalirefleksin (VSR - Vestibulospinal reflex) ja vestibulokollinen refleksi (VCR - Vestibulocollic Reflex). Näiden nopeiden ja tiedostamattomien refleksien tarkoitus on ylläpitää tasapainoa vakauttamalla silmiä ja päätä, sekä säätelemällä posturaalisten lihasten aktiivisuutta. (Khan & Chang 2013, 442; Zaleski-King ym. 2019, 10.)

Vestibulo-okulaarinen refleksi (VOR) mahdollistaa katseen pitämisen kohdistettuna samalla, kun pää liikkuu (Kauranen 2011, 235-237; Somisetty & Das 2022). Tämä refleksi on tärkeä tasapainon ylläpitämisen kannalta, ja se jaetaan kaarikäytävien säätelemään angulaariseen vestibulo-okulaari refleksiin ja otoliittielinten säätelemään lineaariseen vestibulo-okulaari refleksiin. Angulaarinen VOR vakauttaa ja stabiloi katsetta pään kiertojen aikana, kun taas lineaarinen VOR vakauttaa katsetta pään lineaaristen liikkeiden aikana ja auttaa arvioimaan katsottavan kohteen etäisyyttä. (Angelaki & Cullen 2008, 127; Zaleski-King ym. 2019, 10.) Kyseisen refleksin avulla pystymme pitämään tasapainon, vaikka silmät ja pää liikkuvat. VOR mahdollistaa pään liikkeen yhteen suuntaa ja silmien lihasten aktivaation vastakkaiseen suuntaan. Vestibulo-okulaarirefleksin toimintahäiriön on todettu vaikuttavan ihmisen liikkumiseen tehden siitä kömpelöä ja huonontaan tasapainoa. (Somisetty & Das 2022.)

Katseen kohdistamista voidaan karkeasti jakaa silmien, niskan, vartalon ja näiden yhdistyneiden liikkeiden perusteella. Ihminen käyttää kolmea eri tapaa katseen kohdistamiseen: pelkkä katse, katse ja pään liike sekä katse, pään liike ja vartalon liike. (Kauranen 2011, 235-237.)

Pään liikkeessa aktivoituu sisäkorvan tasapainoelin, sekä aivorungon tasapainotumakkeet, jotka auttavat aivohermojen tumakkeita kohdistamaan silmät ja katse haluttuun kohteeseen. Tätä kutsutaan nystagmukseksi eli silmävärveksi (Kauranen 2011, 235-237; Nienstedt 2004, 510). Silmän liikkeet ohjautuvat myös raajoista tulevien proprioseptisten ärsykkeiden ja palautteen mukaisesti. Ihmisellä on siis katse ohjattuja raajojen liikkeitä sekä raajan liikkeen ohjaamia silmien nykiviä liikkeitä. (Kauranen 2011, 235-237.)

VOR ja silmävärve toimivat yhteistyössä parantaen katseen vakauttamista ja kohdistamista monissa tilanteissa. VOR koordinoi silmien ja pään liikkeitä, jotta katse pysyy vakaana, kun taas silmävärve auttaa silmien mukautumista nopeisiin katseen siirtymisiin ja liikkuvien kohteiden seuraamiseen. (Kauranen 2011, 235-237; Cullen 2019, 190.) Yhdessä VOR ja silmävärve muodostavat kyvyn nähdä lähelle, sekä kauas ilman näkökentän muuttumista epätarkaksi tai kuvien menemistä päällekkäisiksi (kaksoisnäkeminen). Näiden mekanismien avulla silmät ja aivot pystyvät tehokkaasti prosessoimaan visuaalista tietoa sekä sopeutumaan erilaisiin näkemiseen liittyviin vaatimuksiin. VOR:n ja silmävärveen yhteistyö auttaa meitä myös koordinoimaan silmien liikkeitä suhteessa pään ja vartalon liikkeisiin, mikä mahdollistaa tasapainon ja liikkumisen säilyttämisen erilaisissa tilanteissa. (Cullen 2012, 190.)

Pikkuaivot osallistuvat VOR-toimintaan tekemällä motorisesta vasteesta hallitumpaa ja kestoltaan tarkoituksenmukaista (Angelaki & Cullen 2008, 127; Zaleski-King 2019, 10). Tämän monimutkaisen järjestelmän ansiosta ihmiset pystyvät suorittamaan monenlaisia tehtäviä, kuten urheilua, ajamista ja ympäristön havainnointia, joissa katseen kohdistaminen ja liikkeiden koordinointi ovat avainasemassa. Katseen kohdistaminen ja liikkeiden koordinoiminen ovat monimutkaisia prosesseja, jotka aktivoivat useita aivoalueita ja erilaisia refleksejä. (Cullen 2012, 190.)

Vestibulospinaalirefleksi (VSR) on monimutkainen moniaistillinen refleksi, joka stabiloi vartaloa koordinoimalla posturaalisten lihasten ja raajojen asentoa, sekä tonusta. Aivorungossa ja pikkuaivoissa yhdistyy vestibulaarisen ja visuaalisen järjestelmän, rangan ja raajojen asentoa ylläpitävien lihasten proprioseptisen sensoreiden keräämä tieto. Tämä kehon asennosta kertova tieto laukaisee refleksisiä motorisia käskyjä. Motoriset käskyt aktivoivat tai vaimentavat rangan ja raajojen asentoa ylläpitävien lihasten tonusta, jotta pään ja kehon asento pysyisi tasapainossa. (Khan & Chang 2013, 442; Zaleski-King ym. 2019, 13.)

Vestibulokollinen refleksi (VCR) vakauttaa pään asentoa, säätelemällä niskan lihasten aktiivisuutta. Refleksin ansiosta niskan lihakset vastustavat vestibulaarijärjestelmän havaitsemia kiihtyvyyksiä ja painovoimaa. Vestibulokollisen refleksin toimintamekaniikkaa ei vielä täysin ymmärretä. VSR:llä tiedetään olevan yhteys vestibulospinaali refleksin muodostukseen. (Khan & Chang 2013, 442.)

7.8 Aktiivinen ja passiivinen päänliike sekä vestibulaariaistimus

Tarkan tasapainon säätelyn kannalta on tärkeää, että vestibulaarijärjestelmä erottelee ulkoisen ympäristön aiheuttamat passiiviset pään liikkeet ja itse tuotetut aktiiviset pään liikkeet. Aktiiviset liikkeet ovat tahdonalaisesti suunniteltuja ja passiiviset liikkeet ulkoisiin tekijöihin reagoivia ja refleksisiä. Aktiivisen ja passiivisen pään liikkeen erottelu tapahtuu välittömästi aivorungossa. (Carriot, Brooks & Cullen 2013; Angelaki & Cullen 2008, 132.) Ennen aktiivista liikettä syntyy motorisella aivokuorella, liikkeen aloittava motorinen käsky, sekä ennustus siitä, millaisen sensorisen vasteen liike tulisi aiheuttamaan vestibulaarisessa, visuaalisessa ja proprioseptisessä järjestelmässä (Carriot ym. 2013). Ennustusta verrataan liikkeen aikana syntyvään aistitietoon. Mikäli ennustus sensorisesta vasteesta on paikkansa pitävä, ei vestibulaari refleksejä synny. Tahdonalaiset aktiiviset liikkeet siis vaimentavat huomattavasti vestibulaari refleksejä, kun taas yllätyksellinen passiivinen pään liike aktivoi refleksien syntymistä, jotta tasapaino säilyisi. (Angelaki & Cullen 2008, 132.) Aktiivisen ja passiivisen pään liikkeen tapahtuessa yhtäaikaaisesti havaitsee vestibulaarijärjestelmä niiden eron ja vestibulaari refleksit aktivoituvat passiivisen liikkeen takia. Aktiivinen pään liike aiheuttaa vestibulaari refleksejä

vain, jos passiivinen liike vaikuttaa aktiivisessa liikkeessä käytettävien lihasten proprioseptiikkaan. (Carriot ym. 2013.)

8 Tasapainoharjoittelu

Tasapaino on taito, jota voidaan harjoittaa kuten mitä tahansa muutakin taitoa, ja sen kehityminen pohjautuu motoriseen oppimiseen (Väyrynen & Saarikoski 2016). Harjoittelulla voidaan parantaa staattista tai dynaamista tasapainoa sekä kykyä ylläpitää tasapaino erilaisissa tilanteissa ja ympäristöissä (Brachman 2017; Kauranen 2019, 327). Giboin, Kruber & Kramer (2015) suosittelevat tasapainoharjoittelun olevan mahdollisimman lajispesifistä.

Kehontuntemusharjoitteet ovat hyvä tapa aloittaa tasapainoharjoittelu, harjoitteissa pyritään saamaan mahdollisimman paljon tuntemuksia kehosta painopisteen muuttuessa tukipinnan yläpuolella. Painopisteen viemisellä tukialueen ulkopuolelle harjoitetaan liikkeen hallintaa, korjaavia askeleita käyttäen. Askelsarjat kehittävät liikkeiden sujuvuutta ja kykyä selviytyä horjahtamisista. (Jeffreys 2006.) Staattista tasapainoa harjoitetaan asennoissa, joissa asiakas kannattelee kehonsa painoa painovoimaa vastaan. Tasapainon kehittyessä voidaan harjoittelun progressiossa muun muassa pienentää tukipintaa ja käyttää epästabiileja alustoja. (Kauranen 2019, 327-328.)

Tasapainon harjoittelussa käytetään sen hallintaan vaikeuttavia tekijöitä kuten esimerkiksi tukipinnan pienentäminen ja kehon painopisteen siirrot. Tasapainojärjestelmän yhteistoimintaa kehittämissä harjoitteissa annetaan järjestelmän osa-alueille (näköaisti, tasapainoelin, tuntoaisti) samanaikaisia ärsykeitä. Jos näistä aisteista yksi poistuu, muut aistit herkistyvät. Tätä voidaan käyttää harjoittelussa mukana, jos halutaan korostaa jonkin tietyn aistikanavan merkitystä. (Lesinski, Hortobágyi, Muehlbauer, Gollhofer & Granacher, 2015.)

Reaktionopeutta ja voimankäyttöä harjoitetaan suoritusnopeuden muuntelulla. Välineiden avulla voi harjoitella sekä tietoista liikettä että horjutukseen reagoimista tasapainon hallintastrategioiden kehittämiseksi. (Lesinski ym. 2015; Jeffreys 2006.)

Tasapainoharjoittelu on hermoston ja lihasten yhteistoiminnalle haastavaa, jonka takia harjoitteet kannattaa toteuttaa hyvässä vireystilassa. Tutkimukset eri urheilulajeissa ovat osoittaneet, että liikuntasuoritus (dynaaminen tasapainoharjoittelu) muuttuu sujuvammaksi, kun kehon tarkkaavaisuus suunnataan oman kehon ulkopuolelle ja tulevaisuuteen. (Kalaja & Kalaja 2022 158, 190.)

8.1 Vestibulaarijärjestelmän harjoittelu

Vestibulaarijärjestelmällä on kiistatta tärkeä rooli tasapainon säätelyssä ja katseen stabiloinnissa. Vestibulaarijärjestelmän harjoittamisella pyritään parantamaan sen toimintakykyä, joka näkyy parempana tasapainona ja havainnointi kykyä, sekä vähentää loukkaantumisen ja kaatumisen riskiä (Hrysmallis 2007, 555). Kehittääkseen vestibulaariharjoittelun tulisi olla säännöllistä, monipuolista, haastavaa ja progressiivista. Lisäksi harjoittelun tuloksia tulisi pystyä mittaamaan, jotta tiedettäisiin, tuottaako se tuloksia. Kirjallisuus vestibulaariharjoittelusta painottuu aivotärähdyksen, huimauksen ja muiden patologioiden kuntoutukseen, mutta tämä tutkimustieto on sovellettavissa myös terveiden urheilijoiden harjoitteluun, harjoitteiden ja niiden vasteiden samankaltaisuuden vuoksi. (Appiah-Kubi & Wright 2019, 215.)

Vestibulaarisenjärjestelmän rooli korostuu tilanteissa, joissa, pään asento ei vastaa vartalon asentoa, kehon massakeskipiste huojuu yllättäen tai muiden tasapainoon vaikuttavien aistien tieto on puutteellista. (Appiah-Kubi & Wright 2019, 215). Vestibulaarijärjestelmän toiminta on suureksi osaksi tiedostamaton ja refleksistä. Vestibulaari refleksit ovat välttämättömiä tasapainon ja katseen vakautuksen säätelyssä ja niiden aktivoiva ja toimintaa haastava harjoittelu on perusteltua, sillä se tehostaa niiden toimintaa ja parantaa niiden mukautumiskykyä. (Herdman 2014, 103)

Vestibulaarijärjestelmän moniaistillisuuden vuoksi ei ole mahdollista harjoittaa vestibulaarielimen toimintoja tai tiettyä vestibulaari refleksiä eristetyksi, mutta niiden suhteelliseen osuuteen tasapainon säätelyssä voidaan vaikuttaa (kuvio 3). Vestibulaarijärjestelmän harjoittelua suunniteltaessa olisi hyvä tuntee mekanismeja, jolla vestibulaarijärjestelmää voidaan haastaa, jotta harjoittelun suunnittelu ja testaaminen olisi tavoitteiden mukaista. (Herdman 2014, 103)

Yllätyksellisten ulkoisten voimien aikaansaama passiivinen pään liike tuottaa aktiivista liikettä voimakkaamman vestibulaari refleksi vasteen. Kamppailumaiset harjoitukset ja kontakti tilanteet ovat tästä syystä hyviä vestibulaari harjoituksia. Poistamalla visuaalinen aistintieto on vastustajan tuottamaan ulkoiseen voimaan reagointi vaikeaa, joka haastaa vestibulaarijärjestelmää enemmän. Helppona ja turvallisena esimerkki harjoitteena toimii merimiespaini silmät kiinni. (Carriot ym. 2013.)

8.2 Katseen kohdistamisen harjoittelu

Nopeasti tapahtuvat pään liikkeet ja katseen kohdistaminen erilaisten ärsykkeiden reagoimattain, tapahtuu reflektorisesti. Reflektorista toiminnosta voidaan puhua, kun motorinen toiminta tapahtuu tiedostamatta. Refleksillä tarkoitetaan suhteellisen nopeaa ja yksinkertaista lihastoimintaa, jossa tietty ärsyke aiheuttaa tahdosta riippumatta saman toiminnon joka kerta. (Nienstedt ym. 2004, 546.) Esimerkiksi johonkin ääneen reagoidessa ja katsetta siirrettäessä nopeasti äänilaitaan vastakkaisen puolen niskan ja kaulan lihakset aktivoituvat ja pää kääntyy mukana jäljessä. Toiminta tapahtuu premotorisen aivokuoren osalla ennakoivien ja suunniteltujen liikkeiden kautta ja onkin todettu, että kaulan ja niskan lihakset aktivoituvat ennen silmissä tapahtuvaa liikettä katseen fiksoimiseen. (Kauranen 2011, 235-237.)

Motorista suorittamista ja liikkeensäätelyä analysoidaan nykyään paljon näön ja toiminnan yhteysvaikutusten avulla. Niin kutsuttu Quiet-eye on yksi käytetyimmistä havainnointia analysoiduista menetelmistä. Quiet-eyellä tarkoitetaan suorituksen loppuhetkeä ja mihin silloin urheilija kohdistaa katseensa. Taitavat urheilijat kohdistavat katseensa vain yhteen pisteeseen ja pitävät sen pidemmän ajan siinä, ennen suorituksen loppua. Aloittelijat on todettu vaihtavat useammin katseen kohdistuksen kiintopistettä, jolloin kohdistamisen aikakin on pienempi. Kun katse pysyy samassa kohteessa, on todettu, että näköaistin avulla tapahtuva toiminnan säätely on parempi ja tehokkaampi. Taitavat urheilijat pystyvät kohdistamaan katseensa pidempään, jolloin he keräävät enemmän tietoa suorituksen ratkaisevasta hetkestä kuin aloittelevat tai keskiverto urheilijat. Tämä johtaa parempaan ennakointiin tulevaa tilannetta varten. (Klostermann & Hossner 2018; Jaakkola 2010, 43-46.)

8.3 Kognitiivinen osuus tasapainoharjoittelussa

Asennonhallinta ja tasapaino on suuressa roolissa urheilijan suorituskykyä. Palloilulajeissa urheilijan on käsiteltävä suuri määrä ärsykeitä, joiden pohjalta tapahtuu päätöksentekotoimintaa ja suorittamiseen. Aivoilla on kyky organisoida useiden eri tapahtumien ja tehtävien informaatiota luoden niiden pohjalta kehon motorista toimintaa. Dual-tasking eli kahden tehtävän samanaikaisella suorittamisella tarkoitetaan fyysisen toiminnan kuten tasapainon pitämisen ja jonkin kognitiivisen tehtävän tekemistä samaan aikaan. Voidaan myös puhua sensomotorisesta tai automaattisesti keskushermoston toiminnasta, jossa kahden tai useamman fyysisen sekä kognitiivisen tehtävän samanaikainen suorittaminen tapahtuu. Kyseinen tapahtuva vaatii enemmän tarkkaavaisuutta ja keskittymistä kuin yksittäisen fyysisen suorituksen tekeminen. Huonontuneet vireystila, tarkkaavaisuus ja kognitiiviset taidot johtavat heikentyneeseen motoriseen toimintaan. (Moreira ym. 2021.)

Dual-tasking harjoittelun on todettu alussa heikentävän ja harjoittelun avulla sekä pidempällä aikavälillä parantavan urheilijan suorituskykyä. Sillä on ollut positiivisia vaikutuksia havainnointikykyyn, uusien liikemallien oppimiseen, taloudellisempaan liikkumiseen ja

päätöksentekoon. (Moreira ym. 2021.) Sarto ja kumppanit (2020) ehdottavat, että kognitiiviset harjoitteet fyysisten tai motoristen harjoitteiden aikana olisivat mahdollisimman lajispesifejä.



Kuvio 3: Tasapainojärjestelmän harjoittelu (Lesinski ym. 2015; Jeffreys 2006; Moreira ym. 2021; Klostermann & Hossner 2018; Jaakkola 2010; Kauranen 2011; Carriot ym. 2013; Zemková 2014 mukailten)

9 Opinnäytetyön prosessi

Kaikilla opinnäytetyön kirjoittajilla oli taustaa urheiluvalmennuksesta, joten luonnollisesti päädyimme valitsemaan aiheen, joka liittyy urheiluun. Koulun ensimmäisenä vuonna oli kurssi, jossa Matti Vartiainen kävi läpi tasapainon ihmeellistä maailmaa. Muissakin kurseissa tasapaino nousi melko keskeiseksi aiheeksi. Kävimme keskenämme useita keskusteluita urheiluun ja tasapainoon liittyen, josta alkoi hiljalleen muotoutua idea opinnäytetyöstä. Lopullinen päätös tehdä opinnäytetyö yhdessä AinoneBalancen Matti Vartiaisen kanssa tapahtui marraskuussa 2022.

Opinnäytetyön aihe alkoi tarkentua joulukuussa 2022, Matti Vartiaisen (ft, TtM, FT) kanssa käytyjen keskustelujen perusteella. Heillä oli tarve Ainone Oy -yrityksessä saada tasapaino-harjoitteluun kohdistunut opas ja erityisesti suunnattuna palloilulajien valmentajille. Saimme melko vapaat kädet muuten käsitellä ja lähestyä aihetta. Alkukeskustelun perusteella arvioimme tutkimustiedon vähyyttä, joka olisi suunnattuna juuri urheilijoille. Tutkimustietoa löytyi enemmän erilaisten sairauksien sekä päävammojen kuntoutuksesta. Tämän vuoksi päädyimme valitsemaan narratiivisen kirjallisuuskatsauksen, jossa meillä olisi enemmän vapautta tutkia ja kirjoittaa aiheesta. Iloksemme yllätyimme suomeksi kirjoitetun kirjallisuuden määrästä, jotka tavalla tai toisella käsittelevät tasapainoa, aivojen- motoristen taitojen- ja refleksien toimintaa. Työelämäedustajan kanssa yhteistyössä, alkuperäiset opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus sekä muut kysymykset muokkautuivat nykyisiinsä. Oppaan tekeminen on ollut alusta lähtien selkein tarkoitus koko työssä.

Rajasimme opinnäytetyön aiheen vestibulaariseen ja okulomotoriseen järjestelmiin sekä niiden harjoitteluun, tasapainoaiheen laajuuden vuoksi. Harjoitteluopas muotoutui helmikuun 2023 lopulla, oppaasta halusimme saada mahdollisimman yksinkertaisen ja helppokäyttöisen.

Meille oli merkityksellistä, että saimme tehdä oppaan, joka on konkreettinen ja työelämälähtöinen. Työhön valittu aihe osoittautui haastavaksi siihen suoranaisesti liittyvän tutkimuksen vähäisyyden takia. Kun aihe koetaan yhteiseksi ryhmässä, se yhdistää kaikkia sen jäseniä ja sitouttaa heitä toimimaan yhteisen päämäärän eteen. Ryhmätyössä on hyvä löytää tasapaino yhteistoiminnan ja yhteistyön välille, eli miten paljon työtä jaetaan ja missä määrin asioita työstetään yhdessä. Ryhmässä eri jäsenillä saattaa olla erilaisia tehtäviä ja vahvuuksia. Onnistunut työnjako onkin osa hyväksi koettua ryhmäprosessia ja sille, että ryhmän jäsenet kokevat itsensä ja toisensa tärkeiksi projektissa. (Haltia 2017.) Kävimme koko opinnäytetyön prosessin ajan säännöllisesti keskustelua työryhmän jäsenten vahvuuksien hyödyntämisestä projektin onnistumisen näkökulmasta. Haasteena opinnäytetyössä oli käsitellä aihetta riittävän selkeällä näkökulmalla tavoitteen toteutumisen kannalta, johon saimme apua työelämänyhteistyökumppanilta.

9.1 Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Narratiiviset katsaukset laaditaan valikoiden. Kaikkia aihetta käsitteleviä tutkimuksia ei huomioida vaan laatija valitsee tutkimukset, jotka tukevat haluttua näkökulmaa ja täyttävät hänen määrittelemänsä kriteerit. Ne eivät siis ole systemaattisia. Narratiivisten katsausten tuottamisen menetelmiä ei aina kuvata läpinäkyvästi, ja lopputulos riippuu laatijan tekemistä painotuksista. (Tieteen termipankki 2022.) Kirjallisuuskatsauksen lähtökohtana on tutkimuskysymys, aivan kuten tutkimuksessa, jossa myös kerätään tavoitteen mukaan empiirinen aineisto. Teoreettinen viitekehys ja kysymyksen asettelu ohjaavat tutkimusmenetelmien ja aineiston valintaa. Käytännössä tutkimuskohteita voidaan tutkia hyvin erilaisin menetelmin, tutkimuskysymyksen muotoilu kuitenkin ohjaa sen lähestymisen näkökulmaa. (Alkula, Pöntinen & Ylöstalo 2002, 15.)

Narratiivisista katsauksista erotetaan joskus kolme toteuttamistapaa: toimituksellinen, kommentoiva ja yleiskatsaus. Toimituksellisissa katsauksissa julkaisun päätoimittaja tai vieraileva kirjoittaja suorittaa tuottaa lyhyehkön artikkelissa tai lehdessä käsiteltävää teemaa tukevan kirjallisuuskatsauksen. Kommentoivan katsauksen tekijälle kirjallisuuskatsaus ei ole tiukka metodi, ja ne ovat keskustelua herättäviä, joissa tuodaan esiin kirjoittajan itsensä tuoma panos. Toteuttamistavoista laajin on yleiskatsaus ja puhuttaessa narratiivisia kirjallisuuskatsauksista on yleensä kyse yleiskatsauksista. Kuvailevana tutkimustekniikkana narratiivinen katsaus auttaa ajantasaistamaan tutkimustietoa, mutta ei tarjoa varsinaista analyttisintä tulosta. (Salminen 2011, 13.) Valitsimme opinnäytetyömme tyypiksi kuvailevan narratiivisen kirjallisuuskatsauksen, joka sopii hyvin työn tarkoitukseen ja tavoitteisiin kuvata käsiteltyä aihetta laaja-alaisesti. (Salminen 2011, 6-7).

9.2 Aineiston hankinta

Tämän narratiivisen kirjallisuuskatsauksen aineisto haettiin luotettavista sähköisistä tietokannoista (Pubmed, Laurea Finna, Pedro ja ScienceDirect) sekä opinnäytetyön tekijöiden omista ja Laurean kirjaston kirjoista. Opinnäytetyöntekijät saivat tiedonhakuun apua työelämäyhteistyökumppanin edustajalta. Hakusanoina käytettiin sekä englannin- että suomenkielisiä aineistoja. Sopivien hakusanojen ja aineistojen löytäminen oli haastavaa aiheen rajauksen vuoksi. Tietokantahaussa jätimme huomioimatta muut kuin urheilijan suorituskykyyn liittyvät tutkimukset. Huomioimme kuitenkin loukkaantumisten ennaltaehkäisyyn liittyvien tutkimusten tulokset, koska urheilijan terveydellä on suora yhteys hänen suorituskykyynsä. Käyttökelpoisimmiksi hakusanoiksi osoittautuivat: vestibulaarijärjestelmä, okulomotorinen järjestelmä, harjoittelu, tasapaino, urheilu.

9.3 Opas opinnäytetyönä

Tavoitteena oppaan tekemisessä on ollut sen helppokäyttöisyys ja tätä tavoitetta on myös työelämän yhteistyökumppanimme tähdentänyt koko prosessin ajan. Lähtökohtana oppaan suunnittelussa on ennalta tiedossa oleva kohderyhmä. Kohderyhmä määrittää miten oppaan ohjeet saadaan helposti ymmärrettäviksi ja selkeiksi rakenteeltaan. Oppaassa tulee välttää turhia täytesanoja ja sen valmistuttua sitä on hyvä testata kohderyhmään kuuluvilla henkilöillä aidon palautteen saamiseksi. (TTL 2021).

10 Harjoitteluopas valmentajille

Opinnäytetyön toimeksiantajan toiveena oli saada jaettavaksi opas, jossa on yksinkertaisia ja toiminnallisia tasapainoharjoitteita näköaisti ja vestibulaarijärjestelmä huomioiden. Oppaaseen valittujen liikkeiden tuli olla sellaisia, että niitä voidaan tehdä alkuverryttelyjen ja lajiharjoittelun yhteydessä, eikä niissä tarvita mitään lisävälineitä. Toimeksiantaja rohkaisi meitä lisäämään jo olemassa oleviin tuttuihin harjoitteisiin uusia elementtejä. Valitsimme harjoitteet, jotka samalla aktivoivat alaraajoja mahdollisimman monipuolisesti palloilulajien vaatimusten näkökulmasta. Huomioimme myös hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä keskushermoston aktivoinnin harjoitevalinnoissa. Toimeksiantaja toivoi myös oppaan olevan helppokäyttöinen. Keskusteltuamme asiasta yhdessä toimeksiantajan ja valmennustyötä tekevien tuttujen kanssa päädyimme tekemään oppaan, joka on sähköisessä muodossa ja mobiililaitteilla helppokäyttöinen.

10.1 Materiaalin kuvaus

Oppaan harjoitteet olemme kuvanneet itse puhelimella, ja oppaan malleina on ollut työryhmän jäseniä. Oppaan käsikirjoituksessa pyrimme helppolukuisuuteen sen ymmärrettävyyden parantamiseksi. Käsikirjoituksessa kerrotaan vain oleellinen ja näkyvä osa (Yleisradio 2017). Videoiden pituudella on vaikutusta niiden kiinnostavuuteen. Lyhyt video on myös todennäköisesti paremmin suunniteltu kuin pitkä. Videolla on syytä puhua nopeammin kuin paikan päällä pidetyssä esityksessä. Nopeampi puheen tempo on myös innostavampaa kuin hidas puhuminen. (Guo, Kim & Rubin 2014)

10.2 Oppaan arviointi

Suurimpana haasteena oppaan tekemisessä koimme sopivien harjoitteiden valinnan ja sen tavoitteen mukaisen helppokäyttöisyyden toteuttamisen. Tasapainon harjoittamiseen on jo olemassa paljon hyviä harjoitteita sekä niiden progressioita. Oppaan tekemisessä pyrimme valitsemaan harjoitteet opinnäytetyön tilaajan toiveet mahdollisimman hyvin huomioiden. Oppaan kuvaamisessa ja kuvatun videon laadussa oli haasteena kuvata liikesuoritukset mahdollisimman ymmärrettävästi ja niin että kuvan laatu on riittävän hyvä. Saamamme palautteen mukaan opas on helppokäyttöinen ja sen harjoitteita voidaan toteuttaa yhtenä harjoituksellisenä kokonaisuutena tai valita siitä osioita esimerkiksi osaksi alkulämmittelyä. Kaiken kaikkiaan oppaan suunnittelu ja tekeminen on ollut haastava ja avartava kokemus.

11 Pohdinta

Tähän asti tehdyt tutkimukset tasapainon kehittämisestä palloilulajeissa käsittelevät tasapainoa laaja-alaisesti. Opinnäytetyön haastavuutta lisäsi, ettei erityisesti vestibulaari- ja okulomotorisia järjestelmiä huomioivia tutkimuksia löydy. Tehdyt tutkimukset antavat viitteitä siitä, että urheilulajit vaativat erilaista tasapainoa ja liikehallintaa, koska urheilijoiden liikkeiden suoritustavat, -nopeudet ja -tyypit vaihtelevat lajista toiseen. Esimerkiksi palloilulajeissa, kuten jääkiekossa ja jalkapallossa, nopea reagointikyky, tasapaino epävakaisissa tilanteissa ja nopea liikkeiden hallinta ovat keskeisiä tekijöitä.

Brachman ym. (2017) tekivät systemaattisen kirjallisuuskatsauksen urheilijoiden tasapainoharjoittelun ohjelmista ja niiden tehokkuudesta. He analysoivat 32 tutkimusta ja totesivat, että erilaiset harjoitusmenetelmät ja -välineet vaikuttavat tasapainon kehittymiseen eri tavoin, ja että tasapainoharjoittelun tehokkuus voi vaihdella lajikohtaisesti.

Zemkován (2014) artikkeli oli katsaus tasapainoharjoittelusta ja korosti lajikohtaisen tasapainon merkitystä. Artikkelissa käsiteltiin myös erilaisia tasapainoharjoittelumenetelmiä, kuten dynaamista ja staattista harjoittelua.

Yhteenvedon voidaan todeta, että tasapainon kehittäminen on tärkeä osa urheilijan harjoittelua, ja että sen merkitys voi vaihdella eri lajien sekä niissä vaadittavien suoritusten välillä. Harjoittelun tulee olla lajikohtaista urheilulajien erilaisten tasapainon- ja liikkeenhallinnan vaatimusten takia.

Vestibulaari- ja okulomotorisen järjestelmien teoriaan perustuen keskeisimmiksi asioiksi tasapainoharjoittelun kannalta nousi liikkeen havainnointi ja ennakointi, kehontuntemus sekä tiedostettu ja tiedostamaton motorinen toiminta (Jaakkola 2021, 24). Näiden pohjalta suunnitelimme tasapainoharjoitteet, jotka ovat helposti yhdistettävissä esimerkiksi alkulämmittelyyn.

Harjoitteissa huomioimme näköaistia katseen kohdistamisen ja ääreisnäön kautta. Vestibulaarijärjestelmää korostava harjoittelua voi tapahtua poistamalla näköaistin ja lisätä pään liikkeitä tuttuihin harjoitteisiin. Nämä molemmat yhdistyvät fyysisen ja kognitiivisten harjoitteiden samaan aikaan tekemiseksi, josta käytetään muun muassa ”dual-tasking” -käsitettä (Moireira, Dieguez, Bredt & Praça 2021).

Haasteena opasta tehdessämme on ollut valita siihen harjoitteita, joissa tasapainoa harjoitetaan sekä vestibulaari- että okulomotorista järjestelmää haastaen. Harjoitteiden tulee olla myös riittävän helppoja ja yksinkertaisia suorittaa sekä niiden tulee olla tutkittuun tietoon perustuvia. Päädyimme valitsemaan harjoitteet mukaillen kuvion 3 Tasapainon harjoittelu sisältöä. Olemme itse tyytyväisiä oppaan sisältöön ja ajattelemme sen olevan riittävän helposti lähestyttävä.

Opinnäytetyö on ollut mielenkiintoinen oppimisprosessi, jonka tekemisen aikana olemme kirjallisten lähteiden ja asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella syventäneet ymmärrystämme ja osaamistamme tasapainosta yleisesti ja erityisesti sen harjoittamisesta palloilulajeissa. Olemme pyrkineet hahmottamaan opinnäytetyössä käsiteltävää aihetta kokonaisuutena, sekä arvioimalla tutkittavan aiheen sisällön perusteita, ja analysoimalla aiheen eri näkökohtien välisiä yhteyksiä (Vaasan yliopisto 2022). Kaikki opinnäytetyön kirjoittajat ovat työskennelleet jo aiemmin kirjoitettavan aiheen parissa sekä todenneet sen kiinnostavaksi ja yhdessä päätetyksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa palloilulajien valmentajille suunnattu opas tasapainon harjoittamisesta. Opinnäytetyölle asetetun selkeän tavoitteen ansiosta, pystyimme työskentelemään systemaattisesti asettaen säännöllisesti osatavoitteita, joiden toteutuminen vei työtä eteenpäin sovituin askelin. Tavoitteemme oli tuottaa opas valmentajille arjen harjoituskäyttöön. Oppaan tuli olla myös laadukas ja helppokäyttöinen sekä työelämäyhteistyökumppanille käyttökelpoinen. Tavoitteemme toteutui saamamme palautteen mukaan hyvin. Kommenttien perusteella voimme todeta onnistuneemme laadullisesti opinnäytetyön tavoitteen toteutumisessa. Kaikki opinnäytetyön tekijät ovat jo aikaisemmin työharjoitteluissa tai muissa yhteyksissä tehneet yhteistyötä työelämän yhteistyökumppanin kanssa. Aiemmat yhteiset kokemukset, sekä se, että kaikki jo tunsivat toisensa, helpotti yhteisten toimintatapojen löytymistä.

11.1 Pohdinta eettisyydestä ja luotettavuudesta

Suomen Fysioterapeuttien Eettiset ohjeet perustuvat fysioterapeuttien maailmanjärjestön WCPT:n eettisiin ohjeisiin ja ne on laadittu kansallisiin tarpeisiin. Ammattietiikka perustuu ammatilliseen tietoon ja osaamiseen sekä arvojen ja elämäkokemuksen sisäistämiseen. Niiden avulla fysioterapeutti pystyy eettiseen pohdintaan, päätöksentekoon ja oman toimintansa seurausten kriittiseen arviointiin.

Fysioterapeutti sitoutuu laadukkaaseen toimintaan ja noudattaa hyvää fysioterapiakäytäntöä, joka korostaa näyttöön perustuvaa toimintaa. Hän myös sitoutuu tutkijana noudattamaan tutkimuseettisiä periaatteita ja hyvää tieteellistä käytäntöä. (Kulju, Lähteenmäki, Mesiäinen, Myyryläinen & Rautonen 2014.)

Opinnäytetyössämme työskentelimme hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti. Valitsimme käytetyt lähteet huolellisesti ja teimme lähdeviittaukset asianmukaisesti Laurean opinnäytetyön vaatimusten mukaisesti. Eettisestä näkökulmasta ajatellen raportoimme käyttämiemme lähteiden sisältöä kunnioittaen ja antaen niille kuuluvan arvon opinnäytetyössämme. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

Suurin haaste opinnäytetyön luotettavuuden kannalta oli sen aiheeseen liittyen soveltavien tutkimusten löytäminen. Ihanteellisissa olosuhteissa olisi hakuosumissa ollut enemmän aihetta käsitteleviä laadukkaita tutkimuksia valittavana. Toisaalta valitsimme tietoisesti aiheen, jonka koimme työelämän yhteistyökumppanin kanssa tärkeäksi ja urheilijoiden toimintakyvyn harjoittamisessa aliarvostetuksi.

11.2 Jatkotutkimusaiheita

Opinnäytetyön ja narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tulosten pohjalta on todettavissa, että aihetta on jatkossa syytä tutkia tarkemmin. Katsauksen tietokantahaussa huomattiin, että tasapainon harjoittelusta vestibulaarijärjestelmä ja näköaisti huomioiden on vielä hyvin vähän tutkittua tietoa löydettävissä. Vaikka laadukasta suomenkielistäkin kirjallisuutta löytyy nykyään kehonhallinnan eri ominaisuuksien harjoittamisesta, niin tutkimusten tai kirjallisuuden löytäminen harjoitteiden siirtovaikutuksesta urheilijoiden lajispesifiseen suorituskyykyyn on hyvin rajallista. Jatkotutkimusehdotuksena on oppaan harjoitteiden ja niiden sovellusten käyttäminen systemaattisesti joukkueiden harjoittelussa ja arvioida pelaajien suunnanmuutosnopeuden kehittymistä ja loukkaantumistilannetta eri kausien välillä.

12 Lähteet

Painetut

Ahonen, J. & Sandström, M. 2011. Liikkuva ihminen. Otavan kirjapaino. Keuruu. 1. painos.

Alkula, T, Pöntinen, S. & Ylöstalo, P. 2002. Sosiaalitutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät. 1.-4. painos. WS Bookwell. Juva.

Guttman, A. 2016. From Ritual to Record: The Nature of Modern Sports. Columbia University Press.

Goldstein, E. B. 2017. Sensation and perception. Stanford, CT: Cengage Learning. 10. painos

Hain, Timothy C. - Helminski, Janet O. 2007. Anatomy and Physiology of the Normal Vestibular System. Teoksessa Herdman, Susan J. (toim.): Vestibular Rehabilitation. 3. painos. Philadelphia, USA: F. A. Davis Company, Margaret M. Biblis. 2-18.

Herdman, S. J. 2014. Vestibular Rehabilitation. FA Davis.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2001. Tutki ja kirjoita. 6.–7.painos. Tammi. Helsinki.

Jaakkola, T. 2021. Tasapaino: harjoitteita motoristen taitojen kehittämiseksi. Jyväskylä: PS-kustannus.

Jaakkola, T. 2010. Liikuntataitojen oppiminen ja taitoharjoittelu. E-kirja. PS-Kustannus. Jyväskylä.

Kalaja, S & Kalaja, T. 2022. Kehonhallinta ja liikuntataitojen oppiminen ja harjoittelu. Lah-ti. VK-kustannus.

Kauranen, K. 2011. Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. Tammerprint. Tampere.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkvist, S. 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WS Bookwell. Porvoo. 15. uudistettu painos.

Salminen, Ari. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus. Vaasa: Vaasan yliopisto.

Sand, O. Sjaastadt, Ø V. Haug, E. Bjålie J G. 2019. Ihminen - Fysiologia ja anatomia. 8.-14 painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Sandström, M & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen - aivot, liikuntafysiologia ja biomekaniikka. Keuruu: Otavan kirjapaino.

Sähköiset

Angelaki, D. E., & Cullen, K. E. 2008. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annual review of neuroscience*, 31, 125-150. Viitattu 15.1.2023.

<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.31.060407.125555>

Appiah-Kubi, K. O., & Wright, W. G. 2019. Vestibular training promotes adaptation of multi-sensory integration in postural control. *Gait & posture*, 73, 215-220. Viitattu 8.3.2023

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.07.197>

Bangsbo, J. 2015. Performance in sports - With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in sports*. First published: 19 November 2015. Viitattu 24.2023 <https://doi.org/10.1111/sms.12605>

Brachman, A., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Słomka, K. J., & Juras, G. 2017. Balance Training Programs in Athletes - a Systematic Review. *Journal of human kinetics*, 58, 45-64. Viitattu 4.1.2023. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0088>

Carriot, J., Brooks, J. X., & Cullen, K. E. 2013. Multimodal integration of self-motion cues in the vestibular system: active versus passive translations. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(50), 19555-19566. Viitattu 8.2023

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3051-13.2013>

Cech, D.J. & Martin, S. 2012. *Functional Movement Development Across the Life Span (Third Edition)*. Chapter 12 - Posture and Balance. W.B. Saunders. Pages 263-287. ISBN

9781416049784. Viitattu 12.2.2023. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-4978-4.00012-0>.

Chia, J. S., Burns, S. F., Barrett, L. A., & Chow, J. Y. 2017. Increased Complexities in Visual Search Behavior in Skilled Players for a Self-Paced Aiming Task. *Frontiers in psychology*, 8, 987. Viitattu 15.2.2023 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00987>

Cullen, K.E. 2012 The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in Neurosciences*. Mar;35(3):185-196. Viitattu 24.3.2023 [DOI: 10.1016/j.tins.2011.12.001](https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.12.001).

[10.1016/j.tins.2011.12.001](https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.12.001).

Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. 2016. Agility in Team Sports: Testing, Training and Factors Affecting Performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(3), 421-442.

<https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>

Giboin, L. S., Gruber, M., & Kramer, A. 2015. Task-specificity of balance training. *Human movement science*, 44, 22-31. Viitattu 4.2.2023. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.012>

<https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.012>

- Guo, P.J., Kim, J. & Rubin, R. 2014. How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. Viitattu 23.2.2023. https://www.researchgate.net/publication/262393281_How_video_production_affects_student_engagement_An_empirical_study_of_MOOC_videos
- Haltia, N. 2017. Ryhmätyö oppimistapana yliopistossa. Yliopistopedagogiikka. Viitattu 18.2.2023. <https://lehti.yliopistopedagogiikka.fi/2017/07/07/ryhmatyo-oppimistapana-yliopistossa/>
- Hrysmallis, C. 2007. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(6), 547-556. Viitattu 3.3.2023. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737060-00007>
- Imbiriba, L. A., Correia, M. R. A., Farias, S. G., Silva, J. M., da Nobrega Ferreira, I., Cavalcanti Garcia, M. A., Sperandei, S., & Macedo, A. R. 2020. What we know so far about postural balance training: An exploratory scoping review of nomenclature and related issues. *Journal of bodywork and movement therapies*, 24(3), 227-234. Viitattu 16.2.2023. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.02.008>
- Jeffreys, I. 2006. Motor Learning---Applications for Agility, Part 2. *Strength & Conditioning Journal*. 28. Viitattu 12.3.2023. 10.1519/1533-4295(2006)28[10:MLFAP]2.0.CO;2. https://www.researchgate.net/publication/232182713_Motor_Learning---Applications_for_Agility_Part_2
- Khan, S., & Chang, R. 2013. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437-443. Viitattu 18.1.2023. <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>
- Kingma, H., & van de Berg, R. 2016. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handbook of clinical neurology*, 137, 1-16. Viitattu 16.2.2023. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63437-5.00001-7>
- Klostermann, A., & Hossner, E. J. 2018. The Quiet Eye and Motor Expertise: Explaining the "Efficiency Paradox". *Frontiers in psychology*, 9, 104. Viitattu 12.3.2023 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00104>
- Kulju, K. Lähteenmäki, M-L. Mesiäinen, Heli. Myyryläinen, R. & Rautonen, A. 2014. Fysioterapeuttien eettiset ohjeet. Suomen Fysioterapeutit. Viitattu 20.2.2023. https://www.suomenfysioterapeutit.fi/wp-content/uploads/2018/01/Fysioterapeutin_Eettiset_Ohjeet_2014.pdf
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. 2015. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and

Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(12), 1721-1738. Viitattu 19.2.2023.

<https://doi.org/10.1007/s40279-015-0375-y>

Moreira, P. E. D., Dieguez, G. T. O., Bredt, S. D. G. T., & Praça, G. M. 2021. The Acute and Chronic Effects of Dual-Task on the Motor and Cognitive Performances in Athletes: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1732.

Viitattu 22.2.2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041732>

Onofrei, R. R., Amaricai, E., Petroman, R., Surducan, D., & Suciu, O. 2019. Preseason Dynamic Balance Performance in Healthy Elite Male Soccer Players. *American journal of men's health*, 13(1), 1557988319831920. Viitattu 16.2.2023.

<https://doi.org/10.1177/1557988319831920>

Pasanen, K. Hakkarainen, H. Koskela, J. Terve urheilija. Tampereen urheilulääkäri asema. Viitattu 28.1.2023. <https://terveurheilija.fi/harjoittelu/monipuolinen-liikunta-ja-urheilu/>

Salminen, A 2011. Mikä on kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopisto. Viitattu 18.1.2023.

https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Sarto, F., Cona, G., Chiossi, F., Paoli, A., Bisiacchi, P., Patron, E., & Marcolin, G. 2020. Dual-tasking effects on static and dynamic postural balance performance: a comparison between endurance and team sport athletes. *PeerJ*, 8, e9765. Viitattu 12.3.2023

<https://doi.org/10.7717/peerj.9765>

Sherwood, David & Lee, Timothy. 2004. Schema Theory: Critical Review and Implications for the Role of Cognition in a New Theory of Motor Learning. *Research quarterly for exercise and sport*. 74. 376-82. Viitattu 27.1.2023. 10.1080/02701367.2003.10609107.

Somisetty, S. & Das, J. 2022. Neuroanatomy, Vestibulo-ocular Reflex. *StatPearls*. Viitattu 27.1.2023

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545297/>

Terveiden ja hyvinvoinninlaitos. 2022. Mitä toimintakyky on? Viitattu 15.2.2023.

<https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/mita-toimintakyky-on>

Tieteen termipankki. 2021. Tiedeneuvonta: Narratiivinen katsaus. Viitattu 22.1.2023.

https://tieteentermipankki.fi/wiki/Tiedeneuvonta:narratiivinen_katsaus

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. Viitattu 20.2.2023.

https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Työterveyslaitos. 2021. Millainen on hyvä ohje? Kahdeksan vinkkiä ohjeiden tekemiseen työpaikalla. Viitattu 15.2.2023. <https://www.ttl.fi/tyopiste/millainen-on-hyva-ohje-kahdeksan-vinkkia-ohjeiden-tekemiseen-tyopaikalla>

Vaasan yliopisto. 2022. Oppiminen. Viitattu 18.2.2023. <https://www.uwasa.fi/fi/opiskelijat/kehita-opiskelutaitojasi/oppiminen>

Vartiainen, M. 2023. Tasapainon ja keuhonhallinnan harjoittaminen kehittää suorituskykyä myös urheilussa. Viitattu 1.2.2023. Ainone. <https://ainone.eu/fi/tasapainon-ja-keuhonhallinnan-harjoittaminen-kehittaa-suorituskykya-myo-s-huippu-urheilussa/>

Väyrynen, P. & Saarikoski, R. 2016. Liikkeenhallinnan harjoittaminen. Terveyskirjasto: Viitattu 18.1.2023. <https://www.terveyskirjasto.fi/tju00210>

Wilke, J., Groneberg, D., Banzer, W., & Giesche, F. 2020. Perceptual-Cognitive Function and Unplanned Athletic Movement Task Performance: A Systematic Review. International journal of environmental research and public health, 17(20), 7481. Viitattu 18.1.2023 <https://doi.org/10.3390/ijerph17207481>

Yleisradio. 2017. Käsikirjoituskoulu osa 5: FORMAATTI. Viitattu 23.2.2023. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2017/10/26/kasikirjoituskoulu-osa-5-formaatti>

Zemková E. 2014. Sport-specific balance. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 44(5), 579-590. Viitattu 19.2.2023. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0130-1>

13 Kuviot

Kuvio 1: Näköjärjestelmä (Ahonen & Sandström 2011; Nienstedt 2004 mukailten)	14
Kuvio 2: Vestibulaarielin (Ahonen & Sandström 2011; Hain & Helminsky 2007 mukailten) ...	18
Kuvio 3: Tasapainojärjestelmän harjoittelu (Lesinski ym. 2015; Jeffreys 2006; Moreira ym. 2021; Klostermann & Hossner 2018; Jaakkola 2010; Kauranen 2011; Carriot ym. 2013; Zemková 2014 mukailten)	25

14 Liitteet

Liite 1 Tasapainoharjoitteluopas	37
Liite 2 Tasapainojärjestelmän harjoittelu	38

TASAPAINOJÄRJESTELMÄN JA NÄKÖIAISTIN HARJOITTELU PALLOILULAJEISSA - OPAS VALMENTAJILLE

KOIVISTO, KORTELAJAINEN & MÄKYNEN 2023

NILKKAKEINU

Pää kääntyy ylös ja alas



SIVUHYPPY

Pää ja katse kääntyvät
samaa suuntaan

YHDEN JALAN TASAPAINOKOMPASSI

Silmät kiinni



PEILAUSS PARIN

KANSSA

Katse olkapäältä olkapäälle

AINONE



Liite 2 Tasapainojärjestelmän harjoittelu