



Satakunnan ammattikorkeakoulu



SAMULI LIUKKONEN JA JANNE VIRTANEN

Jääkiekkomaalivahdin aistijärjestelmien häiriöiden harjoittaminen

Videoidun harjoitusmateriaalin
kehittäminen

FYSIOTERAPIAN KOULUTUSOHJELMA
2022

Tekijät Liukkonen, Samuli Virtanen, Janne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 12/2022
	Sivumäärä 71	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Jääkiekkomaalivahdin aistijärjestelmien häiriöiden harjoittaminen – Videoidun harjoitusmateriaalin kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Fysioterapia AMK		
Tiivistelmä <p>Jääkiekko on nopeatempoinen joukkuelaji, jossa pelaajat yrittävät laukoa kiekon maalivahdin selän taakse maaliin. Maalivahdin tehtävä on torjua vastustajan maalintekoyritykset. Jotta maalivahti pystyy toteuttamaan oikea-aikaisen torjunnan, täytyy hänen hyödyntää kehon aistijärjestelmiltä saatua tietoa ja valita sekä tuottaa tilanteen kannalta optimaalisin motorinen vaste eli tavoitteellinen liike.</p> <p>Opinnäytetyö keskittyy avaamaan aistijärjestelmien toimintaa sekä havainnollistamaan tehokkaan aisti-informaation sisäänoton vaikutusta maalivahdin suoritukseen ja sen merkitystä erityisesti tuloksellisen päätöksenteon mahdollistajana. Maalivahdin silmien toiminta on hyvin merkityksellistä lajissa pärjäämisen kannalta ja tämä toimi lähtökohdiana opinnäytetyön idealle.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä havaintomotorisiin häiriöihin ja niiden vaikutuksiin jääkiekkomaalivahdin urheilusuorituksessa. Tarkoituksena oli etsiä kirjallisuudesta havaintomotoristen järjestelmien harjoitteita ja luoda näiden perusteella maalivahdin ominaisuuksille kohdennetut harjoitteet, joilla pyritään edistämään maalivahdin havaintomotorista kehitystä. Videoidut harjoitusmateriaalit tuotetaan tilaajana toimivan VIIMA Hockey Concept Oy:n valmennustoiminnan kehittämiseksi.</p>		
<u>Asiasanat</u> Jääkiekko, maalivahti, havaintomotoriikka, aistijärjestelmät, häiriöt, harjoittaminen, vestibulaarinen, somatosensorinen, visuaalinen		

Authors Liukkonen, Samuli Virtanen, Janne	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 12/2022
	Number of pages 71	Language of publication: Finnish
Title of publication Improving perceptual dysfunctions of an ice hockey goaltender's sensory system – Development of filmed exercises		
Degree program Physiotherapy		
<p>Abstract</p> <p>Ice hockey is a fast-paced team sport, in which the players aim to score goals in the opponent's goal, guarded by a goalkeeper. The primary objective of the goalkeeper is to prevent the opponent from scoring a goal. In order to reach this target, the goalkeeper must make use of the body's sensory systems, make a decision based on the sensory information and then choose and produce an optimal motor response.</p> <p>This thesis focuses on elaborating on the function of the goalkeeper's most important sensory systems, thus illustrating the effect, as well as the importance, of efficient sensory information intake regarding the goalkeeper's performance, especially as an enabler of effective decision-making. Furthermore, the function of the goalkeeper's eyes is crucial in terms of success in the sport, and this served as the starting point for the idea behind the thesis.</p> <p>The aim of the thesis was to learn about perceptual motor disorders and their effects on the athletic performance of the goalkeeper. The purpose was to look into perceptual-motor system exercises found in literature, and then create exercises targeted to serve the goalkeeper's characteristics, which aim to promote the goalkeeper's perceptual-motor development. Additionally, we produced video material regarding the exercises created for this thesis, and the material is used for the development of coaching services of a client, VIIMA Hockey Concept Oy.</p>		
<p><u>Key words</u></p> <p>Ice hockey, goaltender, perceptual motor, sensory systems, dysfunctions, training, vestibular, somatosensory, visual</p>		

1 JOHDANTO	6
2 KEHITYSTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS	7
2.1 VIIMA Hockey Concept Oy	7
2.2 Kohderyhmä	8
2.3 Aiheen rajausta	8
3 MAALIVAHDIN LAJIANALYYSI	9
3.1 Pelin lukeminen	10
3.2 Liikkuminen	11
3.3 Sijoittuminen	12
3.4 Kiekon torjuminen	13
4 HAVAINNOMOTORIIKKA	13
5 HERMOSTON RAKENNE	15
5.1 Hermosto ja tiedonvälitys	15
5.1.1 Keskushermosto	19
5.1.2 Aivot	19
5.1.3 Selkäydin	22
5.2 Ääreishermosto	22
5.2.1 Aivohermot	23
5.2.2 Selkäydinhermot	24
5.3 Neuroplastisiteetti	24
6 AISTITIEDON SISÄÄNOTTO	26
6.1 Vestibulaarinen järjestelmä	26
6.1.1 Vestibulaarijärjestelmän häiriöt	30
6.2 Somatosensorinen järjestelmä	31
6.2.1 Proprioseptio	31
6.2.2 Taktiilinen aisti	33
6.3 Visuaalinen järjestelmä	34
6.3.1 Visuaalisen järjestelmän häiriöt	37
7 PÄÄTÖKSENTEON PROSESSIT	38
7.1 Tehtäväspesifi sensorinen integraatio	39
7.1.1 Asennonhallinta	40
7.2 Sensorisen integraation häiriöt	41
8 ADAPTIIVINEN VASTE	42
8.1 Closed-loop control system	42
9 AISTIJÄRJESTELMIEN HARJOITTAMINEN JÄÄKIEKKOMAALIVAHDILLA	43
9.1 Tasapainon harjoittaminen	44

9.2 Asentotunnon harjoittaminen	47
9.3 Näkökyvyn harjoittaminen	50
10 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄT	53
10.1 Toiminnallinen opinnäytetyö	53
10.2 Opinnäytetyön teoreettinen malli	54
10.2.1 Aloitusvaihe	54
10.2.2 Suunnittelu- ja organisointivaihe	54
10.2.3 Toteutusvaihe	55
10.2.4 Arviointivaihe ja käyttöönotto	55
10.3 Kehittämistyön menetelmät	55
10.3.1 Tiedonhaku	56
11 OPINNÄYTETYÖN TUOTOS	56
12 ARVIOINTI	58
12.1 Luotettavuus	58
12.2 Eettisyys	59
12.3 Videoiden toteutus ja toimeksiantajan palaute	60
12.4 Jatkokehittämissuhteet	60
12.5 Ammatillinen kehitys	61
13 POHDINTA	62

LÄHTEET

1 JOHDANTO

“Laadukas raportti syntyy vaiheittain eikä hosumalla, sillä teksti kypsyy kuin hyvä viini” (Vilkkä & Airaksinen, 2003, s. 67). Näin on kypsynyt myös jääkiekkoilijan pelaajaprofiili, joka on kehittynyt 2000-luvun edetessä niin taitotasoltaan kuin myös nopeusominaisuuksiltaan. Koko laji on kehittynyt nopeammaksi ja tämä asettaa uudenlaisia vaatimustasoja niin pelaajille kuin maalivahdeille. Tähän merkittävimpinä tekijöinä voidaan nostaa sääntömuutokset sekä valmennuksen ja harjoittelun laadun kehittyminen (Beaney, 2019).

Maalivahdin tavoite, eli vastustajan maalinteon estäminen, on pysynyt vuosikaudet samana. Maalivahtien torjunta- ja liikkumistekniikat ovat modernisoituneet vastaamaan nykyisen pelinopeuden vaatimustasoja. Jääkiekossa tehdään vähemmän maaleja kuin 20 vuotta sitten. Näin ollen nykypäivänä maalivahti voidaan nähdä lopputuloksen kannalta joukkueen tärkeimpänä pelaajana. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 77, 98.)

Joukkuelajit muodostavat havaintomotoriikalle haasteellisen kehyksen, sillä useat ulkopuoliset muuttujat testaavat aisti-informaation tehokasta prosessointia sekä päätöksenteon nopeutta. Jäinen alusta ja rajattu tila eli kaukalo sekä maalivahdin varusteet, kuten maila, räpylä, kilpi sekä polvisuojukset, haastavat motorista taitavuutta sekä pienessä tilassa toimimista. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 56). Pelin tapahtumat määrittävät rajallisen aikaikkunan suorittaa tarvittavat liikkeet kiekon torjumiseen. Maalivahdin kyky havainnoida kaikkien kymmenen kenttäpelaajan sijaintia, liikesuuntaa ja -nopeutta mahdollistaa tilanteiden tehokkaamman tunnistamisen. Lisäksi maalivahdin kuuluu olla tietoinen sijainnistaan maalin edessä ja pystyä havaitsemaan tilanteen kulua myös liikkeessaan.

Esimerkiksi kehon asennon tiedostaminen tuntuu itsestäänselvyydeltä, mutta entä jos siinä on häiriö? Kuinka tämä vaikuttaa esimerkiksi torjuntaliikkeen koordinaatioon ja nopeuteen. Näin ollen häiriöt aisti-informaation tulkitsemisessa voivat johtaa väärään

päätökseen ja heikompaan ratkaisuun tilanteessa, joka voi kostautua maalivahdin päättämänä maalina.

Kuinka usein näiden järjestelmien alentunut toiminnan taso tai jopa häiriöt tunnustetaan? Ja kuinka oleellisesti järjestelmien tehottomuus tai häiriöt voivat vaikuttaa urheilijan suoritukseen? Käytännön valmennustyössä ei päästä helposti kiinni maalivahdin havaintomotorisiin häiriöihin ja tästä syystä aiheen selvittäminen on oleellista.

Tällä kehitystyöllä haluttiin tuottaa tietoa havaintomotorisista häiriöistä urheilijoilla sekä niiden harjoitettavuudesta jääkiekkomaalivahdin toiminnassa. Opinnäytetyöllä pyrittiin lisäämään yrityksen valmentajien tietoa sensoristen häiriöiden merkityksestä urheilusuorituksessa sekä luomaan jääkiekkomaalivahdeille spesifejä harjoitteita laaditun raportin teoriaan perustuen.

2 KEHITYSTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarjota VIIMA Hockey Oy:n valmentajille kattava kokonaisuus aistijärjestelmien toiminnasta, häiriöistä sekä harjoitettavuudesta jääkiekkomaalivahdeilla. Tarkoituksena oli etsiä kirjallisuudesta aistijärjestelmien harjoitteita ja luoda näiden perusteella maalivahdin ominaisuuksille kohdennetut harjoitteet, joiden tavoitteena on edistää maalivahdin havaintomotorista kehitystä. Videoidut harjoitusmateriaalit tuotettiin tilaajana toimivan VIIMA Hockey Concept Oy:n valmennustoiminnan kehittämiseksi.

2.1 VIIMA Hockey Concept Oy

Toimeksiantajana projektissa toimi VIIMA Hockey Concept Oy, joka tarjoaa laadukkaita fysiikka- ja taitovalmennuspalveluita jääkiekkoilijoille. VIIMA Hockey Concept Oy:n perustaja Jouni Viitanen toimi organisaatiotason kontaktihenkilönä. VIIMA:n

maalivahtikonseptia kehittämässä ollut Roy Hellgren mentoroi opinnäytetyötä tarkemmin. Roylla on merkittävää tietämystä pelinlukemisen ja havaintomotoristen taitojen kehittämisestä.

2.2 Kohderyhmä

Opinnäytetyömme kohderyhmänä ovat jääkiekkomaalivahtit, joiden havaintomotorisiin lajivaatimuksiin olemme pyrkineet työmme kohdentamaan. VIIMA:n harjoitusryhmät sisältävät maalivahteja nuorista aina aikuisiin ja kesäisin monet ammattilaismaalivahtit harjoittelevat VIIMA:n organisaatiossa.

2.3 Aiheen rajaus

Alkuperäinen tilaajan toive oli jääkiekkomaalivahtien silmän toimintaan sekä sen häiriöiden testaamiseen ja harjoittamiseen kohdennettu tuotos. Kuitenkin pelkästään silmään keskittyvää opinnäytetyötä oli mahdoton liittää fysioterapiaan. Tilaajan ja koulun kanssa käytyjen keskustelujen sekä kartoittavan kirjallisuuteen perehtymisen seurauksena päädyimme sisällyttämään vestibulaarisen sekä somatosensorisen järjestelmän työhömmee, sillä nämä muodostavat silmän kanssa merkityksellisimmät aistikanavat urheilijan havaintomotorisessa toiminnassa.

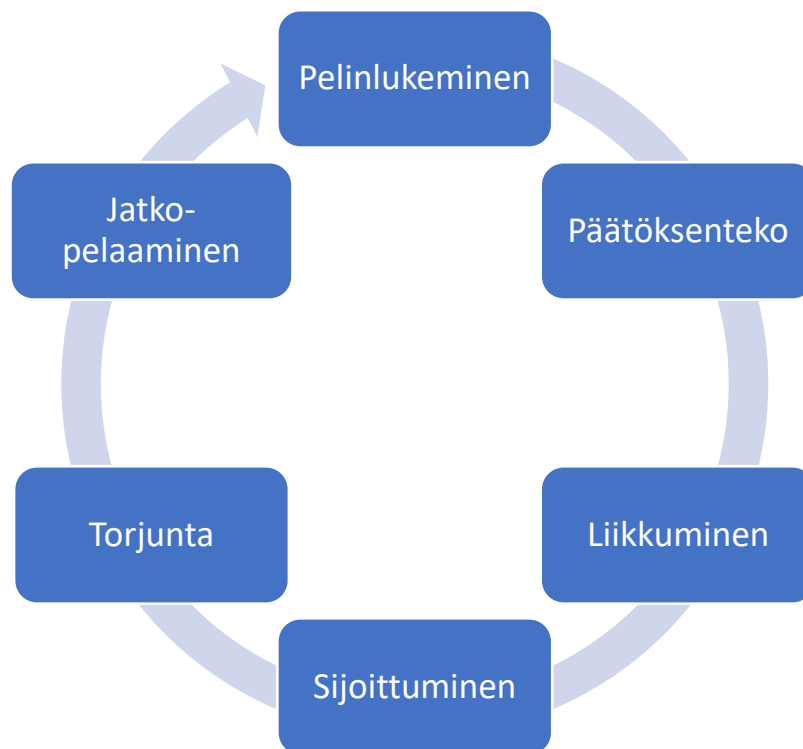
Suuntasimme kehitystyömme havaintomotoristen häiriöiden harjoitteiden kehittämiseen, sillä häiriöiden testaus nähtiin ongelmallisena. Vain terveydenhuoltoalan ammattilaisella on lupa diagnosoida mahdollisia havaintomotorisia häiriöitä. Toteuttamalla aiheen rajauksen näin, pystyimme vastaamaan tilaajan toiveisiin sekä säilyttämään vahvan yhteyden fysioterapiaan. Aiheen laajuuden ollessa merkittävä, kaikkea alkuperäiseen suunnitelmaan kuulunutta ei pystytty mahduttamaan työhön. Oleellimmat asiakokonaisuudet on kuitenkin pyritty tiivistämään mahdollisimman selkeään muotoon.

3 MAALIVAHDIN LAJIANALYYSI

Maalivahtien rooli on kasvanut joukkueen menestymisen kannalta merkittävästi. Tämä on lisännyt maalivahdin pelaamisessa eri osa-alueiden vaatimuksia, jolloin kehon eri järjestelmiltä vaaditaan epäinhimillistä tehokkuutta (Kilpivaara, 2011, s. 6–7, 20.) Lajin kehittyminen edellyttää valmennukselta maalivahdin vaatimustason jatkuvaa analysointia sekä pelipaikan valmennuskäytäntöjen päivittämistä. (Ropponen, 2016, s. 25.)

Jääkiekon sääntömuutokset ovat vaikuttaneet lajin kehittymiseen ja mahdollistaneet nopeiden ja taitavien pelaajien nousemisen keskiöön maalintekoa ajatellen. Sääntömuutosten myötä kasvaneet jäähyminuutit ovat lisänneet myös erikoistilanteissa syntyviä maaleja. Lisäksi maalivahtien varusteita on muutettu peittopinta-alaltaan pienemmiksi, jolloin maalivahdin liikkuminen ja reagointi saavat suuremman merkityksen kuin pelkkä sijoittuminen ja isot varusteet (Ropponen, 2016, s. 25–26.)

”Goaltending is not just a one save!” Jim Corsin (2018) mukaan maalivahdin pelaaminen perustuu neljään peruspilariin: 1) pelinlukemiseen, 2) päätöksentekoon, 3) toteutukseen ja 4) atleetisuuteen. Myös Koho ja Luukkainen (2012, s. 77) tuovat esiin urheilullisuuden merkitystä tukipilarina kehittää maalivahdin pelikäsitystä, taktiikkaa sekä torjuntatekniikoita eri maalintekotilanteissa. Lisäksi Corsi (2018) korostaa nyky-pelin jatkumoa, jolloin maalivahdin tehtävä ei ole vain suorittaa yhtä torjuntaa vaan pystyä pelaamaan jatkuvassa valmiudessa. Suomen jääkiekkoliitto on purkanut maalivahdin pelaamista myös samantyyppisiin osa-alueisiin.



Kuva 1. Torjuntaprosessi (mukailtu SJL, 2019a; SJL, 2020).

Torjuntaprosessi lähtee liikkeelle pelinluvusta ja tilanteen tunnistamisesta. Tämä johdattaa ongelmanratkaisuun ja päätöksentekoon, jonka seurauksena maalivahti tekee päätöksen liikkumisesta tarvittavaan sijaintiin. Optimaalinen sijoittuminen riittävän ajoissa mahdollistaa hyvän asennon torjuntaan sekä jatkopelaamismahdollisuuden. (SJL, 2019a.)

3.1 Pelin lukeminen

Pelin ymmärtäminen on kykyä hahmottaa lajin tavoitteita niin yksittäisten tilanteiden kuin myös lopputuloksen suhteen. (Koho & Luukkainen, 2012, 69) Jääkiekossa tilanteet muuttuvat nopeasti, joten opitut liikkumistaidot mahdollistavat tarkkaavaisuuden siirtämisen pelin havainnointiin. Pelin lukeminen on tilannekohtaista havainnointia ja hyökkäävän joukkueen pelirakenteiden tunnistamista. Hyvä pelinlukutaito auttaa maalivahtia ajoittamaan liikkeitä sekä valitsemaan riittävän tehokkaat liikkumistekniikat. Lisäksi maalintekotilanteen tunnistaminen helpottaa tuottamaan ennakoivan liikesarjan, sijoittumisen sekä torjuntatekniikan. (Kilpivaara, 2011, s. 35–36; Koho & Luukkainen, 2012, s. 20–21; SJL, 2017c; SJL, 2019b.)

Maalivahti pyrkii ennakoimaan kehittyvää tilannetta vastustajan näkökulmasta sekä tunnistamaan kiekollisen pelaajan vaihtoehtoja tulevan ratkaisun suhteen. Maalivahdin tulee havainnoida peliä lukemalla vastustajan kiekottomien pelaajien sijainteja, mahdollisia syöttösuuntia sekä kohteiden ja tilan etäisyyksiä. (Näykki, 2019.; Kilpi-vaara, 2011, s. 35–36; SJL, 2017a.) Havainnointi perustuu silmien tehokkaaseen hyödyntämiseen.

3.2 Liikkuminen

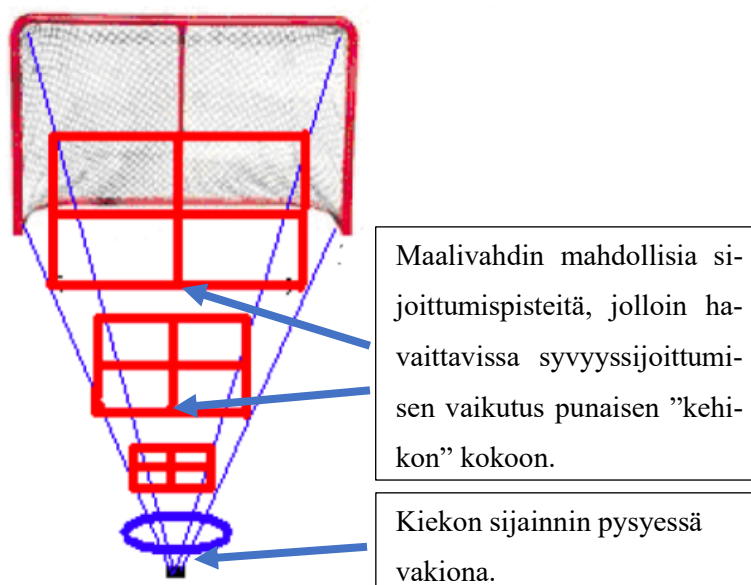
Maalivahdin pelaamisen liikemallit eivät ole ihmiselle luontaisia, vaan asennot ja liikesuuntien vaatimukset altistavat kehon epäergonomiselle kuormitukselle. (Corsi, 2018.) Liikkumisen aikana maalivahdin tulee kontrolloida sivuttais- sekä syvyys-suuntaista liikkeen tuottoa. Liikkeen pysäyttäminen optimaaliseen sijoittumispisteeseen vaati liikemomentin hallintaa, jossa korostuvat koordinaatiokyky, tasapaino, liikkeen tarkka ajoittaminen sekä suuntaaminen. Maalivahdin liikkuminen tapahtuu niin pystyssä kuin polvillaan jäissä, liikkeiden tapahtuessa 3D-liikesuunnissa maalivahdinalueella, joka on kooltaan noin 2,4 m x 1,8 m. (SJL, 2014.)

Maalivahdin torjunta-asento tarkoittaa asentoa, jossa maalivahti on tasapainoisesti molempien terien päällä ja valmiudessa liikkumaan kaikkiin suuntiin. Asento tulisi säilyä mahdollisimman hyvin myös liikkumisen aikana. Tämä vaatii riittävää voimatasoa alavartalosta sekä koko kehon painopisteen hallintaa. (Ropponen, 2016, s. 69.) Tasapainon ylläpito on haasteellista jääkiekossa juuri liukkaan jään sekä luistimien terien takia. Varsinkin yhdellä luistimella tukipinta on hyvin kapea ja yhden jalan liu'ut vaativat optimaalista painopistettä sekä riittävää lihasvoimaa säilyttääkseen tasapainon liikkeiden ja pysähtymisen aikana. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 33.)

Automatisoitunut liikkumistekninen osaaminen luo perustan liikkeiden adaptaatiolle. Maalivahdin tulee pystyä muuttamaan opitun liikkumistaidon suoritusnopeutta sekä hallita liikesuunnan kohdentamista tilannekohtaisesti. (Näykki, 2019.) Monipuolinen liikkumistekniikoiden hallinta mahdollistaa tehokkaan sijoittumisen (SJL, 2014).

3.3 Sijoittuminen

Maalivahdin laadukas sijoittuminen muodostuu kyvystä hahmottaa maalin sijaintia ja liikuttaa oma keho kiekon laukauslinjan ja maalin väliin. Maalivahdin syvyyssijoittuminen eli etäisyys maalista muodostaa maalivahdin kohdalle niin sanotun torjuntamaalin (Kuva 2. ”box control”) (SJL, 2019a; Näykki, 2019.) Esimerkiksi kiekon ollessa 10 metrin etäisyydellä maalista ja maalivahdin ollessa maaliviivalla, maalin koko on normaali 121 cm (korkeus) x 183 cm (leveys). Maalivahdin sijoituessa 180 cm vastaan (maalivahdin alueen yläkaarelle) kohti kiekkoa on maalivahdin linjalle muodostuvan kehikon koko noin 106 cm (korkeus) x 150 cm (leveys).



Kuva 2. ”Box control” (mukailtu Valana, 2009).

Maalivahdin tulee hyödyntää tilanhahmotuskykyä sekä oman sijainnin tunnistamista liikkuakseen pelitilanteiden mukaan oikeaan sijoittumispisteeseen oikealla ajoituksella. Tehokkaassa sijoittumispisteessä maalin pinta-alasta (”box control”) on peitetynä mahdollisimman paljon ja maalivahti kykenee ennakoimaan tulevien liikesuuntien määrän ja etäisyyden. Näin maalivahti lisää todennäköisyyttä tilanteen voittamiseksi eli kiekon torjumiseksi. (Corsi, 2018; Näykki, 2019, SJL, 2017b; Ropponen 2016, s. 64.)

3.4 Kiekon torjuminen

Torjuminen voidaan jakaa kahteen kategoriaan: reagoiviin- sekä peittotorjuntoihin. Reagoivissa torjunnoissa maalivahdin on tarkoitus kontrolloida kiekkoa. Ylös tulevat kiekot käsillä, matalat laukaukset jaloilla ja jäälaukaukset mailalla. Räpylä- ja kilpi-torjunnat vaativat hyvää koordinaatiota, kykyä säädellä voimantuottoa ja nopeutta sekä hahmottaa torjuntamatkaa. (Ropponen, 2016, s. 82–83; SJL, 2017a.) Peittotorjunnassa asento pyritään pitämään tiiviinä ja annetaan kiekon vain osua kehoon. Tätä käytetään usein lähitilanteissa, koska ”box control”-kehikon koko on maalivahtia pienempi ja reaktioaika ei riitä kiekon kontrolloimiseen. Jos kiekko ei jää torjunnasta haltuun, se pyritään ohjaamaan kulmaan sekä havaitsemaan tilanteen jatkumoa. (SJL, 2017b.)

Torjuntaliikkeen valintaan vaikuttavat maalivahdin kehon asennot, kiekon sijainti ja tuleva laukauskohta. Reaktioaika ei aina riitä kontrolloidun torjunnan tekemiseen, vaan maalivahdin täytyy sijoittumisella ja pelin lukemisella ennakoida torjuntaliikettä ja -suuntaa. Torjunnan jälkeen maalivahti jatkaa havaintomotorista prosessia. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 78–82; SJL, 2017b.)

4 HAVAIMOTOTORIIKKA

Aistimukset ovat hermosoluja aktivoivaa tai stimuloivaa energiaa. Jotta pystyt lukemaan tätä opinnäytetyötä, tulee valoaltojen stimuloida silmiesi hermosoluja ja käynnistää aivoissasi aistiprosesseja. Myös ääni, kosketus, tuoksu, lihasten liike sekä painovoima, ovat kaikki aistimuksia tuottavia energian muotoja. (Ayres, 2008, s. 28.) Motoriikka viittaa vartalon hallintaan sekä suunniteltujen liikkeiden tuottamiseen. Havaintomotoriikka voidaan siis nähdä aisti-informaation prosessina, joka ohjaa liikkumista ja toimintaa. (Kauranen, 2011, s. 156.)

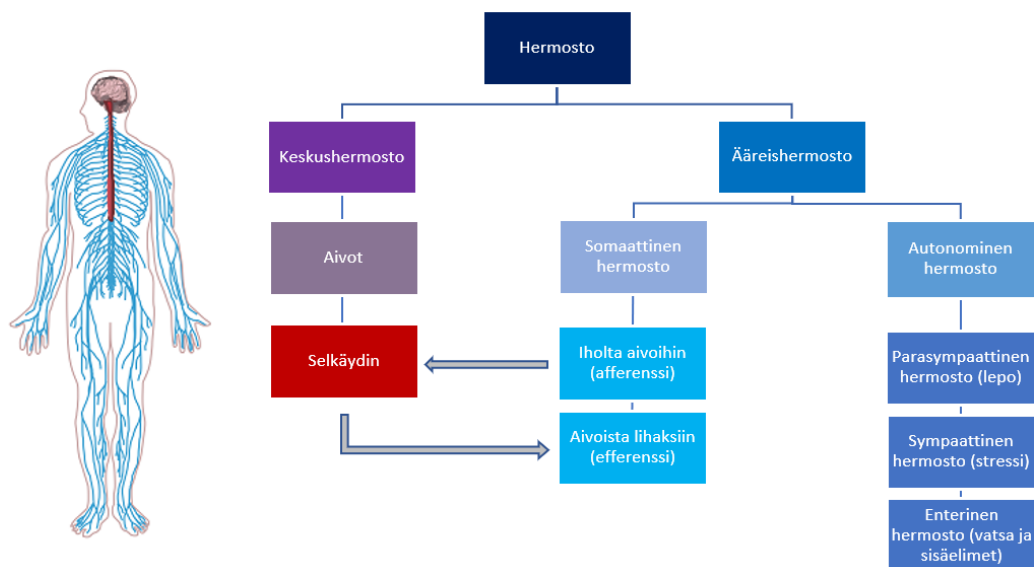
Havainnointi on aistimusten integroitumista merkitykselliseen ja käyttökelpoiseen muotoon. Havainnointiin sisältyvät perifeeriset aistijärjestelmät sekä

keskushermoston tiedonprosessointi, joka tulkitsee hermoratojen tuomaa informaatiota ja antavat sille merkityksen. Havaintojärjestelmien välittämän tiedon perusteella ihminen luo käsityksen kehostaan, kehon asennosta tilassa sekä ympäristön ominaisuuksista, jotka ovat kriittisiä liikkeen säätelyn kannalta. Kognitiiviset prosessit ovat olennainen osa motoriikan hallintaa, koska liikkeen toteutus on normaalisti tavoitteellista. (Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 4.)

Havaintomotorinen prosessi on valtaosin automatisoitunut ja tiedostamaton tapahtumaketju, jossa keskushermosto kerää, yhdistää ja vertaa aistijärjestelmillään ympäristöstä sisään otettua informaatiota aiempiin kokemuksiin, minkä perusteella se valitsee sekä käynnistää sopivan motorisen vasteen. Keskushermosto myös säätelee ja mukauttaa valittuja motorisia vasteita jatkuvasti kehon toiminnasta välittyvän aistitiedon mukaan. Urheilijan näkökulmasta tämän monimutkaisen prosessin oikeanlainen toiminta on avainasemassa ajoituksen, nopeuden sekä liikesuoritusten valinnan ja tarkkuuden kannalta. (Jaakkola, 2000, s. 55–56; Pajala ym., 2008, s. 145.)

Aisti-informaation hyödyntäminen ihmisen toiminnassa on jatkuva monisuuntainen tapahtumaketju keskushermoston sekä eri aistikanavien ja motorisia suorituksia kontrolloivien järjestelmien välillä (Pajala ym., 2008, s. 145). Häiriöt sensorisissa järjestelmissä heikentävät usein myös motorisia toimintoja ja vaikuttavat näin oleellisesti motoriseen suorituskyykyyn. Sensorisen häiriön sijainti sekä laajuus ovat merkittävässä yhteydessä häiriön luonteeseen. (Kauranen, 2018, s. 314.)

5 HERMOSTON RAKENNE



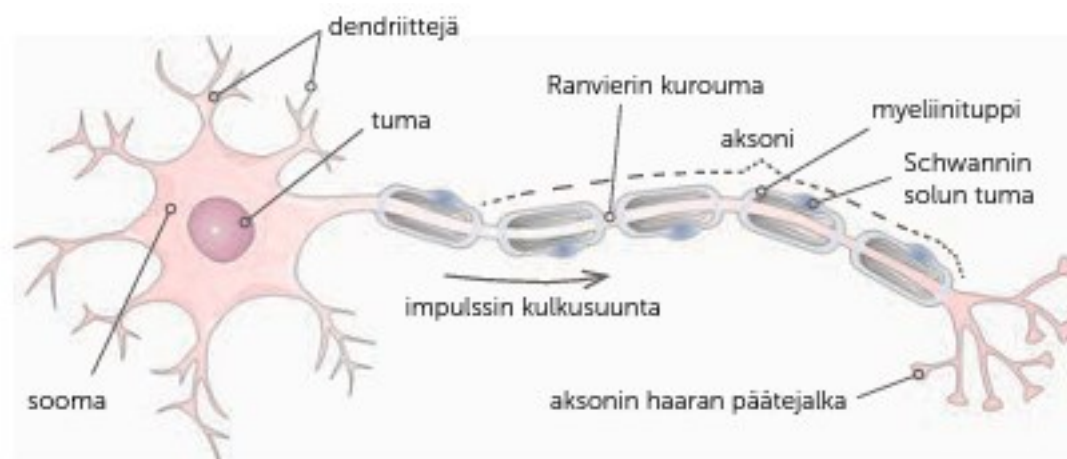
Kuva 3. Hermoston rakenne (mukailtu Mujunen 2021 & Study.com 2022).

Hermosto jaotellaan keskus- ja ääreishermostoon. Luiden suojassa olevat aivot sekä selkäydin muodostavat keskushermoston. Ääreishermosto jaotellaan somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Autonominen hermosto jaetaan edelleen sympaattiseen- ja parasympaattiseen hermostoon. Somaattinen hermosto vastaa aisti-informaation keräämisestä sekä hermottaa liikkeen tuottoa. Autonominen hermosto säätelee nimensä mukaisesti automaattisia, hengissä säilymisen kannalta olennaisia elintoimintoja, kuten sydämen sykettä. Sympaattinen hermosto toimii toiminnan kannalta aktiivivana sekä vireystilaa nostavana. Parasympaattinen hermosto vaikuttaa kehon energiatasojen palauttamiseen sekä rauhoittumiseen. (Paavilainen, 2020, s. 51–53.)

5.1 Hermosolu ja tiedonvälitys

Hermosolut (neuroni) ovat tiedon käsittelyn ja välityksen perusta. Arvioiden mukaan hermosoluja on 100 miljardia kappaletta ihmiskehossa. Vaikka hermosolut ovat erikoistuneet sijainnin perusteella, on niiden perusrakenne yleensä samanlainen. Hermosolut voidaan luokitella kolmeen päätyyppiin. Sensoriset hermosolut (afferentti) keräävät aistikanavainformaatiota kehosta ja sen ulkopuolelta. Kyseisen hermosolun reseptorit ovat erikoistuneita tietyn tyyppisille ärsykkeille ja pystyvät näin ollen

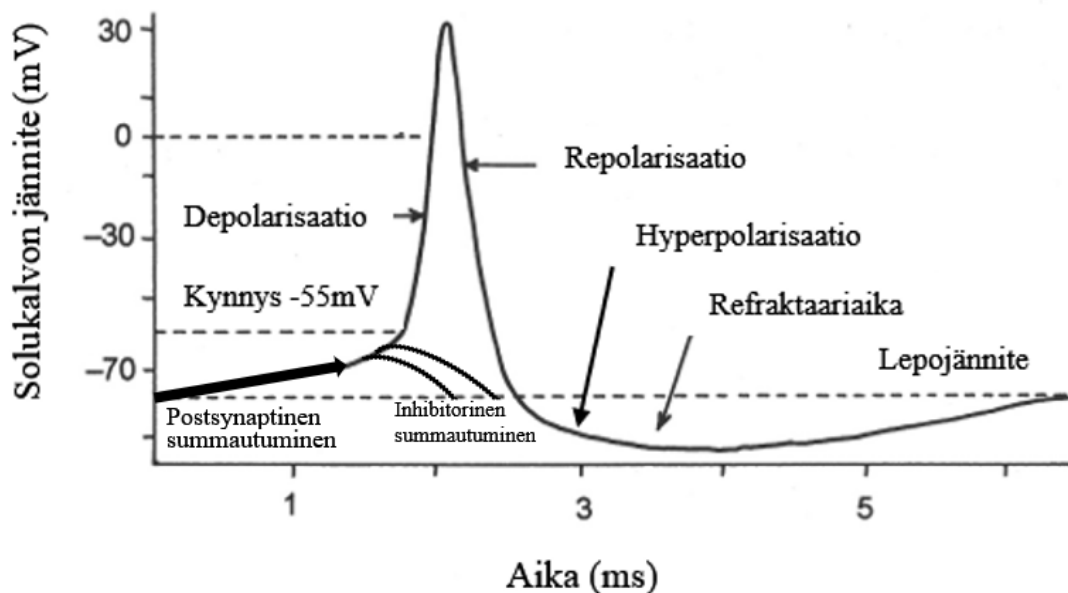
muuntamaan aistimuksen aivoille ymmärrettävään muotoon. Toinen tyyppi on välisolut (interneuronit). Näitä on määrällisesti kaikista eniten ja ne vastaavat tiedon prosessoinnista. Nimensä mukaisesti välineuronit sijaitsee sensoristen ja motoristen hermosolujen välissä. Kolmas tyyppi on motoriset hermosolut eli motoneuronit, jotka toimittavat ohjauskäskyjä (efferentti) kehon toimintoihin sekä tarkoituksenmukaiseen liikkumiseen ympäristössä. (Paavilainen, 2020, s. 39.)



Kuva 4. Hermosolun rakenne (Leppäluoto ym., 2019, s. 331).

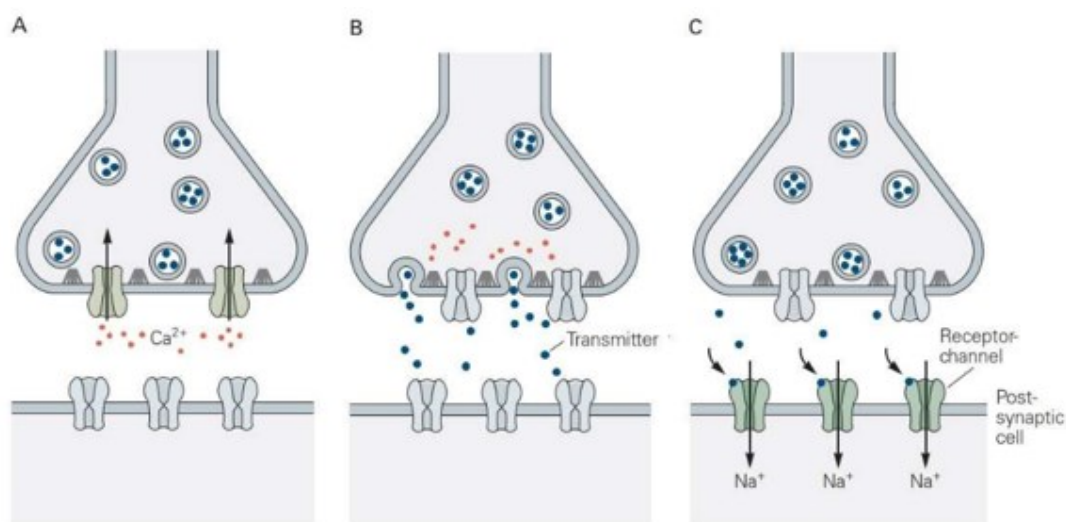
Sooma on hermosolun solukeskus, jossa sijaitsee tuma. Tuma sisältää solujen toimintaa ohjaavat kromosomit eli geenit. Dendriitit ovat tuojahaarakkeita, jotka vastaanottavat ja välittävät sähköisen impulssin soomaan. Soomasta lähtee aina vain yksi aksoni eli informaatiota eteenpäin kuljettava viejähaarakke. Aksoni saattaa kuitenkin jakautua useampaan päätehaarakkeeseen. Tällaista tiedon jakamista kutsutaan divergenssiksi. Aksonihaaran ja kohdesolun väliin jäävää rakoja sanotaan synapsiksi. Presynaptinen hermosolu tuo tietoa, jonka postsynaptinen hermosolu ottaa vastaan. (Paavilainen, 2020, s. 39–41.) Aksonin paksuus sekä mahdollinen aksonin ympärille muodostunut rasvaeriste (myeliinituppi) vaikuttavat hermoimpulssin etenemisnopeuteen. Ilman myeliinituppea, impulssin johtumisnopeus on 1–10 m/s ja myeliinitupellisissa akso-neissa jopa 120 m/s. (Paavilainen, 2020, s. 44.) Myeliini muodostuu, kun Schwannin solujen solukalvot kiertyvät aksonien ympärille. Vierekkäisten kiertymien väleillä on katkoksia myeliinitupeissa, joita kutsutaan Ranvierin kuroumiksi. (Leppäluoto ym., 2019, s. 330–331.)

Hermosolun toiminta perustuu sähköisen impulssin siirtymiseen sekä kemialliseen pre- ja postsynaptiseen viestintään. Hermosolua ympäröi solukalvo, jonka sisällä olevassa solunesteessä vallitsee lepotilassa negatiivinen varaus. Solunesteen lepojännite on suuruudeltaan noin -70mV . Solukalvossa on kahdenlaisia ionikanavia, natrium- ja kaliumkanavia, jotka ovat suljettuina solun ollessa lepotilassa. Kun presynaptisen solun toiminta vaikuttaa riittävän eksitoivasti postsynaptisen solun ympäristön jännitteeseen, tämä saa jännitteen saavuttamaan -55mV kynnyksarvon, jolloin natriumionikanavat aukeavat ja natriumia virtaa solun sisään. Tämä nostaa solun sisäisen varauksen nopeasti positiiviseksi, jopa 40mV asti. Varauksen nopeaa nousua kutsutaan **depolarisaatioksi**. Natriumionikanavat ovat aikalukittuja, eli ne pysyvät auki ennalta määrätyn ajan, noin 1–2 millisekuntia. Natriumionikanavien sulkeutuessa kaliumionikanavat aukeavat ja kaliumia virtaa solusta ulos, jolloin solun sisäinen jännite lähtee nopeaan laskuun. Tätä laskua kutsutaan **repolarisaatioksi**. Laskun yhteydessä solun jännite laskee hetkeksi lepojännitettä negatiivisemmaksi ja tätä kutsutaan **hyperpolarisaatioksi**. Hyperpolarisaatiota seuraa lyhyt lepoaika, **refraktaariaika**, jolloin solu ei kykene lähettämään uutta aktiopotentiaalia. Tämä estää aktiopotentiaalın suuntautumisen takaisinpäin. Lopulta solu palautuu lepojännitetilään ja on valmis lähettämään uuden aktiopotentiaalın. (Paavilainen, 2020, s. 43–44.)



Kuva 5. Aktiopotentiaalın syntyminen (mukailtu Moilanen, 2008).

Hermosolu toimii kaikki-tai-ei-mitään-periaatteella eli joko presynaptisen solun viesti on inhiboiva (vaimentava), jolloin viestiä ei enää jatketa tai eksitatorinen (kiihdyttävä), joka laukaisee aktiopotentialin jatkamaan matkaansa. Synapsissa viesti kulkee kemiallisesti välittäjäaineiden avulla. Välittäjäaineet ovat kerääntyneet presynaptisen aksonin päätteiden kammioihin. Presynaptista aksonia pitkin etenevän aktiopotentialin saapuessa pääteleevyyn, tietyt välittäjäaineet irtautuvat synapsikuiluun kohti postsynaptisen hermosolun välittäjäaineen vastaanottoon erikoistuneita reseptoreja. Jokaiselle välittäjäaineelle on kehittynyt erityinen reseptori. Eksitatoriset välittäjäaineet tehostavat hermoimpulssin siirtymistä seuraavaan kohdesoluun, jossa postsynaptisen solun varaus muuttuu positiivisemmaksi (eksitatorinen postsynaptinen potentiaali EPSP). Inhiboivat välittäjäaineet muuttavat postsynaptisen solun lepojännitettä lisäten negatiivista varausta (inhibitorinen postsynaptinen potentiaali IPSP). (Paavilainen, 2020, s. 44–45.) Välittäjäaineiden määrä ja tyyppi vaikuttavat lepopotentiaalın jännitteeseen summautuen eli postsynaptinen hermosolu laskee eksitatoristen ja inhibitoristen välittäjäaineiden määrän. Mikäli eksitatorisia välittäjäaineita havaitaan riittävästi enemmän kuin inhibitorisia, hermosolun lepopotentiaali nousee kynnysarvon yli ja se lähettää aktiopotentialin matkaan. Jos eksitatoristen välittäjäaineiden määrä on liian pieni tai inhibitoristen välittäjäaineiden määrä on yhtä paljon tai enemmän kuin eksitatoristen, pysähtyy hermoimpulssin kulku. (Paavilainen, 2020, s. 47–48.)



Kuva 6. Synapsin tiedonvälitys (mukailtu Mujunen, 2021).

A) Aktiopotentiali saapuu presynaptiseen pääteleevyyn - jänniteohjatut kaliumionikanavat aukeavat ja välittäjäaineita sisältävät synapsikammiot mobilisoituvat

B) Synapsikammiot yhdistyvät presynaptisen solun solukalvoon vapauttaen välittäjäaineet synapsirakoon

C) Postsynaptisen solun kalvolla olevat reseptorisoijat ionikanavat ottavat vastaan välittäjäaineet, mikä saa ionikanavat aukeamaan – postsynaptinen kalvojännite muuttuu ja muodostaa mahdollisesti aktiopotentialin

Havaintomotoriikan ja ihmisen toiminnan kannalta inhibitoristen välittäjäaineiden toiminta on välttämätöntä, sillä muuten kaikki hermosolut vain kiihdyttäisivät omaa toimintaansa, eivätkä aivot kykenisi käsittelemään kaikkea informaatiota. Esimerkiksi tarkkaavaisuuden kohdentaminen tarkoittaa tiettyjen aistikanavien tehostusta eksitatoristen välittäjäaineiden aktiivisuudella. Samanaikaisesti muiden aistien toimintaa tulee rajoittaa inhibitoristen välittäjäaineiden toimesta, jotta pystymme ohjaamaan toimintaamme tarkoituksenmukaisesti. (Paavilainen, 2020, s. 48.)

5.1.1 Keskushermosto

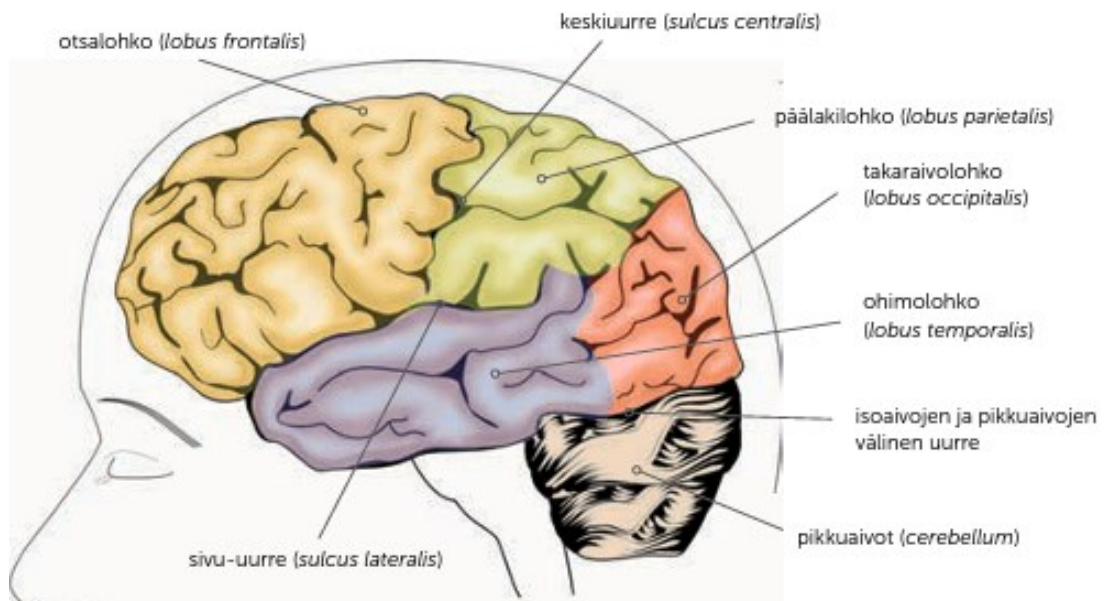
Keskushermosto ottaa reseptoreilta tulevan aistitiedon vastaan, jonka avulla se tuottaa tietoisuutta, tarkoituksenmukaisia kehon asentoja ja liikkeitä sekä tilanteenmukaisia tunteita, muistoja, ajatuksia ja oppimista. Aistitiedon käsittelyyn sekä jäsentämiseen osallistuu yli 80 prosenttia hermostosta, joten aivoja voidaan kutsua *aistimuksia käsitteleväksi koneeksi*. (Ayres, 2008, s. 61.)

5.1.2 Aivot

Aivokuoren eli korteksin päätoiminta kohdistuu haastavampiin kognitiivisiin toimintoihin, havaitsemiseen, ajatteluun, muistitoimintoihin sekä kielelliseen käsittelyyn. (Paavilainen, 2020, s. 54.) Isoaivojen syvemmissä osissa sijaitsevat tyvitumakkeet eli basaaligangliot. Nämä ovat erikoistuneet esimerkiksi taitojen oppimiseen ja liikkeen säätelyyn. Aivorunko sijaitsee isoaivojen sisä- ja alapuolelle, yhdistäen isoivot ja selkäytimen. Sen ylemmissä (väliaivoissa) osissa ovat talamus, hypotalamus ja aivolisäke. Talamus toimii aistitiedon välitasemana ennen sen siirtymistä korteksille. Talamus osallistuu tarkkaavaisuuden, tietoisuuteen sekä vireystilan säätelyyn, sillä sen

tumakkeet pystyvät vahvistamaan tai vaimentamaan tietyn aistimuksen vahvuutta korteksitasolla. (Paavilainen, 2020, s. 59–60.)

Sylviuksen uurre ja keskiuurre jakavat aivoja neljään lohkoon toimintojen perusteella, joita ovat otsalohko (frontaalilohko), ohimolohkot (temporaalilohkot), päälakilohko (parietaalilohko) ja takaraivolohko (okkipitaalilohko) (Paavilainen, 2020, s. 54–56).

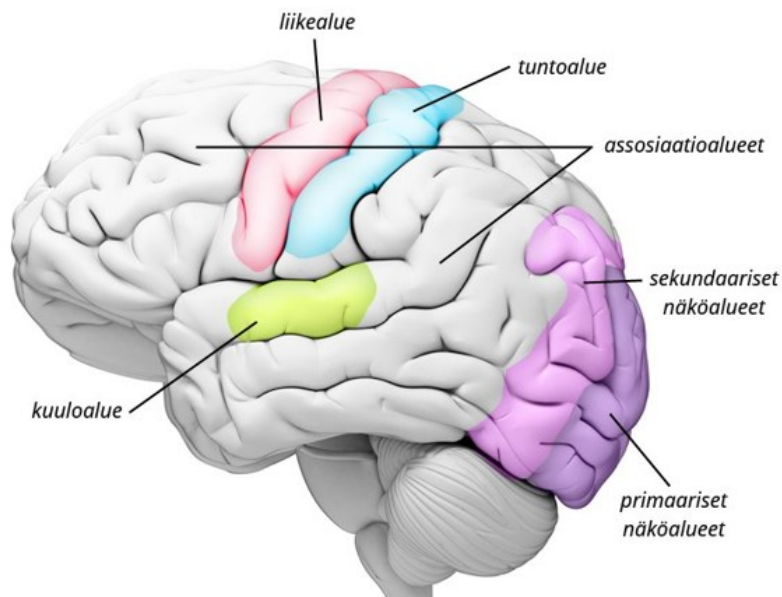


Kuva 7. Aivojen lohkot (Leppäluoto ym., 2019, s. 334).

Pikkuaivot kiinnittyvät aivosiltaan ja sijaitsevat takaraivolohkon (lobus occipitalis) alapuolella. Pikkuaivot vastaavat koordinaatiosta, hienomotorisen liikkeen säätelystä, liikkeen ajoituksesta, tasapainosta sekä asennon ylläpitämisestä. Pikkuaivot pystyvät yhdistämään aistitietoa liikkeiden ohjaukseen. Aivosilta (lat. pons) on jatke keskiaivoille, joka vastaa primääreistä elintoiminnan osista, kuten hengitys, nieleminen sekä tasapainon hahmottaminen ja säätely. Aivosilta yhdistää paljon ratoja aivokuoresta, selkäytimestä, tyvitumakkeista ja pikkuaivoista. Aivosilta toimii myöskin risteämäkohtana sensorisille ja motorisille radoille. (Paavilainen, 2020, s. 60–61.)

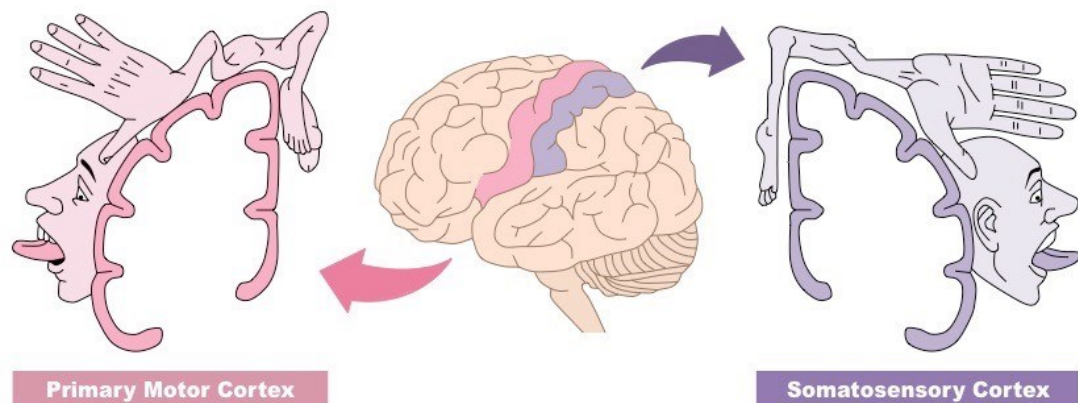
Aistijärjestelmien tieto saapuu korteksilla ensin primääreille sensorisille alueille, joista se jatkaa sekundäärisille alueille. Sekundäärialueet ovat erikoistuneet tietyn aistikanan informaation tarkempaan prosessointiin. Assosiaatioalueet eivät keskity yksittäisen aistin toimintoihin, vaan pyrkivät yhdistämään sensorista tietoa. Frontaalilohko on

tahdonalaisen assosiaation kannalta tärkeä, sillä se pystyy tuottamaan tietoista toiminnan ja tarkkaavaisuuden ohjausta, muistamista sekä tunteiden säätelyä. (Paavilainen, 2020, s. 56–57.)



Kuva 8. Aivojen assosiaatioalueet (mukaiillen Alatalo, 2018).

Motorinen aivokuori eli liikeaivokuori sijaitsee keskiuurteen etupuolella olevassa etukeskipoimussa. Motorinen aivokuori sekä aivorunko osallistuvat liikkumisen säätelyyn ja yhdessä puna-, musta-, tasapaino- sekä kattotumakkeiden ja ydinjatkeen kanssa mahdollistavat ihmisen tarkoituksenmukaisen liikkumisen. Liikeaivokuori on järjestäytynyt samaan tapaan kuin tuntoaivokuori eli kehonosat ovat edustettuina eri alueilla (homunculus). Hermotuksesta vastaavien neuronien määrä riippuu hermotettavan alueen tärkeydestä eli vaaditun kontrolloinnin tarkkuudesta. Motorisen aivokuoren etupuolella oleva premotorisen aivokuoren osallistuu myös liikkeiden suunnitteluun. (Leppäluoto ym., 2019, s. 363–365.) Primääri näköaivokuori sijaitsee okkipitaalilohkossa ja primääri tuntoaivokuori parietaalilohkossa. Alueiden hermosolujoukot ovat yleensä erikoistuneet vain tietyn reseptorin laadullisen tehtävän tai sijainnillisen informaation käsittelyyn. Tuntoaivokuori on jaettu kehon osien mukaisesti, jolloin tietyssä sijainnissa toimivan reseptorin viesti saapuu tuntoaivokuorella kyseisen alueen informaation käsittelystä vastaavalle alueelle. (Paavilainen, 2020, s. 56.)



Kuva 9. Kortikaalinen homonkulus (BioNinja, n.d.).

5.1.3 Selkäydin

Aivokuori ja aivorunko lähettävät ylempiä motoneuroneja pitkin viestin välineuroonille, joka inhiboi tai aktivoi signaalia. Viesti jatkaa alemmalle motoneuronille (alfamotoneuroni), jotka sijaitsevat selkäytimessä. (Leppäluoto ym., 2019, s. 363.) Motoriselta aivokuorelta selkäyttimeen meneviä alfamotoneuroniratoja on kahdenlaisia. Synapsittomia ratoja, joita sanotaan kortikospinaalisiksi eli pyramidiradoiksi. Kaikki muut synapsilliset radat ovat extrapyramidaaliratoja. Kortikospinaalirata on vastuussa kehon tiedonvälityksestä tarkkuutta vaativissa tehtävissä, kuten sormien liikkeissä. Kortikospinaalirata kulkee talamuksen, tyvitumakkeiden ja ydinjatkeen läpi ja se on yhteydessä myös pikkuaivoihin. Extrapyramidaaliradat välittävät aisti-informaatiota lihaksille esimerkiksi säätelämällä tasapainoa ja ohjaamalla motorisia vasteita näköaistimusten perusteella. (Leppäluoto ym., 2019, s. 464.)

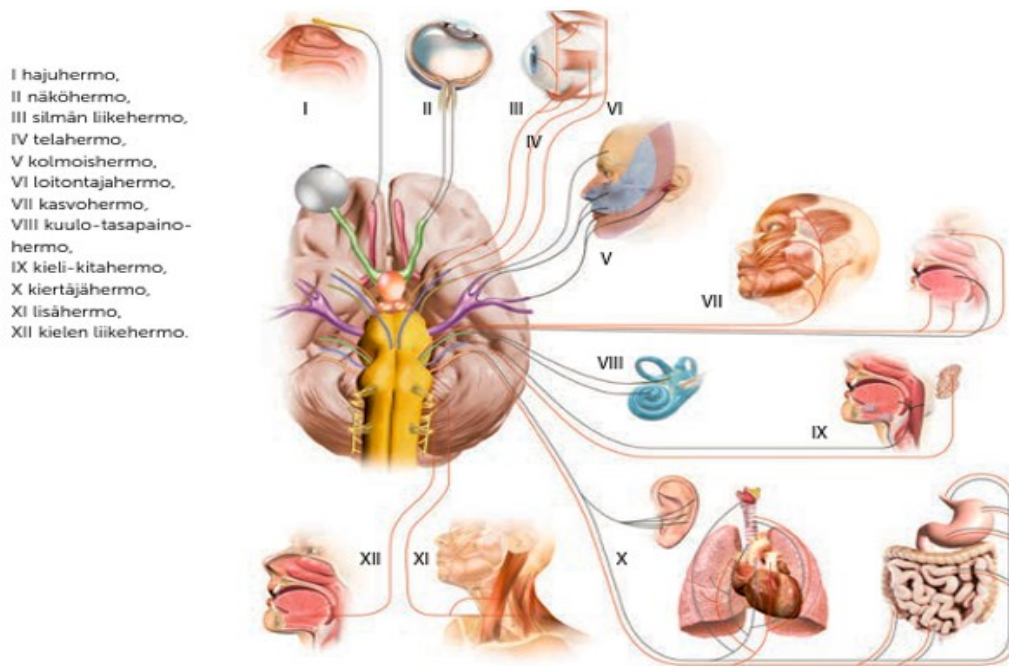
5.2 Ääreishermosto

Ihmisen ääreishermosto koostuu aivohermoista sekä selkäydinhermoista. Aivohermot lähtevät aivoista ja aivorungon eri osista. Selkäydinhermot haarautuvat selkäytimestä eri puolille kehoa. Aivohermoja on 12 kappaletta ja selkäydinhermoja on 31 paria. (Leppäluoto ym., 2019, s. 340, 344.)

5.2.1 Aivohermot

Jokainen aivohermo on erikoistunut välittämään spesifiä informaatiota. Urheilijan toiminnassa tärkeimmät hermot ovat: II aivohermo (n. opticus) eli näköhermo, mikä koostuu verkkokalvon gangliasolujen aksoneista ja se välittää näköimpulsseja silmästä aivoihin. III aivohermo (n. oculomotorius) eli silmän liikehermo on keskiaivoista lähtevä hermopunos, joka hermottaa useimpia silmänliikuttajalihaksia sekä yläluomen kohottajalihasta. Pupillia supistavan parasympaattisen hermoston säikeet kulkevat myös silmän liikehermon sisällä. IV aivohermo (n. trochlearis) on telahermo, keskiaivoista lähtevä, ylävinon silmälihaksen motoriikasta vastaava hermorata. VI aivohermo (n. abducens) on silmien loitontajahermo ja se kulkee aivosillan sekä ydinjatkeen välistä silmää kohti kulkeva hermorata, joka vastaa ulkosuoran silmälihaksen hermotuksesta. (Leppäluoto ym., 2019, s. 344.)

VIII aivohermo (n. vestibulocochlearis) on kuulo- ja tasapainohermosta muodostuva kuulo-tasapainohermo, joka välittää sisäkorvan sensoreilta auditiivista sekä tasapainoon liittyvää informaatiota. X aivohermo (n. vagus) eli kiertäjähermo on tärkein parasympaattinen hermo. Sen tumakkeet sijaitsevat aivorungossa ydinjatkeessa, josta se haarautuu usealla juurella hermottaen sydäntä, keuhkoja, maksaa, munuaisia, mahalaukkua sekä suolistoa. XI aivohermo (n. accessorius) on lisähermo, joka haarautuu ydinjatkeesta ja selkäytimen kaulaosasta useilla juurilla. Se välittää pelkästään motorisia käskyjä eräille kaulan ja hartioiden sekä nielun alueen lihaksille. (Leppäluoto ym., 2019, s. 345–346.)



Kuva 10. Aivohermot (Leppäluoto ym., 2019, s. 344).

5.2.2 Selkäydinhermot

Selkäytimestä haarautuvat selkäydinhermot muodostuvat kehosta informaatiota tuovista tuntohermosyistä eli afferenteista ja motorisia käskyjä vievistä liikehermosyistä eli efferenteistä sekä autonomisista hermosyistä. Jokaisesta selkänikamavälistä haarautuu yksi selkäydinhermopari. Neljä alinta kaulahermohaaraa ja ylin rintahermohaara (CIV-ThI) muodostavat yläraajojen hermotuksesta vastaavat hartiapunokset (plexus brachialis). Lanne- ja ristihermojen (LI-SIV) etuhaarat muodostavat alaraajoja hermottavat lanne-ristipunokset (plexus lumbosacralis). (Leppäluoto ym., 2019, s. 340–342.)

5.3 Neuroplastisiteetti

Neuroplastisiteetilla tarkoitetaan hermosolujen kykyä muovautua. Plastisuus voi tarkoittaa toiminnan tai rakenteen muutoksia. (Paavilainen, 2020, s. 71.) Muutokset neuroneissa voivat fysiologisesti tapahtua harmaassa tai valkoisessa aineessa. Harmaan aineen muutokset kohdistuvat neuronien määrään eli harmaan aineen lisääntymiseen, joita ovat uusien hermosolujen syntyminen (neurogeneesi) sekä uusien synapsiyhteyksien muodostumiset (synaptogeneesi). (Jehkonen ym., 2019, s. 49.) Neurogeneesiä

tapahtuu pikkuaivojen ja hippokampuksen alueilla sekä isoivojen korteksilla sekä selkäytimessä (Kauranen, 2011, s. 323). Hermosäikeiden muutokset, kuten myeliinikerroksen paksuuden sekä hermosäikeiden uudelleenorganisointumiset sekä verisuoniston muutokset (angiogeneesi) ovat valkean aineen muutoksia (Jehkonen ym., 2019, s. 49).

Yksittäisen hermosolun läpi virtaava aktiopotentiali vahvistaa hermosolun muistijälkeä sekä tehostaa toimintaa ympärillä oleviin neuroneihin. Toistuva presynaptinen aktiopotentiali kasvattaa välittäjäainemäärää synapsiraossa, tämä johtaa ionivaihdon pitkittymiseen, koska postsynaptinen neuronin pyrkii ottamaan kaikki välittäjäaineet vastaan. Tämä johtaa molempien synaptisten kalvojen pinta-alojen kasvuun sekä laukeamiskynnyksen pienenemiseen. Hermosolun proteiinisynteesi vastaa solun rakenteellisesta muokkauksesta ympäristön vaatimalle tasolle. (Kauranen, 2011, s. 318, 322–325; Gjelsvik & Line, 2016, s. 114.)

Ihminen voi harjoittaa neuronejaan samoin kuin lihaksia. Neuraalisen stimuluksen toistuessa neurogeneesi sekä synaptogeneesi vahvistuvat, jonka ansiosta jatkossa samankaltaisten impulssit liikkuvat hermoradalla voimakkaammin sekä nopeammin. Sensorinen sekä motorinen toiminta tarvitsee sitä vähemmän neuraalista energiaa, mitä useammin se tapahtuu. Neuronien käyttämättömyys johtaa niiden toiminnan heikentymiseen sekä siirtämiseen toisiin tehtäviin. (Ayres, 2008, s. 83; Doidge, 2018, s. 30). Ympäristötekijät ja ihmisen fysiologinen kasvu vahvistavat siis tiettyjä, toiminnan kautta harjoitettuja yhteyksiä, kun käyttämättömät yhteydet karsiutuvat pois. Ihmisen pitää olla aktiivinen toimija, sillä aistitiedon hyödynnettävyys ympäristössä toimijuuteen syntyy vain tekemisen kautta. Aivot pystyvät myös hahmottamaan ulkoisia esineitä kehon jatkeena sekä käyttämään niitä tarkoituksen mukaiseen toimintaan, esimerkiksi maalivahdille kehittyy kyky hyödyntää torjunnassa oleellisia varusteita. (Paavilainen, 2020, s. 71–72.)

6 AISTITIEDON SISÄÄNOTTO

Aistitiedon sisäänotto on perusta ympäristössä toimimiselle. Aistikanavien kautta ihminen kerää jatkuvasti tietoa kehostaan sekä ympäristöstään, jonka keskushermosto yhdistää kokonaisuudeksi. Aistit voidaan jakaa näkö-, kuulo-, haju-, maku-, tasapaino- ja tuntoaisteihin, joista viimeisin sisältää kosketuksen, lämpötilan, kivun sekä raajojen asennon aistimukset. Ihminen omaa myös erityisen aistin painovoimalle. (Ayres, 2008, s. 29; Paavilainen, 2020, s. 106.)

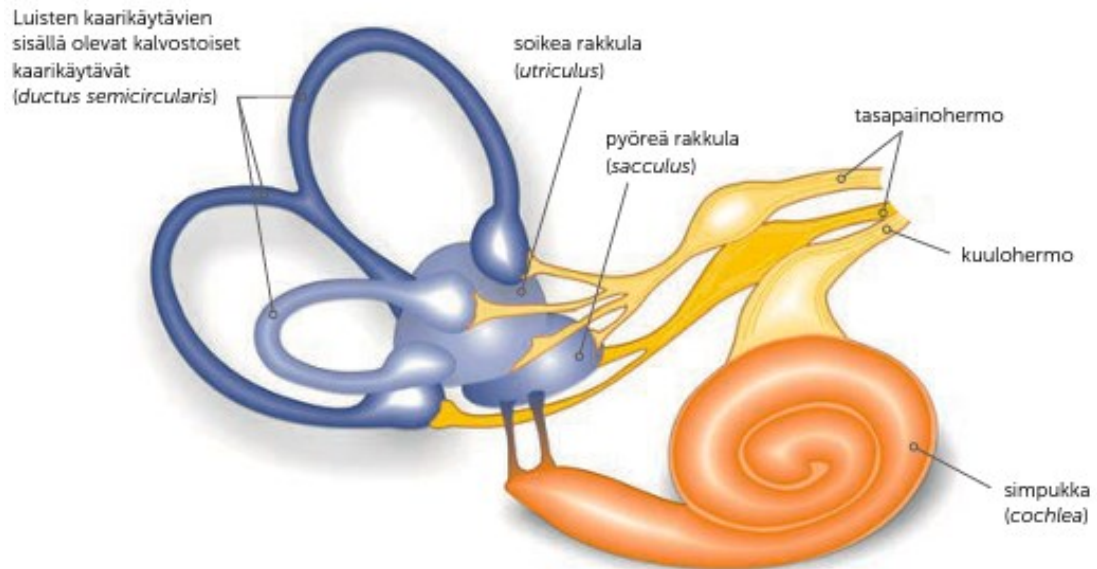
Ihmisen tasapainon säilyttämisen ja liikkeen tuottamisen kannalta perustavimman aistitiedon tuottavat vestibulaarinen, taktilinen sekä proprioseptinen aistijärjestelmä, jotka antavat näköhavainnoille merkityksen näköaistin yhdistyessä liike- ja tuntoaistikokemuksiin (Ayres, 2008, s. 84; Jaakkola, 2010, s. 60). Näiden aistijärjestelmien vauriot vaikuttavat urheilijan kykyyn tulkita ja liikkua ympäristössä sekä tunnistaa oman kehonsa toimintaa (Kauranen, 2018, s. 315).

6.1 Vestibulaarinen järjestelmä

Vestibulaarijärjestelmällä eli tasapainoelinjärjestelmällä on suuri rooli ihmisen elämässä. Vestibulaarijärjestelmä on herkkä havainnoimaan kahta asiaa: pään asentoa suhteessa ympäröivään tilaan sekä äkillisiä muutoksia pään liikkeen suunnassa. Vaikkei ihminen olekaan yhtä tietoinen tasapainoaistin toiminnasta kuin muiden aistien, on sen informaatiolla tärkeä merkitys asennon ja tasapainon säätelyssä, ympäröivässä tilassa toimimisessa, sekä motoriikan suunnittelussa ja autonomisten toimintojen säätelyssä, sillä sen lähettämän tiedon avulla ihminen vakauttaa näkökenttensä. Vestibulaarijärjestelmä omaa herkimät reseptorit kaikista aistijärjestelmistä. (Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 64; Sandström & Ahonen, 2016, s. 28.)

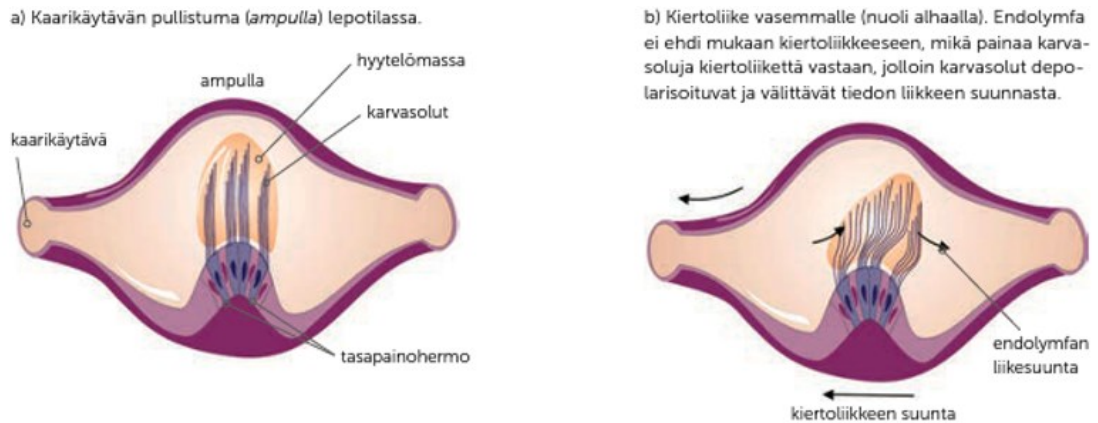
Tasapainoaisti voidaan jakaa kahteen osaan: perifeeriseen ja sentraaliseen. Perifeerinen osa koostuu sisäkorvan luisissa käytävissä sijaitsevista kahdesta vestibulaarielimistä ja kahdeksannen aivohermon eli kuulo-tasapainohermon (n. vestibulocochlearis) perifeerisestä osasta. Sentraalinen osa koostuu ydinjatkeen alueella sijaitsevista neljästä vestibulaaritimakkeesta, kuulo-tasapainohermon sentraalisesta

osasta, vestibulaariaivokuoresta, pikkuaivojen flokkulonodulaarilohkosta sekä nousevasta ja laskevasta hermoradasta. (Lundy-Ekman, 2018, s. 510; Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 64.)



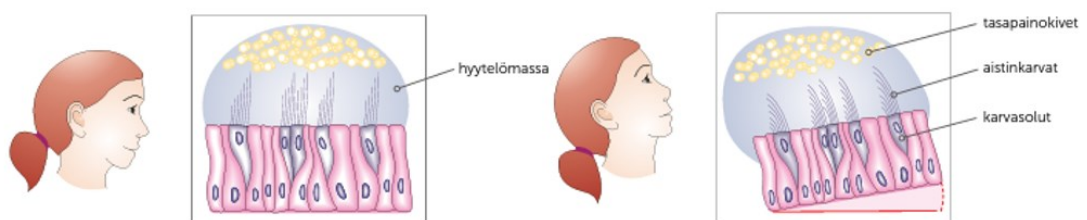
Kuva 11. Vestibulaarielimen rakenne (Leppäluoto ym., 2019, s. 411).

Vestibulaarielin muodostuu kolmesta hyytelömäisen endolymfanesteen täyttämästä kalvomaisesta kaarikäytävästä (canalis semicircularis anterior, lateral ja posterior) sekä pyöreästä ja soikeasta rakkulasta (sacculus ja utriculus). Jokaisen kaarikäytävän työssä on ampulla eli avartuma, jonka sisällä olevat hyytelömäisen massan peittämät tuki- ja karvasolut aistivat pään asentomuutosten aiheuttamaa kaarikäytävien hyytelönesteen liikettä. Kaarikäytävät ovat lähes kohtisuorassa kulmassa toisiinsa nähden, jokaisen aistiessa tietynsuuntaisen rotaatioliikkeen kiihtymistä ja hidastumista. Suurta osaa kaarikäytävien tuottamasta informaatiosta käytetään katseen vakauttamiseen. (Lundy-Ekman, 2018, s. 504–505.)



Kuva 12. Endolymfan liike (Leppäluoto 2019, s. 412).

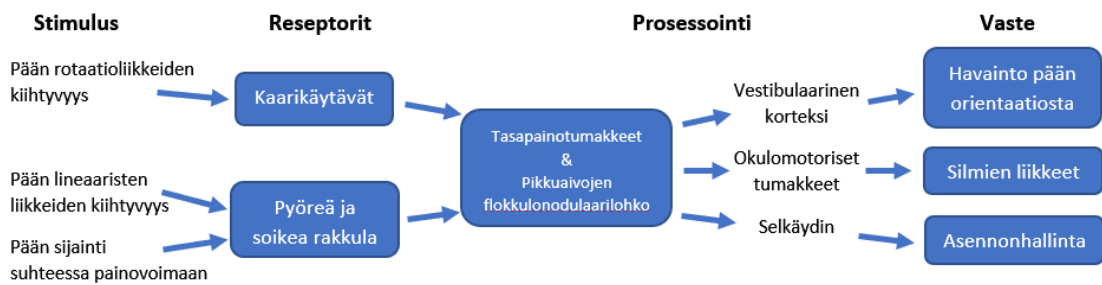
Pyöreä ja soikea rakkula aistivat pään asentoa suhteessa painovoimaan sekä lineaarisen liikkeen kiihtymistä ja hidastumista. Pyöreän rakkulan reseptorit aistivat vertikaalisen akselin ja soikean rakkulan reseptorit horisontaalisen akselin liikettä. Molemmat rakkulat sisältävät tuki- ja karvasoluja, jotka ovat upotettu hyytelömäiseen otoliittikalvoon, joka sisältää lukuisia pieniä kalsiumkarbonaattikiteitä eli otoliittejä, joita kutsutaan myös tasapainokiviksi. Tästä syystä rakkuloita kutsutaan myös otoliittielimiksi. Otoliitit ovat ympäröivää kalvoa sekä nestettä tiiviimpiä ja näin ollen painavampia, minkä takia painovoima vaikuttaa niihin voimakkaammin. Pään asennon muutokset kallistavat rakkuloita ja saavat näin otoliitit vetämään kalvoa liikkeen suuntaan. Kalvon liike saa karvasolut taittumaan, joka tuottaa aistiärsyksen. Otoliittielinten tuottama informaatio vaikuttaa selkäyttimeen, säääten alempien motoneuronien toimintaa. (Lundy-Ekman, 2018, s. 505–506.)



Kuva 13. Tasapainokivet (Leppäluoto 2019, s. 411).

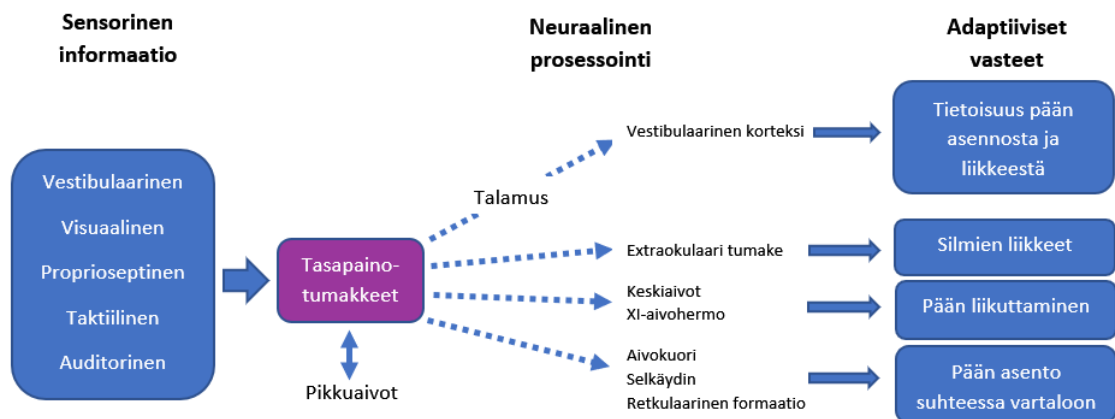
Tasapainoelimen aistimukset välitetään kahdeksatta aivohermoa, kuulo-tasapainohermoa (n. vestibulocochlearis), pitkin pikkuaivojen flokkulonodulaarilohkoon sekä ydinjatkeessa ja aivosillassa sijaitseviin neljään tasapainotumakkeeseen, joiden heijasteet osallistuvat katseen vakauttamiseen ja vartalon asennon reflektoriseen säätelyyn.

Tasapainotumakkeilta viesti jatkaa kulkua sensoriselle aivokuorelle. (Lundy-Ekman, 2018, s. 503, 506.)



Kuva 14. Vestibulaariärsykkeiden yhteys motoriikan hallintaan (mukailtu Lundy-Ekman, 2018, s. 512).

Tasapainotumakkeet sijaitsevat ydinjatkeen ja aivosillan risteämäkohdassa, lähellä neljättä aivokammiota. Tasapainotumakkeet ovat lateraalinen (Deitersin tasapainotumake), mediaalinen, inferiorinen (spinaalinen tasapainotumake) ja superiorinen tasapainotumake. Tasapainotumakkeet vastaanottavat tietoa vestibulaarijärjestelmän lisäksi näköaistilta, proprioseptiikalta, taktiiliselta aistilta ja kuuloaistilta. Tasapainotumakkeet siis integroivat usean eri aistin lähettämää tietoa. (Lundy-Ekman, 2018, s. 510.)



Kuva 15. Tasapainotumakkeisiin saapuvan informaation integrointi (mukailtu Lundy-Ekman, 2018, s. 512).

6.1.1 Vestibulaarijärjestelmän häiriöt

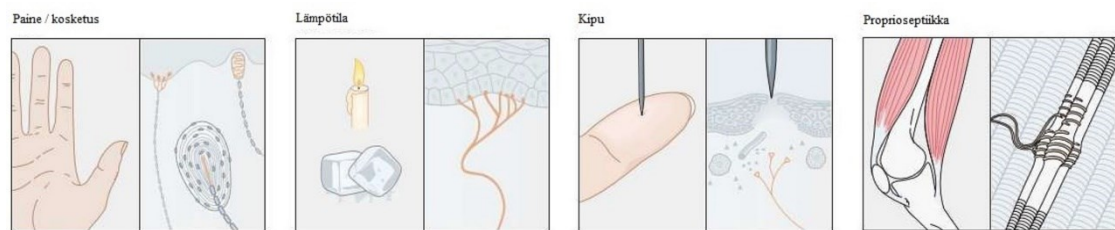
Muiden aistien käsittely tapahtuu suhteessa tasapainoelimen välittämään perusaistitietoon, joka toimii aistitulkinna kiintopisteenä. Mikäli järjestelmä ei toimi tarkasti ja odotetulla tavalla, voi muiden aistien lähettämän informaation tulkinta olla epätarkkaa ja epäluotettavaa. (Ayres, 2008, s. 82, 112–113.) Vestibulaarijärjestelmän toiminta huomataan yleensä vasta, mikäli järjestelmässä on vaurio tai siinä on tapahtunut rakenteellisia muutoksia. Tällöin esiintyy tilassa liikkumisen vaikeuksia, puutteita asennon ja tasapainon hallinnassa, huimausta sekä ongelmia näön tarkentamisessa. (Sandström & Ahonen, 2016, s. 28; Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 64.)

Vestibulaarijärjestelmän häiriöt voidaan jakaa perifeerisiin, sentraalisiin sekä bi- ja unilateraalisiin häiriöihin. Vestibulaarijärjestelmän häiriön yleisin oire on huimaus, jota esiintyy sekä perifeerisissä että sentraalisissa häiriöissä. Vestibulaarihäiriöt voivat aiheuttaa myös silmävärvettä (nystagmus), joka on tyypillisesti voimakkaampaa perifeerisissä vaurioissa. Perifeeriset vestibulaarihäiriöt oireilevat tyypillisesti toistuvina huimauskohtauksina, joihin liittyy voimakasta pahoinvointia. Yleisimpiä perifeerisiä vestibulaarihäiriötä ovat hyvänlaatuinen kohtauksellinen asentohuimaus, vestibulaarinen neuriitti, Ménièrein tauti, traumaperäinen vaurio sekä sisä- ja keskikorvan välinen aukeama. (Lundy-Ekman, 2018, s. 507.)

Ihmiset, joilla on vaikeuksia käsitellä vestibulaarijärjestelmän välittämää informaatiota, reagoivat tasapainoaistimuksiin liian heikosti, liian voimakkaasti tai kummallakin tavalla. Liian heikosti aistimuksiin reagoivat yksilöt eivät välttämättä tunnista painovoiman asettamia vaatimuksia tai liikkeen ominaisuuksia. He eivät osaa aina myöskään valmistautua tasapainon säilyttämiseen pyrkiviin välttämättömiin reaktioihin tai motorisiin suunnitelmiin, minkä lisäksi heillä voi olla vaikeuksia hienosäätää liikkeitään, sillä heiltä puuttuu riittävä palaute liikkeiden muokkaamiseksi. Liikkeet voivat olla siis puutteellisesti suunniteltuja tai kontrolloituja. Liian voimakkaasti tasapainoaistimuksiin reagoivilla yksilöillä on yleensä halu välttää liikettä, sillä he kokevat muutokset liikkeessä ja painovoimakeskuksessa liiallisina ja jopa vaarallisina. Liikkeen välttelyllä on usein haitallinen vaikutus motorisen suunnittelun kehityksessä, koska ilman liikettä motoriikka ei saa harjoitusta. (Yack ym., 2001, s. 56–58.)

6.2 Somatosensorinen järjestelmä

Somatosensorinen järjestelmä koostuu proprioseptiivisesta sekä taktiilisesta aistista. Proprioseptiivinen aistimus eli asento- ja liikeaisti aistii nivelten asentoa ja liikettä sekä lihasten tilaa. Taktilinen aisti eli tuntoaisti aistii kehoon kohdistuvia paineärsykeitä. (Pajala ym., 2008, s. 138.) Aistijärjestelmien sensoreita sijaitsee iholla, lihaksissa, jänteissä, nivelsiteissä, nivelkapseleissa sekä sidekudoksessa, joiden lisäksi ihossa on venytykseen sekä vetoon reagoivia mekaanisia reseptoreita. (Yack, ym., 2001, s. 59)



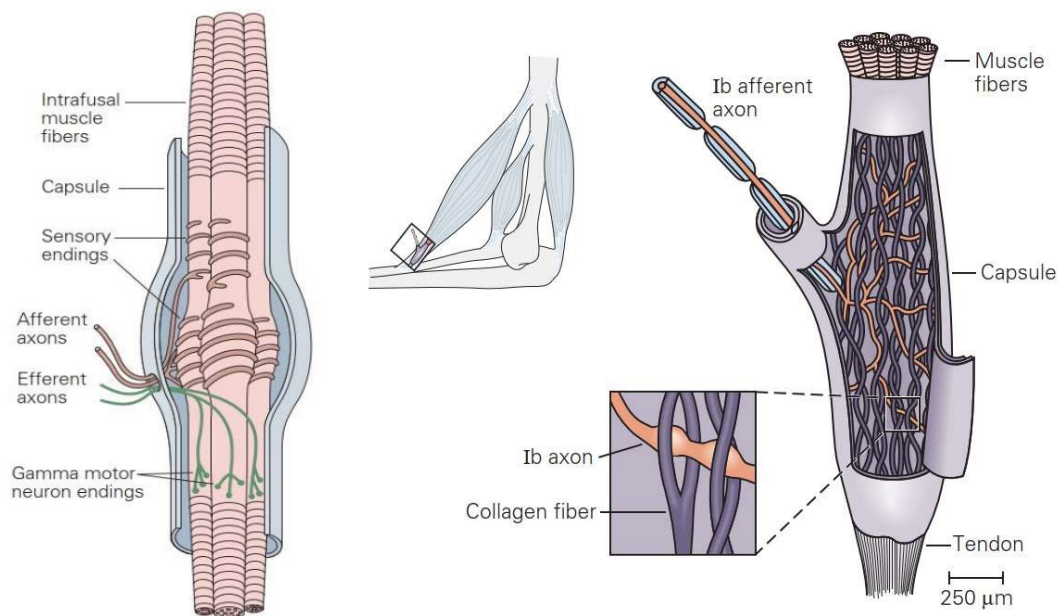
Kuva 15. Somatosensoriset reseptorit (mukailtu Mujunen, 2021).

Tehokkaasti toimivan somatosensoriikan avulla olemme alitajuisesti tietoisia vartalostamme ja tämä tietoisuus auttaa luomaan eräänlaisen kehonkartan (homonkulus). Kehonkartta (Kuva 9.) yhdessä liikkeiden muistamisen kanssa mahdollistavat osaltaan tarkkaa motorisen suunnittelun kykyä, joka tarkoittaa kykyä suunnitella, organisoida, sarjoittaa sekä toteuttaa motorisia liiketoimintoja. (Yack ym., 2001, s. 59–60.)

6.2.1 Proprioseptio

Sana proprioseptiivinen viittaa kehon jatkuvasti tuottamaan, asentoon ja liikkeisiin liittyvään aistitietoon (Ayres, 2008, s. 78). Proprioseptiikka aistii lihasten venymistä, jänneiden jännittymistä, nivelten asentoja sekä kuinka paljon voimaa tulee tuottaa ja kuinka säädellä liikettä. Se sisältää aistit sekä staattisille asennoille eli asentotunnon että kinesteettisen aistin eli liikeaistin. (Lundy-Ekman, 2018, s. 117; Yack, ym., 2001, s. 59) Proprioseptiikan välittämän informaation avulla ihminen tulkitsee vartalonsa liiketilaa suhteessa tukipintaan (Sandström & Ahonen, 2016, s. 59).

Lihasten aistinelimiä kutsutaan lihassukkuloiksi tai lihasspindeliksi, jotka koostuvat lihassoluista sekä sensorisista ja motorisista hermopäätteistä. Sensoriset hermopäätteet aistivat pieniäkin muutoksia lihaksen pituudessa koko sen fysiologisen liikeradan matkalla sekä muutosten nopeutta. (Lundy-Ekman, 2018, s. 222.) Golgin jänne-elimet ovat lihasten ja jänteiden välitilassa sijaitsevia kapseloituja, kollageenisäikeistä muodostuvia jänteiden venymistä aistivia reseptoreita. Reseptorit ovat hyvin herkkiä voima-antureita ja reagoivat todella pieniin, jopa alle gramman muutoksiin jänteiden jännitystasoissa. Ne aistivat lihasten aktiivisten supistusten lisäksi myös passiivisten venytysten aiheuttamia muutoksia jänteissä. Nivelissä sijaitsevat nivelreseptorit ovat mekanoreseptoreita, jotka aistivat nivelkapselin sekä nivelsiteiden mekaanisia muutoksia, kuten kulmanopeutta sekä kiihtyvyyksiä. (Lundy-Ekman, 2018, s. 224–225.)



Kuva 16. Lihasspindel ja Golgin jänne-elin (Mujunen, 2021).

Jos proprioseptiivisessä aistijärjestelmässä on jokin häiriö ja se ei välitä riittävästi aistitietoa, tulee liikkeistä hitaita sekä kömpelöitä niiden vaatiessa paljon enemmän energiaa (Ayres, 2008, s. 79). Jotkut yksilöt eivät kykene vastaanottamaan ja käsittelemään kunnolla proprioseptiikasta tulevaa tietoa, josta seuraa riittämätön palaute kehon asennosta sekä liikkeistä. Tämä sensorisen palautteen puute tulee kompensoida näköaistin avulla. Häiriöt liikeaistissa aiheuttavat heikentyntä kykyä hienosäätää liikkeitä sekä alentunutta motorisen suunnittelun kyvykkyyttä, josta seuraa yleensä puutteita sekä hien- että karkeamotorisessa toiminnassa. Yksi tunnuspiirre proprioseptiikan

häiriöissä ovat vaikeudet havainnoida esineistä kiinni pitämiseen tai liikuttamiseen tarvittavaa voimaa. Häiriöihin liittyy yleensä myös ongelmia taktiillisessa tai vestibulaarisessa järjestelmässä. (Yack ym., 2001, s. 60–61.)

6.2.2 Taktiilinen aisti

Taktiilinen aisti eli tuntoaistijärjestelmä vaikuttaa merkittävästi ihmisen fyysiseen, psyykkiseen sekä emotionaaliseen toimintaan. Jokainen tarvitsee jatkuvasti tuntoaistimuksia, jotta voi toimia jäsentyneesti. (Kranowitz, 2015, s. 87.) Taktiilisen aistin kautta ihminen kerää kaikkialla ihossa olevien reseptorisolujen välittämiä tuntoaistimuksia kosketuksesta, värähtelystä, paineesta, lämpötilasta sekä kivusta. Tuntoaistin välittämä informaatio kehittää kehotietoisuutta sekä motorisen suunnittelun- ja ohjauksen kykyä. (Yack ym., 2001, s. 49–50; Kranowitz, 2015, s. 88.)

Iho muodostaa laajimman aistipinnan kehossa, jolla ihminen vastaanottaa tietoa ympäristöstään. Pacinin keräset aistivat eri voimakkuuksisia mekaanisia paine- ja värinärsykykeitä. Pacinin keräset sijaitsevat ihon reseptoreista syvimmällä dermiksessä ja keräävät tietoa laajoilta ihoalueilta. Ruffinin keräset ovat mekanoreseptoreita, jotka aistivat ihon pitkittäisvenymistä. Ruffinin keräset sijaitsevat syvällä dermiksessä. Meissnerin päätteet aistivat kosketuksessa tapahtuvia muutoksia ja ne sijaitsevat epidermiksessä ja keräävät tietoa hyvin pieneltä ihoalueelta. Merkelin päätteet ovat herkkiä mekanoreseptoreita ja reagoivat staattiseen paineeseen. Merkelin päätteet sijaitsevat epidermoksen pintakerroksissa ja niiden vastaanottoalue on hyvin pieni. (Sandström & Ahonen, 2016, s. 38–40.) Ihossa on myös lämpötilaa aistivia termoreseptoreita, jotka reagoivat kylmään sekä lämpimään. Taktiiliset aistiärsykkeet kulkeutuvat takajuosterataa pitkin ydinjatkeen risteämään ja talamuksen tumakkeisiin, josta ne etenevät tuntoaivokuorelle. (Leppäluoto ym., 2019, s. 388).

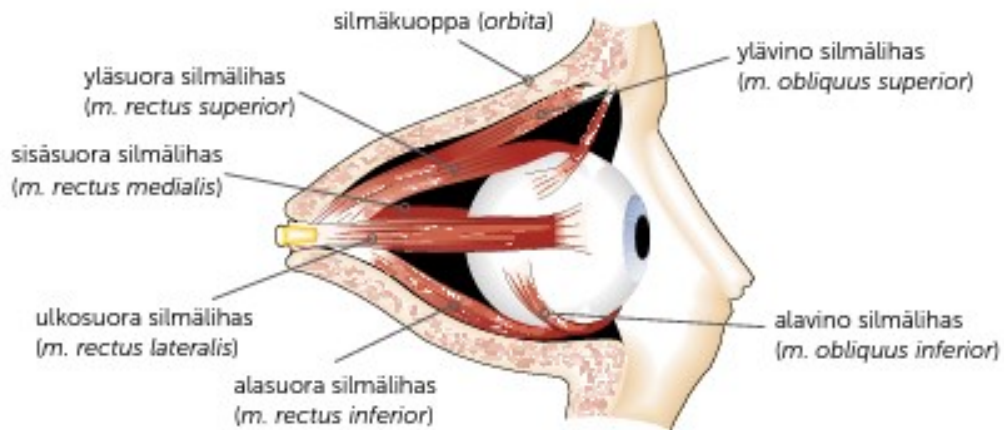
Jos ihmisellä on häiriö tuntoaistissaan, hän voi reagoida kosketukseen liian herkästi tai riittämättömästi tai hänellä voi olla vaikeuksia erotella taktiilisiä tuntemuksia. Liian herkästi tuntoaistimukseen reagoivat yksilöt voivat kokea vaikeuksia ohjata tarkkaavaisuuttaan muihin aistimukseen, kuten keskittyä näkemäänsä. Heikosti tuntoaistimukseen reagoivat yksilöt eivät saa riittävästi sensorista palautetta kosketuksesta, joten he

saattavat hakea ärsyksiä eri tavoin kompensoidakseen hermostollisten ärsykkeiden puutetta, joka saa heidät usein toimimaan hyvin impulsiivisesti. Heikon taktiilisen erottelukyvyn omaavilla yksilöillä on vaikeuksia esimerkiksi koskettamiensa esineiden määrittelyssä, minkä lisäksi he eivät muista kokemiaan tuntoaistimuksia. Kaikki taktiilisen järjestelmän häiriöt aiheuttavat jonkin asteisia vaikeuksia kehotietoisuuden hahmottamisessa sekä motorisessa suunnittelussa ja voivat näin haitata monien taitojen kehittymistä. (Yack ym., 2001, s. 51–53.)

6.3 Visuaalinen järjestelmä

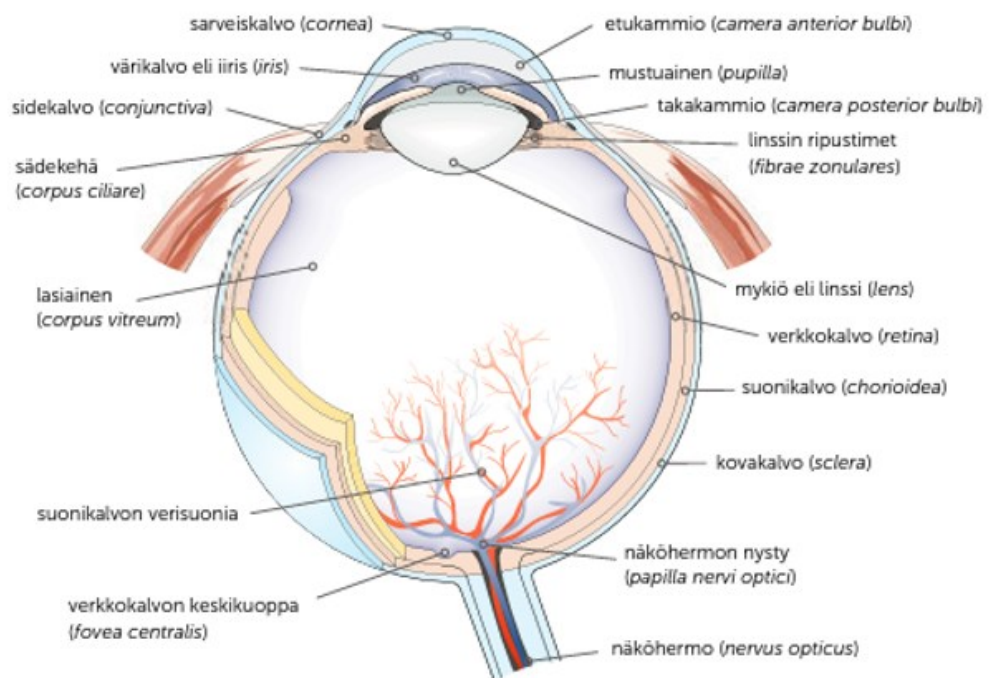
Visuaalisen järjestelmän eli näköaistin avulla ihminen hahmottaa ympäristönsä sekä tunnistaa siinä olevat kohteet ja niiden liikesuunnat. Lisäksi näköaistia hyödynnetään kehon sijainnin suhteuttamisessa ympäristöön ja kehon osien sijaintien tunnistamisessa, jolloin ihminen pystyy toimimaan tehtävän kannalta tarkoituksen mukaisesti. (Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 58–59; Paavilainen, 2020, s. 111–112.; Leppäluoto ym., 2019, s. 396; Sandström & Ahonen, 2016, s. 30.)

Näköjärjestelmässä tapahtuvasta tiedonkeruusta ja -käsittelystä osa on aktiivista ja osa passiivista. Joka kerta kun katse kohdistetaan, muodostuu ympäröivästä maailmasta verkkokalvokuva eli näkökenttä. Tämä mahdollistaa kolmiulotteisen kuvan muodostumisen, jossa aivot vertaavat ympäristöön kohdistetun katseen verkkokalvokuvista. Toiminnalliseksi näkökentäksi kutsutaan sitä ympäristöä kuvaavaa kokonaisuutta, jonka työmuisti on yhdistänyt eri hetkinä havaituista näkökentistä. Myös näkökentän laitaosat eli ääreisnäkö on merkittävässä roolissa sekä liikkumisen säätelyssä että ympäristön havainnoinnissa. (Sandström & Ahonen, 2016, s. 30; Paavilainen, 2020, s. 111–112.; Leppäluoto ym., 2019, s. 396.)



Kuva 17. Silmän lihaksisto (Leppäluoto ym., 2019, s. 396).

Silmämunan pinta kerrostuu kolmesta kalvosta. Uloin näistä on kovakalvo, joka muuttuu silmän etupuolella sarveiskalvoksi. Silmän sivuilla ja takana, kovakalvon sisäpuolella on verisuonia sisältävä suonikalvo. Sisin kalvo on verkkokalvo, jossa sijaitsevat näköreseptorisolut eli sauva- ja tappisolut. Suonikalvon jatkeena silmän etuosassa on värikalvo, jonka keskellä on mustuaiseksi eli pupilliksi kutsuttu aukko, minkä kautta valo pääsee verkkokalvolle. Värikalvossa on mustuaisen kokoa valon määrän mukaan säätelevä supistaja- ja laajentajalihas. (Leppäluoto ym., 2019, s. 396–397.)



Kuva 18. Silmän rakenne (Leppäluoto ym., 2019, s. 396).

Sarveiskalvo ja värikalvon takana oleva linssi eli mykiö ovat silmän valoa taittavat osat. Ne muodostavat verkkokalvolle ylösalaisin olevan kuvan, jonka aivot kääntävät oikeinpäin. Sarveiskalvon taittovoima on riittävä tarkentamaan katseen yli yhdeksän metrin päähän. Sarveiskalvo taittaa valoa enemmän kuin ripustinsäikeillä sädekehässä kiinni oleva linssi, mutta linssin taittokykyä pystytään säätämään katseluetäisyyden perusteella. Sädekehässä on sädelihhas, joka säätelee ripustinsäikeiden kireyttä. Lähemäs tullessa linssin tulee muuttua kuperammaksi, eli linssin ripustimet löystyvät sädelihaksen supistuessa, jolloin linssi pyöristyy ja lisää taittovoimaa. Tätä silmän mukautumisilmiötä kutsutaan akkomondaatioksi. Silmänliikuttajalihakset kääntävät silmiä sisäänpäin akkomondaation yhteydessä, jotta näköakselien leikkauspiste tulee lähemäs keskilinjaa (konvergenssi), mikä saa valonsäteet osumaan tarkannäön alueelle. Kauas katsoessa silmät kääntyvät samanaikaisesti toisistaan pois päin ja sädelihaksen rentoutuminen saa ripustimet kiristymään, jolloin linssi litistyy ja sen taittovoima pienenee (divergenssi). (Leppäluoto ym., 2019, s. 397–398.)

Ihmisen näkökyky muodostuu valon eri aallonpituuksien sekä intensiteetin aistimisesta. Ihmisen verkkokalvolla on kahdenlaisia näköreseptorisoluja. Valon eri aallonpituuksien sekä värien havaitsemiseen erikoistuneita tappisoluja on noin 6 miljoonaa ja ne sijaitsevat pääosin verkkokalvon keskikuopan (fovea) alueella, jota sanotaan keltatäpläksi (macula lutea). Näkökenttä tarkentuu tarkannäön alueelle, mikä on muodostunut keskikuopan tappisolukeskittymään, jossa ei ole sauvasoluja lainkaan. Valon intensiteettiä eli voimakkuutta herkästi aistivia sauvasoluja on noin 100 miljoonaa ja ne ovat keskittyneet verkkokalvon reunoille. Sauva- ja tappisolut ovat bipolaarisolujen kautta yhteydessä gangliasoluihin, joiden aksonit muodostavat näköhermot. Näköhermon lähtökohdassa ei ole tappeja eikä sauvoja, minkä vuoksi kohtaa kutsutaan sokeaksi pisteeksi. (Paavilainen, 2020, s. 113–114; Leppäluoto ym., 2019, s. 399, 401.)

Silmien nasaaliset näköhermot risteävät ennen aivolisäkettä muodostaen näköhermoristin (chiasma opticum), temporaalisten aksonireittien säilyessä omalla puolellaan. Aksonireitit päätyvät talamuksen lateraaliin polvekenystyihin (corpus geniculatum laterale), jossa tapahtuu primäärit tulkinnat hahmoista, väreistä sekä ympäristön liikkeistä. Lateraalisten polvekenystyjen solukerroksista hermoimpulssit jatkavat takaraiivolohkon takaosaan primäärille näköaivokuorelle (striate cortex). (Leppäluoto ym., 2019, s. 404; Paavilainen, 2020, s. 113, 116.)

Silmän liikkeistä vastaa kuusi silmänliikuttajalihasta, joiden toimintaa hermottavat aivohermot III, IV ja VI. Silmälihasten toiminnan tarkoitus on kohdentaa katse tarkannäkemisen alueelle (keskikuoppa), joka sijaitsee verkkokalvolla ja vastaa yksityiskoh- taisten näköhavaintojen keräämisestä. Silmän tavoiteliikkeet ovat tahdonalaisia silmän liikkeitä, joilla ihminen kerää tarvitsemaansa tietoa ympäristöstä. Sakkadeiksi kutsutut silmän nopeat liikkeet mahdollistavat kuvan nopean palauttamisen tarkannäön alu- eelle. Sakkadit eivät tapahdu sattumanvaraisesti, vaan niitä ohjaavat esimerkiksi tark- kaavaisuus sekä odotukset tulevasta. Tällainen tarkoituksen mukainen silmien liikku- minen mahdollistaa näkökentän kokonaisvaltaisemman havainnoinnin. Valittua sil- män tarkennuspistettä eli katseen kohdennusta kutsutaan fiksaatioksi. (Leppäluoto ym., 2019, s. 396–398; Paavilainen, 2020, s. 114–116.)

Urheilusuoritus vaatii näön tarkkuutta ja toiminnallista näkökykyä. Tarkat silmän liik- keet, laaja näkökenttä sekä hyvä kontrastiherkkyys auttavat reagoimaan nopeasti nä- köärsykkeisiin. Maalivahti tarvitsee tehokkaasti toimivien silmälihasten mahdollista- mia täsmällisiä silmän liikkeitä, jotta liikkuvien kohteiden seuranta, näkökentän tar- kennus ja havaintojen tekeminen on mahdollisimman optimaalista. (Koljonen, 2019; Loran, 1995, s. 6–7.)

6.3.1 Visuaalisen järjestelmän häiriöt

Näkökyvyssä voi ilmetä häiriöitä eri kehitysvaiheissa. Ongelmat silmien liikkeissä voivat olla peräisin silmiä ohjaavien lihasten tai hermojen häiriöistä. (Hyvärinen & Laitinen, 2011, s. 51; Setälä ym., 2011, s. 377.) Silmälihasten vauriot voivat aiheuttaa kaksoiskuvia (diplopia) sekä karsastusta, jossa vain toinen silmä pystytään kohdenta- maan kohteeseen (Leppäluoto ym., 2019, s. 398). Häiriöt yhteisnäössä voivat johtua esimerkiksi taittovirheestä. Sakkadisten silmäliikkeiden ongelmat, kuten konver- genssi- ja akkommodaatiohäiriöt heikentävät silmän mukautumiskykyä ja aiheuttavat suurelle osalle erilaisia astenooppisia häiriöitä. (Erkkilä & Lindberg, 2011, s. 329–330; Abdi & Rydberg, 2005, s. 65.) Erilaiset häiriöt, esimerkiksi ongelmat syvyysnäössä tai näön tarkentamisessa vaikeuttavat urheilijan havainnointia, joka voi johtaa

virheellisten päätösten tekoon pelitilanteissa, sillä aivot eivät saa riittävän tarkkaa informaatiota. (Williams ym., 1999, s. 62–63.)

Ihmisen näköaistin fysiologinen toiminta voi olla normaalia, mutta aivot ovat oppineet hyödyntämään vain toisesta silmästä saatua informaatiota, jolloin on kyse binokulaarisesta näköhäiriöstä. Näköaistin käsittelyn vaikeudet johtavat ongelmiin yhdistää näkemäänsä liikkeeseen tai tilanhahmottamiseen. Lisäksi käsi-silmä-koordinaatiossa ja nähdyn esineen tunnistamisessa voidaan havaita poikkeamia. (Kranowitz, 2015, s. 45–46.) On myös osoitettu, että silmien suuntausvirhe voi saada urheilijan kompensoimaan näköongelmaa omaksumalla vääränlaisen kehon valmiusasennon, mikä heikentää suoritustekniikkaa (Erickson, 2007, s. 173).

Zwierko ym. (2015) havaitsivat tutkimuksensa alkukartoituksen yhteydessä, että testatuista 24:stä urheilijasta noin 80 prosentilla esiintyi jommassa kummassa silmässä joko lähelle tai kauas katsomiseen liittyvää horisontaalista piilokarsastusta. Testatuista urheilijoista noin 60 prosentilla esiintyi normaalista poikkeavia arvoja konvergenssiin liittyvässä okulomotoriikassa. Divergenssiin liittyvässä okulomotoriikassa esiintyi normaalista poikkeavia arvoja noin 40 prosentilla testatuista.

7 PÄÄTÖKSENTEON PROSESSIT

Ongelmanratkaisukyvyllä on paljon merkitystä maalivahdin menestymisen kannalta. Jääkiekossa tilanteet vaihtelevat jatkuvasti, jolloin päätöksiä täytyy tehdä koko ajan. (SJL, 2019a.) Aivot pyrkivät sopeutumaan ympäristöön ratkaisemalla ongelmia (Paavilainen, 2020, s. 67). Tällaiset ongelmat voidaan nähdä ympäristön muodostamina tehtävinä, jotka sisältävät aina yksilön sekä tehtäväkohtaisen tavoitteen. (Shumway-Cook & Woollacott, 2017, s. 4.) Aivot vertaavat uusia sensorisia aistimuksia vanhoihin aistikokemuksiin ja päättävät onko niihin tarve reagoida. (Yack ym., 2001, s. 28–29.)

Aivojen tehokas tiedon käsittely perustuu konnektiivisuuteen (integraatio). (Paavilainen, 2020, s. 32–34.) Integraatio tarkoittaa jäsentämistä, osien liittämistä yhdeksi

kokonaisuudeksi, jossa kaikki palaset toimivat yhteistyössä. Aivojen yksi tärkeimmistä neurologisista prosesseista on lukemattomien aistimusten tulkinta sekä orientoituminen yhtenäiseksi, integroituneeksi kokemukseksi. (Ayres, 2008, s. 28–32, 82; Kranowitz, 2015, s. 66–67.)

Sensorisen orientaation avulla kykenemme huomioimaan aistien kautta tulevan uuden sensorisen informaation ja päättämään, mikä informaatio on huomion arvoista ja mikä ei. Orientaatio perustuu sensoriseen muokkaukseen, jossa aivot säätävät ja tasapainottavat saapuvaa informaatiota. Sensorinen muokkaus on tiedostamaton tapahtuma ja se syntyy inhiboivista (estävä, vaimentava) sekä fasilitoivista (edesauttava, voimistava) toiminnoista. Ihminen ei kykene kiinnittämään huomiotaan kaikkiin ympäristön tuottamiin aistiärsykkeisiin, joten aivomme pyrkivät inhiboimaan liian äänekkäitä tai merkityksettömiä aistimuksia. Esimerkiksi jääkiekko-ottelussa, kun maalivahdin fokus ohjautuu pelaamiseen, aivomme pyrkivät inhiboimaan muiden häiriötekijöiden aistimuksia, jottei tarkkaavaisuus ohjautu pelistä epäolennaisiin kohteisiin. Fasilitoiva prosessi auttaa puolestaan maalivahtia suuntaamaan ja säilyttämään huomion tärkeisiin aistiärsykkeisiin. Kyseisten prosessien tulisi olla urheilusuorituksen aikana tiedostamattomia. (Yack ym., 2001, s. 27–28.)

Sensoriset sekä motoriset järjestelmät toimivat lukemattomien yhteyksien avulla keskinäisessä yhteistyössä, minkä ansiosta aistimuksista tulee merkityksellisiä ja liikkeistä tarkoituksenmukaisia (Ayres, 2008, s. 84). Tuottaakseen tilanteeseen sopivia ja tarkoituksenmukaisia motorisia vasteita, tulee keskushermoston integroida asennon hallintaa kontrolloivien järjestelmien lähettämää informaatiota. Jotta osaamme valita oikean motorisen vasteen kunakin hetkenä, tulee meillä olla tieto kehon eri osien asennosta, suhteesta toisiinsa nähden sekä ympäristön, kuten liikunta-alustana toimivan pinnan ominaisuuksista. (Pajala ym., 2008, s. 138.)

7.1 Tehtäväspesifi sensorinen integraatio

Somatosensoriikan, näköaistin sekä tasapainoelimien tuottaman informaation tulee yhdistyä aivoissa, jotta yksilölle muodostuu kokonaiskäsitelmä kehon liiketilasta sekä sen suhteesta painovoimakenttään. Aivot kuitenkin painottavat eri aistikanavien

välittämää tietoa tilanteen mukaan eri tavalla. Esimerkiksi tasaisella ja vakaalla alustalla seistessä asennon säätelyyn tarvittavasta tiedosta 70 % tulee alaraajojen, erityisesti jalkapohjien somatosensoreilta, 20 % tasapainoelimeltä ja 10 % näköaistilta. Näköaistin sekä tasapainoelimen välittämän tiedon merkitys korostuu ihmisen liikkeessä tai alustan muuttuessa epävakaaaksi. Proprioseptiikan osuus asennon hallinnassa vastaa-vasti lisääntyy silmien ollessa suljettuina. (Sandström & Ahonen, 2016, s. 59.) Jokaisen aistikanavan tuottaman informaation hyödyntämisen osuus vaihtelee tilanteen mukaan, jolloin sen merkitys voi olla positiivinen, neutraali tai jopa negatiivinen. (Pajala ym., 2008, s. 138).

Ihmisen havaitessa liikkuvan esineen liikkeessään itse, verkkokalvon kuva heijastaa esineen liikkeen ja itseliikkeen vektorisummaa. Jotta ihminen voi arvioida esineen suunnan tarkasti, on kyettävä erottamaan kohteen liike omasta liikkeestä. Visuaalinen järjestelmä itsessään ei kuitenkaan voi täysin erottaa näitä kahta komponenttia. (Dokka ym., 2015.) Visuaalisen viestin lisäksi itseliikkeeseen liittyy aina vestibulaarista signaalointia, mikä antaa riippumatonta tietoa erityisesti pään liikesuunnasta (Gu ym., 2007; Angelaki, & Cullen, 2008). Dokka ym. (2015) ja Fajen ym. (2013) sekä Dokka ym. (2013) osoittivat, että vestibulaarisignaalointi yhdessä itseliikkeen aikaansaaman somatosensorinen informaation kanssa ovat tärkeässä roolissa ympäristössä liikkuvan esineen sekä itseliikkeen tuottaman visuaalisen kuvan jäsentämisessä erillisiksi komponenteiksi.

7.1.1 Asennonhallinta

Asennonhallinta on monimutkainen prosessi, johon liittyy kehon monet eri aisti- ja säätelyjärjestelmät, haluttu tavoitteellinen toiminta sekä ympäristön olosuhteet ja vaatimukset. Monet liikesuoritukset vaativat kehon tiettyjen osien rinnakkaista tai ennakkoivaa stabilointia, jotta kehittyä perusta dynaamiselle liikkumiselle. Kehon asennon hallinta muodostuu keskushermoston, hermo-lihasjärjestelmän, tuki- ja liikuntaelimestön sekä usean aistikanavan, kuten näköaistin, tasapainojärjestelmän sekä asento- ja liiketunnon yhteistoiminnasta. Asennonhallinta hyödyntää sekä ennakoivia että palautetta antavia mekanismeja niin, että hermostollinen ohjaus tuottaa automatisoituja motorisia vasteita sensorisen informaation perusteella jatkuvasti. (Pajala ym.,

2008, s. 136.) Tasapainon säilyttämisen ja tavoitteellisen liikkeen tuottamisen kannalta tehokkaimman liikehallintastrategian valinta muuttuvissa toiminta- ja ympäristöolosuhteissa riippuu erityisesti kyvystä hyödyntää eri aistikanavien lähettämää informaatiota. Sensorisen informaation integraation merkitys korostuu tilanteissa, joissa tasapainon ylläpitämiseksi vaaditaan erityisen nopeita, reaktiivisia ratkaisuja. (Pajala ym., 2008, s. 138.)

7.2 Sensorisen integraation häiriöt

Ihmisen aivot eivät kykene jäsentämään aistimuksia täydellisesti ja aistitiedon prosessointikyky saattaa vaihdella merkittävästi yksilöiden välillä. Poikkeuksellisen heikosta aistitiedon jäsentämisestä puhutaan sensorisen integraation häiriönä (SI-häiriönä), jossa kyse ei ole välttämättä rakenteellisesta viasta, vaan häiriö johtuu yleensä aivotoimintojen poikkeavuudesta. Puutteellinen aistimusten käsittely estää ihmistä saamasta tarkkaa kuvaa kehostaan sekä ympäristöstään. (Ayres, 2008, s. 34, 87–88.)

Lähiaistien (vestibulaarinen, proprioseptiivinen ja taktiilinen aisti) välittämän informaation tehon prosessointi johtaa päätöksenteon ristiriitaan. Tällöin aisti-informaation käsittely on häiriintynyt, jolloin aivot eivät kykene tulkitsemaan kokonaisuutta johdonmukaisesti, mikä heikentää tarkoituksenmukaisen vasteen syntymistä. Sopimaton vaste tuottaa yksilölle negatiivisen palautteen toiminnasta, mutta aistihäiriöiden takia palaute ei tuota oppimisvastetta. Poikkeava aistitiedon käsittely voi näkyä aistimusten sietokyvyn muutoksina, oppimisvaikeuksina, keskittymisen ja tarkkaavaisuuden ohjaamisessa, liikkumisessa sekä ongelmanratkaisutaidoissa. Usein nämä ongelmat vaikuttavat arjessa vähäpätöisiltä, mutta voivat vaikuttaa suuresti yksilön kokemukseen itsestä sekä ympäristöstä. SI-häiriö voidaan jakaa karkeasti kolmeen juurisyyn: 1) informaatio ei saavu aivoihin, 2) informaatio saapuu aivoihin osittain ja epäjohdonmukaisesti, 3) Informaatio saapuu aivoihin, muttei yhdisty muiden aistikanavien informaatioon. (Kranowitz, 2015, s. 29, 33, 64–69, 77–78.)

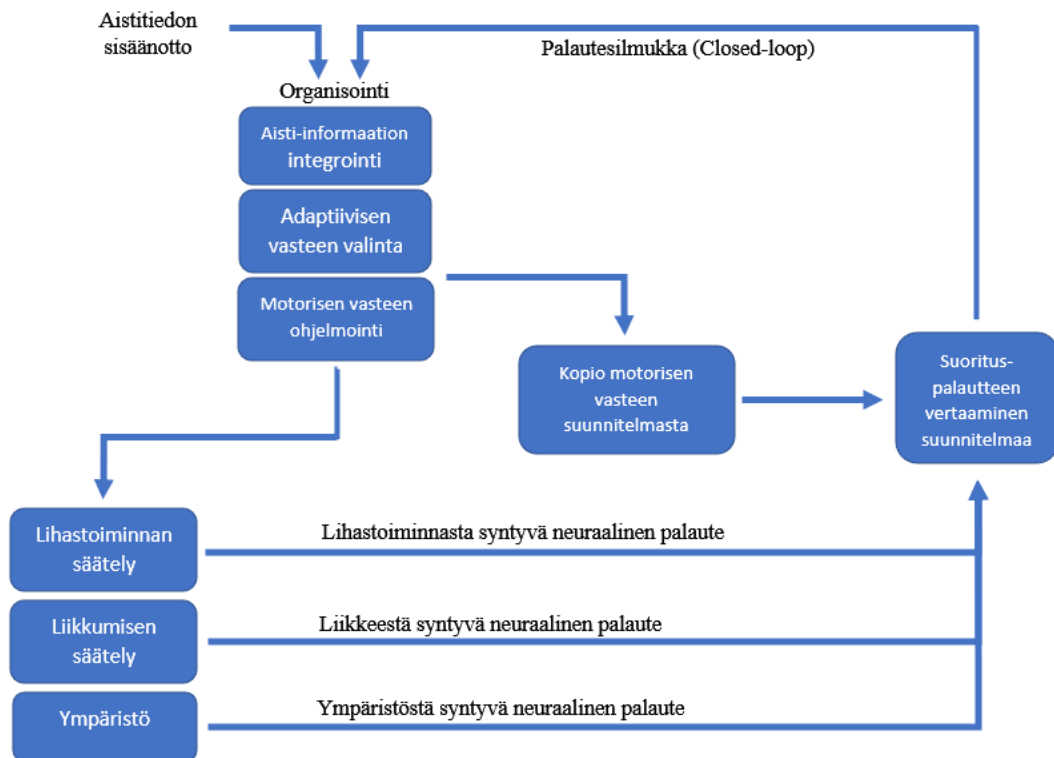
8 ADAPTIIVINEN VASTE

Viimeinen vaihe sensorisessa integraatiossa on aivojen valitsema tarkoituksenmukainen vaste eli adaptiivinen toimintareaktio, joka on tarkoituksellinen ja päämäärähakui- nen reaktio aistikokemukseen. Tämä vaste auttaa aivoja kehittämään ja jäsentämään toimintaansa tehokkaammin, jolloin myös aistien integraatio paranee edelleen. Tehos- tunut sensorinen integraatio mahdollistaa paremman tiedon jäsentyneisyyden avulla monimutkaisempien taitojen oppimisen. Vaste voi olla fyysinen, emotionaalinen ja/tai kognitiivinen. Mikäli vaste on motorinen, siitä syntyy uusi aistikokemus, jossa aivot saavat informaatiota kehon liikkeistä ja havaintomotorinen prosessi alkaa jälleen alusta. (Ayres, 2008, s. 32, 43; Yack ym., 2001, s. 31)

Aivojen käsiteltyä aistimukset, ne lähettävät viestin efferenttejä pitkin lihaksiin eri puolilla kehoa. Tämä viesti saa aikaan supistuksen kohdelihaksessa. Lihassupistusten ansiosta ihminen pystyy liikuttamaan silmiään, päätään sekä raajojaan, havaitakseen ja seuratakseen kohdetta tai liikuttaakseen kehoaan paikasta toiseen. Jotta liikkeet ovat tehokkaita ja hallittuja, tulee aivojen toimia jäsentyneesti. (Ayres, 2008, s. 61–62.)

8.1 Closed-loop control system

Motorisen kontrollin saavuttaminen edellyttää sensorisen informaation hyödyntämistä liikkumisen säätelyssä. Informaatio voi kertoa ympäristön tilasta, kehomme tilasta tai kehostamme suhteessa ympäristöön. Sensorisen informaation hyödyntämistä liikkeen kontrolloinnissa voidaan kuvata suljetun silmukan järjestelmänä (closed-loop control system). Suljetun silmukan järjestelmä vaatii liikkeestä syntyvää sensorista informaatiota, jotta se pystyy säätelemään tuotettua liikettä. Tällöin on kyse liikkeen ja ympäristön tuottamasta sensorisesta palautteesta. (Schmidt & Lee, 2011, s. 135.)



Kuva 19. Closed-Loop control system (mukailtu Schmidt & Lee, 2011, s. 135).

9 AISTIJÄRJESTELMIEN HARJOITTAMINEN JÄÄKIEKKOMAA-LIVAHDILLA

Eri aistien hermostollinen yhdentymisen sekä järjestäytyminen ovat edellytys havainnoinnin kehittymiselle. Kun yksilön havaintomotoriikka kehittyy, hänen eri aistinsa herkistyvät ja niiden keskinäinen toiminta tehostuu. Eri aistien hermostollinen yhdentymisen sekä järjestäytyminen ovatkin edellytys havainnoinnin kehittymiselle ja sitä kautta tietoisesta tarkkaavaisuuden ohjaamiselle. (Jaakkola, 2000, s. 56.)

Reagointi- ja reaktio-ominaisuudet korostuvat maalivahdin pelipaikalla. Ulkoinen ärsyke eli kiekollinen vastustaja lähettää maalivahdin liikkeelle. Kiekon torjuminen rajoilla vaatii hyvää reaktionopeutta. (SJL, 2017a.) Urheilua aktiivisesti harrastavat nuoret omaavat merkittävästi paremman reaktionopeuden, tarkemman silmä-käsikoordinaation ja motorisen hallinnan sekä tasapainon kuin nuoret, jotka eivät urheile tai urheilevat satunnaisesti (Szabo ym., 2021; Vandorpe ym., 2012; Hrysomallis, 2011).

Tarkka ja tehokas sensomotorinen hallinta riippuu kehon tarkasta sijainnista suhteessa ympäristöön, joka voidaan arvioida käyttämällä näkökykyä ja proprioseptiota (King ym., 2010).

9.1 Tasapainon harjoittaminen

Maalivahti tarvitsee liikkumis- ja torjuntasuorituksiin hyvää tasapainoa. Luistimien terät muodostavat kapean tukipinnan, joten torjunta-asennon säilyttäminen sekä liikkuminen terien päällä vaativat hyvää tasapainoa ja asennonhallintaa. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 20–21; Ropponen, 2016, s. 69.)

Tasapainon hallinnan parantaminen on yksi tärkeimmistä tavoitteista urheilussa, sillä hyvä tasapaino liittyy vahvasti parantuneeseen urheilusuoritukseen. Vaikka näkö- ja tasapainoaistilla on merkittävä rooli tasapainon hallinnassa, vaikuttaa siltä, että proprioseptiolla ja erityisesti nilkan proprioception tarkkuudella on kriittisin vaikutus urheilusuorituksessa vaaditussa tasapainon hallinnassa. (Han ym., 2015.) Tasapainoharjoittelu on erittäin tehokas tapa kehittää staattista sekä dynaamista tasapainoa merkittävällä tavalla, riippumatta yksilön iästä, sukupuolesta, harjoittelustaustasta tai -ympäristöstä (Gebel ym., 2018). Zech ym. (2010) totesivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan tasapainoharjoittelun olevan tehokas interventiomuoto staattisen ja dynaamisen tasapainon sekä asennonhallinnan merkittävään kehittämiseen, niin urheilijoilla kuin ei-urheilijoilla. Tasapainoharjoittelulla saattaa olla positiivisia vaikutuksia myös hyppysuoritukseen, ketteryyssominaisuuksiin, selkäydinrefleksien herkkyyteen ja voimantuottonopeuteen. Kestoltaan pidemmät, 6–12 viikon harjoittelujaksot näyttävät olevan tehokkaampia kuin 4 viikon mittaiset.

Useissa tutkimuksissa (Giboin ym., 2015; Kümmel ym., 2016; Donath ym., 2016; Ringhof ym., 2018; Zech ym., 2018; Giboin ym., 2019) on todettu tasapainoharjoittelun vaikutusten painottuvan yleensä ainoastaan harjoiteltuihin tehtäviin, ilman siirtovaikutusta yleiseen tasapainon hallintaan. Laajalla liike- ja tehtävävalikoimalla toteutetulla tasapainoharjoittelulla onkin osoitettu olevan parempi siirtovaikutus yleiseen tasapainoon liittyvään suorituskyykyyn, kuin suppealla valikoimalla harjoiteltaessa (Berniker ym., 2014). Lisäksi monipuolinen tasapainoharjoittelu voi mahdollisesti johdattaa harjoittelemattomien liikkeiden ja tehtävien nopeampaan oppimisnopeuteen

(Braun ym., 2017). Siksi useita erilaisia tasapainotehtäviä ja –laitteita sisältävällä tasapainoharjoittelulla voi olla mahdollisuus kehittää yleisiä tasapaino-ominaisuuksia, joiden vaikutus siirtyy myös harjoittamattomiin tasapainotehtäviin (Beck ym., 2015).

Schedler ym. (2020) tutkivat seitsemän viikon mittaisen tasapainoharjoittelujakson vaikutuksia nuorten urheilijoiden staattiseen ja dynaamiseen sekä reaktiiviseen tasapainoon. Tutkimuksessa 38 testihenkilöt jaettiin kahteen 19 henkilön, haastavuudeltaan matala- ja korkeatasoisten harjoitteiden ryhmiin, jotka molemmat harjoittelivat kahtena päivänä viikossa 60 minuuttia kerrallaan. Harjoittelusessiot koostuivat 15 minuutin alkulämmittelyistä, 30 minuutin harjoitusosioista sekä 15 minuutin loppujäähdyttelystä. Harjoitusosio sisälsi kuusi harjoitetta, joita osallistuja suorittivat kaksi kierrosta. Yksittäisen suorituksen kesto oli 30–60 sekuntia. Alkulämmittelyt sisälsivät yleistä lämmittelyä, kuten hyppynarulla hyppimistä ja kevyttä juoksua yhdistettynä lonkkaa avaaviin rotaatioliikkeisiin sekä spesifejä tasapainotehtäviä, kuten yhdellä ja kahdella jalalla seisomista erilaisilla epävakailla alustoilla sekä puomikävelyä etu- ja takaperin.

Ryhmien harjoitusohjelma koostui samoista perusharjoitteista, esimerkiksi erilaisilla epävakailla alustoilla, kuten tasapainotyynyillä, -laudoilla, -alustoilla ja ilmatyynyillä suoritetuista, yhdellä ja kahdella jalalla tehdyistä seisonta- ja kyykkyharjoitteista sekä etu- ja takaperin toteutetusta puomikävelystä. Harjoitteita suoritettiin sekä silmät auki että kiinni. Eräisiin seisonta-, kyykky- ja kävelyharjoitteisiin yhdistettiin kaksoistehtävänä numeroiden laskua takaperin. Korkeatasoisten harjoitteet sisälsivät enemmän silmät kiinni harjoittelua, minkä lisäksi heillä oli kävely- ja tasapainoharjoitteisiin yhdistetty kaksoistehtävänä ulkoisten välineiden käyttöä, kuten tennispallon heittämistä ja kiinniottoa sekä koripallon pomputtelua. Molemmilla ryhmillä harjoitusfrekvenssi sekä -volyymi oli sama.

Staattisen tasapainon arviointimenetelmänä käytettiin mahdollisimman pitkää, mutta maksimissaan 60 sekunnin mittaista yhden jalan seisontaa, joka suoritettiin ei-dominantilla jalalla kolmella eri tavalla: 1) silmät auki seisten tasaisella ja vakaalla alustalla, 2) silmät kiinni seisten tasaisella ja vakaalla alustalla ja 3) silmät auki seisten epävakaalla alustalla (tasapainotyynyillä). Dynaamista tasapainoa arvioitiin ajastetulla 10 metrin kävelytestillä. Reaktiivista tasapainoa arvioitiin Y-balanssi-testillä seisten ei-

dominantilla jalalla, Toiminnallisella kurotustestillä suoritettuna ei-dominantilla kädellä sekä Timed Up and Go-testillä.

Molemmilla ryhmillä havaittiin merkittäviä parannuksia staattisessa sekä reaktiivisessa, mutta ei dynaamisessa tasapainossa. Parannukset staattisessa tasapainossa olivat suurempia matalatasoisten ryhmällä ja parannukset reaktiivisessa tasapainossa olivat suurempia korkeatasoisten ryhmällä. Tuloksista Schedler ym. (2020) päättelivät, että tutkimusasetelman mukainen haastavuudeltaan matalatasoisen tasapainoharjoittelun edut kohdentuvat enemmän staattiseen tasapainoon, kun haastavuudeltaan korkeatasoinen harjoittelu kehittää enemmän reaktiivista tasapainoa.

Helena ym. (2016) tutkivat sensomotorisen harjoittelun vaikutuksia toiminnalliseen suorituskykyyn ja asennon hallintaan nuorilla jalkapalloilijoilla. Tutkimuksessa hyödynnettiin viiden viikon harjoitusinterventiota, jossa 24 henkilöä sisältänyt tutkimusryhmä jaettiin kahtia 12 henkilön kontrolli- ja testiryhmiin. Molemmat ryhmät jatkoivat lajiharjoittelua normaalin viikkorytmin mukaan, mutta testiryhmä harjoitteli lisäksi tasapainoa eriytetysti kolmesti viikossa 50 minuuttia kerrallaan.

Testiryhmän harjoitusohjelma sisälsi kolme kertaa 30 sekunnin kestoisia yhden jalan seisonta- ja hyppyharjoitteita, esimerkiksi etu-, taka-, sivu- ja diagonaalihyppyjä suoritettuna vakaalla ja epävakaalla alustalla, kuten tasapainotyynyllä, -laudalla ja vaahdotomalla. Hyppyharjoitteiden haastavuutta lisättiin harjoitusohjelman edetessä yhdistelemällä erilaisia hyppyjä toisiinsa luoden uusia suoritekombinaatioita. Seisontaharjoitteita suoritettiin sekä silmät kiinni että silmät auki.

Asennonhallintaa ja tasapainoa arvioitiin stabilograafisella voimalevyllä sekä modifioidulla tähtikykytestillä. Toiminnallisen suorituskyvyn eli ketteryyden ja koordinaation arviointimenetelminä toimivat sivuhyppytesti ja kahdeksikkohyppely. Asennonhallintaa sekä toiminnallista suorituskykyä testattiin erikseen dominantilla ja ei-dominantilla jalalla. Tutkijat havaitsivat testiryhmällä kliinisesti merkittäviä parannuksia kaikissa toiminnallisissa testiliikkeissä sekä stabilograafisen voimalevyn mitausparametreissa. Kontrolliryhmän toiminnallinen suorituskyky heikkeni merkittävästi dominantilla jalalla suoritettussa modifioidussa tähtikykytestissä.

Tutkijat uskovat, että näin lyhyessä ajassa saavutetut positiiviset tulokset liittyvät lajispesifien dynaamisten harjoitteiden aiheuttamiin hermo-lihasvasteisiin. Löydösten perusteella tutkijat päättelivät viiden viikon harjoitusintervention tarjoavan mahdollisesti positiivisia muutoksia jalkapalloilijoiden spesifeissä lajivaatimuksissa, kuten nopeissa suunnanmuutoksissa, äkillisessä pysähtymisessä ja erisuuntaisissa hypyissä sekä reaktiivisessa asennonhallinnan tarkkuudessa.

Jos kymmenen metrin etäisyydestä lauotun kiekon nopeus on 115 km/h, maalivahdilla on reaktio- ja liikeaika torjunnan suorittamiseen 0,31 sekuntia. Torjunta-aika vähennee, jos kiekko lauotaan lähempää tai laukaus on kovempi. Nopeissa pelitilanteissa maalivahdin suoritusta helpottavat liikkeen pysäyttäminen sekä tasapainoisen torjunta-asennon saavuttaminen ennen laukaushetkeä. Tämä vaatii riittävää voimatasoa alavartalosta sekä koko kehon painopisteen hallintaa. (Koho & Luukkainen, 2012, s. 78–80; Ropponen, 2016 s. 69.) Harjoitteissa huomioimme Schedler ym. (2020) ja Heleno ym. (2016) löydöksiä, minkä lisäksi toimme harjoitteisiimme tutkimuksissa käytettyjä suoritustapoja, jotka haastavat maalivahdille ominaista reaktiivista tasapainoa. Hyödynsimme erilaisia liikesuunnanmuutoksia, tasapainoalustoja, kaksoistehtäviä sekä pallon heittoja ja kiinniottoja maalivahdille ominaisten liikesarjojen aikana. Berniker ym. (2014), Braun ym. (2017) ja Beck ym. (2015) tuottamaan tutkimusnäyttöön perustuen pyrimme tuomaan monipuolisia tasapainoelementtejä ja variaatioita kehittämiimme harjoitteisiin.

9.2 Asentotunnon harjoittaminen

Maalivahdin hyvä tekninen liikkuminen maalilla vaatii riittävää voimantuottoa sekä tarkkaa keuhonhallintaa torjunta-asennon säilyttämiseksi liikkuesssa sekä pysähtyessä. Maalivahdille ominaiset räjähtävät suunnanmuutokset muodostavat kehoon vastaliikkeitä, joiden kontrolloitu hallinta mahdollistaa torjuntavalmiuden säilyttämisen. (S JL, 2014; S JL, 2017c.) Torjuntatyöskentely edellyttää proprioseptiivistä tarkkuutta, jolla havaitaan sekä säädellään käsien ja jalkojen voimantuottoa, liikenopeutta sekä liike-matkaa kiekon laukauslinjalle. Maalivahdin torjuntatyöskentelyssä korostuvat eriaikaiset käsien ja jalkojen rytmitykset, joten hyvä liikkeiden koordinaatiokyky

mahdollistaa tarkat ja nopeat torjuntaliikkeet. (Koho & Luukkainen 2012, s. 33–34; Ropponen, 2016 s. 82–83.)

Proprioseptiivinen tarkkuus liittyy merkittävästi eliittuurheilijoiden saavuttamaan kilpailutasoon. Erityisesti nilkan, olkapään ja selän proprioseptiivinen tarkkuus korreloi merkittävästi saavutetun kilpailutason kanssa, mikä korostaa proprioseptiivisen kyvyn merkitystä urheilullisen suorituskyvyn perustana. Lajikohtaiseen harjoitteluun liittyvän proprioseptiivisen tarkkuuden kehittymisen määrää voivat kuitenkin rajoittaa yksilökohtaiset biologiset tekijät. (Han ym., 2013.) Proprioseptiivistä tietoa tulee käsitellä asianmukaisesti ja tehokkaasti, jotta uusien liikemallien oppiminen on mahdollisimman tuloksellista. Toistojen avulla ihminen luo ja jalostaa uusia liikkeen hallintaan liittyviä hermoyhteyksiä. Kun liikettä toistetaan riittävästi sekä tarpeeksi usein, sen tuottaminen automatisoituu, jolloin kyseisen liikkeen vaatimat signaalit välitetään nopeammin ja liike suoritetaan pienemmällä vaivalla. Tutkimusnäytön perusteella aloitteleva urheilija hyödyntää useammin liikkeen tuottamaa sensorista palautetta uusia motorisia taitoja opitellessaan, eliittuurheilijoiden käyttäessä sitä vain satunnaisesti tilanteenmukaisten liikkeiden toteuttamiseen. (Han ym., 2016).

Proprioseptiivinen harjoittelu tähtää sensorisen ja sensomotorisen proprioseptiivisen toiminnan parantamiseen keskittymällä somatosensorisen signaloinnin, kuten proprioseptiivisten ja taktiilisten afferenttien, hyödyntämiseen eriytyssä harjoittelussa, jossa muiden asennon hallintaan osallistuvien aistikanavien, erityisesti näön, vaikutus on pyritty eliminoimaan. Proprioseptiota ei voida harjoittaa ilman liikettä johtuen aistijärjestelmän rakenteesta sekä toiminnasta. Proprioseptiivisen harjoittelun tehokkuutta arvioitaessa on hyvä muistaa, että sensorista ja motorista harjoittelua on mahdoton eriyttää toisistaan. Mikä tahansa motorisen oppimisen muoto liittyy proprioseptiikkaan ja voi siten myös harjoittaa proprioseptiikkaa. (Aman ym., 2014.) Proprioseptio ja liike liittyvät läheisesti toisiinsa, ja koska motoriikka hyödyntää useiden sensoristen järjestelmien syötettä liikkeen ohjaamiseen, on tietyn aistijärjestelmän vaikutusta havaittaviin motorisiin toimintoihin tyypillisesti vaikeaa eristää (Winter ym., 2022). Beets ym. (2010) tutkimustulokset osoittavat luotettavasti, että uuden liikkeen ei-visuaalinen motorinen oppiminen parantaa harjoitellun liikkeen sekä siihen läheisesti liittyvien liikkeiden visuaalista asennon hallintaa.

Wong ym. (2011) tutkivat proprioseptiikan tarkkuuden muutoksia motorisen oppimisen seurauksena. 186 koehenkilön tutkimuksen aluksi osallistujien proprioseptiivistä tarkkuutta mitattiin laiteavusteisella testitasolla, jossa dominanttia yläraajaa liikuteltiin passiivisesti. Ensin määritettiin testikohtainen aloituspiste kädelle 10 cm x 10 cm alustan päällä, jonka jälkeen koehenkilö sulki silmänsä ja testitilasta sammutettiin valot. Tämän jälkeen testilaitte liikutti testattavan kättä passiivisesti vähintään kuusi senttimetriä oikealle tai vasemmalle, jonka jälkeen laite palautti käden lähelle aloituspistettä. Testihenkilön tuli arvioida pelkkää proprioseptiikkaa hyödyntäen käden sijainti verrattuna aloituspisteeseen. Aloitustestin jälkeen koehenkilö suoritti 10 minuutin mittaisen, tehtäväspesifisti koordinoitun motorisen oppimisen tehtävän samalla laitteella, jossa tavoitteena oli liikuttaa kättä mahdollisimman nopeasti ja tarkasti satunnaisiin, visuaalisesti havaittaviin pisteisiin. Suoritustoistoja kertyi koehenkilöille 400 (4 x 100 toistoa), jonka jälkeen proprioseptiivinen tarkkuus mitattiin uudelleen samalla menetelmällä. Wong ym. (2011) totesivat tutkimuksessaan harjoitusryhmän koehenkilöiden dominantin yläraajan proprioseptiivisen tarkkuuden kehittyneen noin 11 prosenttia tehtäväspesifin motorisen oppimisen seurauksena verrattuna kontrolliryhmään. Raajojen proprioseptio kehittyi ainoastaan niissä aktiivisesti toteutetuissa liikekombinaatioissa, jotka vastasivat tutkimuksessa hyödynnettyä harjoitusprotokollaa.

Aman ym. (2014) selvittivät 51 artikkelia sisältäneessä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan proprioseptiivisen harjoittelun käsitettä sekä sen tehokkuutta. Katsauksen kerätyistä artikkeleista 14 kappaletta tutki proprioseptiivistä harjoittelua terveillä aikuisilla. Näissä 14 artikkelissa proprioseptiivisen tarkkuuden, eli nivelen asentotunnon sekä tarvittavan voiman havainnoinnin, todettiin parantuneen keskiarvoltaan 26 prosenttia. Tehokkaimmiksi harjoitusmenetelmiksi osoittautuivat aktiiviset sekä passiiviset harjoitteet silmät kiinni toteutettuna.

Osa harjoitteistamme suoritetaan silmät kiinni, jolloin tavoitteena on lisätä proprioseptisen sekä taktilisen aistimuksen osuutta liikkeen säätelyssä. Proprioseptiikka kehittyy erityisesti tehtäväspesifisti ja siksi kaikki harjoitteemme on suunniteltu maalivahdille ominaisia aktiivisia ja staattisia asentoja hyödyntäen.

9.3 Näkökyvyn harjoittaminen

Maalivahdin näkökyky luo perusteet pelinlukemiselle ja kiekon laukauslinjan tunnistamiselle. Oikein ajoitetut pään ja silmien liikkeet mahdollistavat vastustajan sijaintien havaitsemisen sekä kiekon seurannan. Maalivahdin kyky havainnoida ääreisnäöllä ympäristöä ja tunnistaa milloin tarkannäön alue tulee kohdentaa kiekkoon tai vastustajan lapaan, vaatii silmien ominaisuuksien monipuolista hyödyntämistä. (SJL, 2017a; SJL, 2019a; SJL, 2017c.)

Tutkimustieto (Johansson ym., 2001; Ketcham ym., 2007; Neggers & Bekkering, 2000) osoittaa, että näköaisti ja toiminta linkittyvät erottamattomasti toisiinsa. Silmän ja liikkeen yhteistoimintaa pystytään myös kehittämään harjoittelun avulla (Jaakkola, 2000, s. 67). Laaja-alaisesti hyväksi kehittynyt näkökyky parantaa motoristen taitojen tehokkuutta, ja useissa urheilulajeissa pärjäämisen kannalta tärkein aistijärjestelmä on juuri näköaisti (Bauer ym., 2001; Laby ym., 2011; Mazyn ym., 2007).

Urheilijoiden virheellinen näkökyky on tiettyjen häiriöiden kohdalla kuntoutettavissa rutiininomaisella silmien harjoittamisella (Peters, 2012, s. 23). Useat urheilijoiden näkökykyä selvittäneet tutkimukset (Boden ym., 2009; Laby ym., 1996; Solomon ym., 1988) ovat osoittaneet, että nopeita ja tarkkoja okulomotorisia ominaisuuksia vaativien lajien urheilijoilla on harjoittelemattomiin yksilöihin verrattuna huomattavasti parempi lähi- ja kaukonäkö, tarkemmat ja nopeammat sakkadit sekä lyhyemmät silmän reagointiajat. Laby ym. (2011) havaitsivat, että silmän ominaisuuksilla on tapana kehittyä lajispesifisti. Ericksonin (2007, s. 68) mukaan tärkein vaatimus harjoitusmenetelmien valinnassa on tunnistaa ne näkökyvyn ominaisuudet, jotka ovat kriittisiä urheilullisen suorituskyvyn kannalta ja käyttää näönarviointi- ja harjoitusmenetelmiä, jotka liittyvät suoraan kyseiseen urheilulajiin.

Vastustajan harhauttaessa tai syöttäessä maalivahti hyödyntää okulomotorisia toimintoja kuten sakkadeja, smooth pursuitsia sekä akkomondaatiota säilyttääkseen verkkokalvokuvan mahdollisimman tarkkana.

Zwierko ym. (2015) tutkivat silmän liikeominaisuuksiin pohjautuvan harjoitusohjelman vaikutuksia binokulaariseen näkökykyyn. He hyödynsivät tutkimuksessaan

kahdeksan viikon mittaista harjoitteluinterventiota, mikä sisälsi kuusi eri harjoitetta: silmälihasaktivaatiot, horisontaaliset ja vertikaaliset sakkadit, ”smooth pursuit” -harjoitteet eri liikesuunnissa, syvyyssnäköharjoitteet, Brockin-lanka 3 metrin ja 6 metrin versioina kolmella katsepisteellä sekä fusionaalisen konvergenssin ja divergenssin harjoitteet yhdistettynä vartalon liikkeisiin. Harjoitusryhmä harjoitteli kolmena päivänä viikossa, 20 minuuttia kerrallaan. Tutkimuksessa ilmeni, että lähelle katsottaessa esiintyvän horisontaalisen piilokarsastuksen määrää pystytään vähentämään sekä konvergenssissa vaaditun okulomotoriikan tarkkuutta ja akkomondaation osuvuusnopeutta kyetään kehittämään tilastollisesti merkittävästi ortoptisilla harjoitteilla. Kauas katsottaessa esiintyvä horisontaalinen piilokarsastus sekä divergenssin okulomotoriikka eivät ole yhtä selkeästi harjoitettavissa. (Zwierko ym., 2015.)

Maalivahdin katseen fiksaatiota torjuntahetkessä kuvataan ”quiet eye” -termillä, jossa maalivahdin silmät ovat tarkentaneet kiekollisen pelaajan lapaan. Noin sekunnin mittainen fiksaatio kohteeseen lisää torjunnan todennäköisyyttä. (Panchuk & Vickers, 2006, s. 747–748, 750.) Vastustajan pelaajat yrittävät nopeilla lavan asennon vaihoilla, harhautuksilla sekä syötöillä vähentää quiet eye-keston alle 0,5 sekuntiin (S JL, 2019b). Vastustajan toiminta pakottaa maalivahtia hyödyntämään varsinkin sakkadisia silmän liikkeitä mahdollistaakseen riittävän fiksaation vastustajan lapaan ennen laukausta.

Murray ym. (2021) tutkivat silmän sakkadisen toiminnan häiriöiden harjoitettavuutta standardisoidulla okulomotorisella harjoitusohjelmalla. Tutkimuksessa hyödynnettiin viiden päivän mittaista interventiota, jossa harjoiteltiin RightEye EyeQ TM -tietokoneohjelmalla kaksi viiden minuutin pituista harjoitussessiota päivässä. Tietokoneohjelma sisälsi sakkadi- ja smooth pursuit -harjoitteita. Sakkadiharjoitteissa katse kohdistettiin kahden pisteen välillä mahdollisimman nopeasti, kuitenkin antaen silmien tarkentaa ennen kohteen vaihtamista. Smooth pursuit -harjoitteissa katseella seurattiin ruudulla hitaasti myötä- ja vastapäivään kiertävää kohdetta. Tutkijat havaitsivat viiden päivän harjoitusjakson jälkeen interventioyryhmäläisillä keskimäärin 25 prosentin parannuksen sakkadien tarkkuudessa.

Schwab & Memmert (2012) tutkivat urheilijoille suunnatun näkökyvyn harjoitusohjelman vaikuttavuutta toiminnalliseen näkökykyyn. Tutkimukseen osallistui 34

kappaletta 12–16-vuotiaita maahockeypelaajia. Osallistujat jaettiin 22 henkilön testiryhmään ja 12 henkilön kontrolliryhmään. Tutkimuksessa hyödynnettiin kuuden viikon interventiota, jonka viisi laiteavusteista harjoitetta kohdistettiin silmä-käsikoordinaation, visuaalisen ja motorisen reaktioajan, konvergenssin ja divergenssin, tarkana ja ääreisnäön, sakkadien sekä smooth pursuitsin harjoittamiseen.

Harjoituslaitteina toimivat Dynavision D2® Trainer, Eyeport, tietokonepohjainen Vision Performance Enhancement Program, näkötaulukko sekä tietokoneohjattu P-rotaattorikiekko. Tutkimuksessa harjoiteltiin kolme kertaa viikossa, 45 minuuttia kerrallaan. Jokaisessa harjoitussessiossa testiryhmä harjoitteli kaikilla viidellä laitteella. Intervention edetessä harjoittelun haastavuutta lisättiin yhdistämällä erilaisia kaksoistehäviä pääharjoitteisiin, kuten yhden ja kahden jalan seisonta tasapainolaudalla sekä tennispallon heittoa ja kiinniotta P-rotaattorikiekolla harjoitteluun.

Kaikki tutkimukseen osallistuneet suorittivat alku-, loppu- ja retentiotestit. Alkututkimus tehtiin intervention alussa, lopputesti intervention lopussa ja retentiotesti kuusi viikkoa intervention päättymisestä. Testaus sisälsi kolme tehtävää: kaksi oppimistehtävää ja yhden siirräntehtävää. Ensimmäisessä oppimistehtävässä Dynavision D2® Trainerilla mitattiin koehenkilöiden kokonaisreaktioaikaa, mikä koostuu visuaalisesta ja motorisesta reaktioajasta Toisen oppimistehtävä oli toiminnallinen näkökenttätehtävä, jossa mitattiin osallistujien toiminnallista näkökykyä sekä ääreisnäköä. Siirräntehtävässä testattiin osallistujien kykyä seurata useita liikkuvia kohteita katseellaan.

Tutkijat havaitsivat harjoitusryhmällä kliinisesti merkittäviä parannuksia reaktioajoissa, silmä-käsikoordinaatiossa alku- ja lopputestien välillä sekä edelleen loppu- ja retentiotestien välillä. Testiryhmällä havaittiin kliinisesti merkittäviä parannuksia ääreisnäön tehokkuudessa alku- ja lopputestien välillä. Retentiotesti osoitti, että kehittynyt tarkkuus ääreisnäössä oli säilytetty kuusi viikkoa intervention päättymisen jälkeen, mutta lisäparannusta ei havaittu. Testiryhmäläisten kyvyssä seurata useita liikkuvia kohteita ei havaittu mainittavaa kehitystä. Kontrolliryhmällä ei tapahtunut mainittavia muutoksia missään mittausparametreissa alku-, loppu- ja retentiotestien välillä. Sen sijaan kontrolliryhmäläisten reaktioajoissa havaittiin pieniä negatiivisia yksilökohtaisia muutoksia.

Maalivahdin ääreisnäön tehtävä on tilanteen kokonaisvaltainen tunnistaminen. Hyvin toimiva ääreisnäkö helpottaa maalivahtia havaitsemaan kohteiden sijainteja tarkemmin. Maalitolppien lähelle kohdistuvat laukaukset vaativat maalivahdilta riittävää silmä-käsikoordinaatiota sekä hyvää reaktioaikaa torjunnan mahdollistamiseksi. Schwab & Memmert (2012) tutkimuslöydösten pohjalta suunnittelimme harjoitteisiimme ääreisnäön tarkkuutta kehittävän osion sekä paljon silmä-käsikoordinaatioharjoitteita. Lisäksi yhdistimme silmän harjoitteisiin progressionaltilaisia tasapainotekniikoita sekä maalivahdin torjuntamalleja.

10 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄT

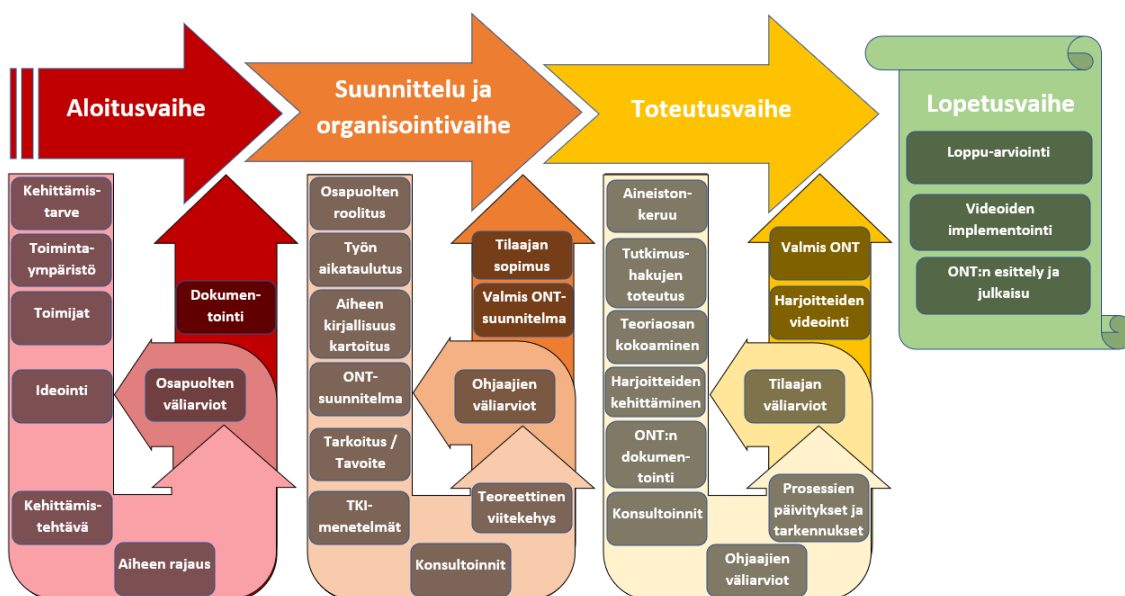
10.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallinen opinnäytetyö on yksi ammattikorkeakoulun opinnäytetyön muoto, jolla tavoitellaan ammatillisessa kentässä käytännön toiminnan opastamista, ohjeistamista, järjeistämistä tai järjestämistä. Toiminnallinen opinnäytetyö voi alasta sekä aiheesta riippuen olla hyvinkin erilainen tuote, kuten opastus tai ohjeistus, esimerkiksi perehdyttämisoas tai turvallisuusohjeistus. Ammattikorkeakoulussa tarjotulla koulutuksella pyritään varmistamaan valmistuneen kyky toimia asiantuntijatehtävissä alallaan. Opinnäytetyön tulee osoittaa riittävä taso alan tietojen sekä taitojen hallinnassa. (Vilkka & Airaksinen, 2003, s. 9–10.)

Toiminnallisessa opinnäytetyössä pitää olla sekä teoreettinen viitekehys että tietoperusta. Raportoinnissa tulee käsitellä konkreettiset keinot, joilla tuotos on laadittu. Lisäksi tekijän on kuvattava, millä menetelmillä hän on varmistanut käyttämiensä tietojen oikeellisuuden sekä luotettavuuden. Opinnäytetyössä yhtenä tavoitteena on luoda visuaalisin ja viestinnällisin keinoin kokonaisilme, josta käy ilmi tavoitellut päämäärät. Ensisijaisina opinnäytetyön kriteereinä voidaan kuitenkin pitää asiasisällön sopivuutta ja käytettävyyttä kohderyhmässä ja käyttöympäristössä sekä informatiivisuutta. (Vilkka & Airaksinen, 2003, s. 30, 51–53.)

10.2 Opinnäytetyön teoreettinen malli

Kehittämistyömme pohjautui lineaariseen- sekä sykliseen malliin, jossa tiettyihin pisteisiin voitiin edetä vasta kun edeltävässä osiossa oli riittävästi tietoa (lineaarisuus). Kuitenkin osioiden sisällä prosessia pystyttiin kehittämään usean toiminnon kautta, jolloin tiedonhaku tai tuotos päivittyi useaan kertaan (syklisyys). (Salonen ym., 2017, s. 52–54.)



Kuva 20. Kehitystyön teoreettinen malli (mukailtu Salonen ym., 2017).

10.2.1 Aloitusvaihe

Aloitusvaihe eteni lineaarisesti eli opinnäytetyösuunnitelman rakennetta hahmoteltiin tilaajan sekä oppilaitosten kanssa sekä arvioitiin tulevan tuotoksen toimintaympäristöä. Aloitusvaiheeseen kuului kehitystarpeen sekä toimijoiden näkemysten ja vaatimusten kartoitus. Ideointi kehittämistehtävän aiheesta ja rajaamisesta eteni syklisesti osapuolten väliarvioinneissa saadun palautteen mukaan.

10.2.2 Suunnittelu- ja organisointivaihe

Suunnittelu- ja organisointivaiheen lineaarisuus näyttäytyi oppilaitoksien määritellyssä tekijöiden roolit, sillä opinnäytetyö toteutettiin koulujen välisenä yhteistyönä.

Suunnitteluvaiheessa oli oleellista laatia alustava aikataulu, joka rytmitti projektia. Opinnäytetyösuunnitelma toteutettiin reflektiivisen mallin mukaan, sillä laadukkaan lähdekirjallisuuden löytäminen ja teoreettisen viitekehyksen rakentaminen vaativat konsultointeja oppilaitosten edustajilta sekä aiheeseen perehtyneiltä ammattilaisilta, jolloin merkitykselliset asiakokonaisuudet hahmottuivat selkeämmiksi suunnitelman osalta. Oppilaitosten ohjaavat opettajat hyväksyivät suunnitelman, josta edettiin lineaarisesti toimeksiantajan kanssa tehtävään opinnäytetyösopimukseen sekä itse kehitystyön aloittamiseen.

10.2.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaihe eteni valtaosin syklisen mallin mukaan, lineaarisuuden näyttäytyessä tehtävien rytmityksessä, vaikka suunnitelmallinen tiedonhaku toteutettiin lineaarisen mallin mukaan. Monet toteutusvaiheen prosessit etenivät limittäin, joten opinnäytetyön suunnitelmassa aloitettu teoreettinen viitekehys laajeni tiedonkeruun myötä. Toteutusvaiheen syklisyys korostui lähdekirjallisuuden hakukriteerien tarkentamisessa ja tiedonhaun päivittämisessä löydettyyn materiaaliin sekä asiantuntijoiden konsultointeihin perustuen. Harjoitteet kehitettiin reflektiivisesti lähdekirjallisuudesta löytyvän tiedon sekä tilaajatahon väliarvioiden mukaan. Toimeksiantajan hyväksytyä kehitetyt harjoitteet, ne videoitiin ja jatkettiin lineaarisen mallin mukaisesti opinnäytetyön viimeistelyyn.

10.2.4 Arviointivaihe ja käyttöönotto

Lopetusvaihe eteni lineaarisen mallin mukaan. Valmis opinnäytetyö arvioitiin, esitettiin ja julkaistiin sekä harjoitevideot toimitettiin tilaajalle implementoitavaksi.

10.3 Kehittämistyön menetelmät

Yleisenä kehittämistyön menetelmänä toimi tiedonhaku. Hakusanat muodostivat tiedonhaun kehystä, jota toteutettiin usein yläkäsitteistä edeten kohti tarkennettuja tasoja. Aineistot kerättiin laatukriteerien, käyttökelpoisuuden ja merkityksellisyyden perusteella, jonka jälkeen dokumentit analysoitiin. (Salonen, 2013, s. 23.) Konsultoimme

tiedonhaussa myös kotimaisia alan asiantuntijoita, sillä aiheen haastavuus vaikeutti lähdekirjallisuuden ja tutkimusten löytämistä.

10.3.1 Tiedonhaku

Tiedonhaku kohdistui havaintomotorisiin häiriöihin sekä niiden vaikuttavuuteen urheilijoilla. Haimme tietoa havaintomotoriikasta, sen harjoittamisesta sekä tärkeimmistä aistijärjestelmistä ja näiden harjoittamisesta sekä mahdollisista ei-patologisista häiriöistä ja näiden kuntoutuksesta. Aineistoa etsittiin pääasiassa englanniksi kirjoista ja kansainvälisistä PubMed ja Science Direct –tietokannoista sekä Google Scholar –hakukoneella. Keskeisimpinä hakutermeinä sekä -käsitteinä toimivat “perceptual motor”, “sensomotor”, “sensorimotor”, “sports vision”, “vestibular” ja “proprioceptive”. Pyrimme kohdistamaan hakua tarkemmin aiheeseemme yhdistämällä näihin sanoja, kuten “training”, “sports”, “athlete” ja “disorder” sekä “dysfunction”. Hyödynsimme siis lukuisia hakusanakombinaatioita ja hakutulosten sisäänottokriteerinä käytimme osuvuutta havaintomotoriseen toimintaan. Luimme myös paljon havaintomotoriikkaan liittyviä opinnäytetöitä, joista saimme lisää lähteitä.

11 OPINNÄYTETYÖN TUOTOS

Opinnäytetyön kehitystehtävänä oli tuottaa VIIMA Hockey Concept Oy:n käyttöön videoidut havaintomotoriset harjoitteet. Tilaaja pyynnöstä tuotetut videot sekä harjoitteiden tarkat kirjalliset kuvaukset säilytetään salassa, joten niitä ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä. Harjoitteet perustuvat opinnäytetyömme aiemmissa kappaleissa esitettyyn teoriapohjaan ja tutkimusnäyttöön. Harjoitteita kuvattiin yhdeksän: yksi silmien lämmittelyyn kohdennettu harjoite, neljä havaintomotorista yksilöharjoitetta sekä neljä pariharjoitetta. Harjoitteet on luotu tukemaan jääkiekkomaalivahdin havaintomotorista kehitystä sekä huomioimaan aiemmin esille tuotujen aistijärjestelmien toiminnan ja mahdollisten häiriöiden harjoitettavuutta.

Silmän lämmittelyharjoitteen tavoitteena on valmistaa silmän liikkeistä sekä toiminnoista vastaava lihaksisto varsinaista harjoittelua varten. Lämmittely toteutetaan liikuttamalla silmää ennalta määrätyn tavoitteellisen liikesarjan mukaan kaikissa toiminnallisissa liikesuunnissa. Harjoitteen perustana toimii Zwierkon ym. (2015) tekemä tutkimus silmän harjoittamisen menetelmistä sekä niiden tehokkuudesta urheilijoilla.

Silmien toiminnan konvergenssikyvyyn, akkomodaation, sakkadien sekä smooth pursuitin kehittämiseen kohdennetut harjoitteet perustuvat Zwierkon ym. (2015) sekä Murray ym. (2021) tutkimuksiin. Lisäksi Schwab & Memmert (2012) ja Zwierkon ym. (2015) tutkimuksiin perustuen kehitimme kaksi harjoitetta torjuntakoordinaation (silmä-käsikoordinaation) sekä ääreisnäön havainnoinnin tehostumiseen.

Somatosensorisen tarkkuuden kehittämiseen suunnittelimme kaksi harjoitetta Aman ym. (2014) ja Wong ym. (2011) tutkimusten perusteella. Tavoitteena oli tuottaa somatosensorisia aistimuksia keholle silmät kiinni harjoitteilla, jolloin proprioseptinen sekä taktilinen aistimusten kautta motorisen vasteen toteuttaminen tehostuu. Niin kuin aiemmin on tuotu esiin, taidon tai liikkeen harjoittaminen silmät kiinni kehittää myös harjoitellun liikkeen visuaalista asennon hallintaa Beets ym. (2010). Harjoitteissa on myös huomioitu Wong ym. (2011) löydös spesifisyydestä, joten harjoitteisiin on tuotu jääkiekkomaalivahdille ominaisia torjunta-asentoja. Somatosensorinen tarkkuus korostuu myös torjuntakoordinaatiota vaativissa harjoitteissa ja yleisesti kaikki suunnitellut harjoitteet vaativat somatosensoristen aistimusten hyödyntämistä.

Vestibulaarisen järjestelmän merkitys on tuotu Shumway-Cook & Woollacottin (2017) ja Sandström & Ahonen (2016) toimesta esille jo aiemmin eli kaikessa ihmisen tekemisessä korostuu tietämys kehon nykyisestä suhteesta painovoimakenttään. Zech ym. (2010) tulosten perusteella olemme sisällyttäneet harjoitteisiin staattisia sekä dynaamisia tasapainoelementtejä, jotka on yhdistetty maalivahdin ominaisiin asentoihin sekä liikesuuntiin. Olemme myös sisällyttäneet harjoitteisiin progressioita, joissa korostuu maalivahdin toimiminen pystyasennossa ja nopeissa suunnanmuutoksissa, koska Han ym. (2015.) korostivat tutkimuksessaan nilkan proprioseptiikan vaikutusta tasapainon hallinnan tärkeimpänä osatekijänä.

Tutkimusnäytöstä huomioimme harjoitusmäärien vaikuttavuuden suunnitellessamme harjoitteita. Tasapainoharjoittelua tulee toteuttaa kolme kertaa viikossa vähintään 30 minuuttia ja okulomotorisia harjoitteita kolme kertaa viikossa vähintään 20 minuuttia. Kahdeksan harjoitettamme ovat suunniteltu yhdistämään aistijärjestelmien toimintoja, joten valmentajat voivat valita niistä 3–6 harjoitetta ja toteuttaa 30 minuutin aistijärjestelmäharjoituksen osana fyysisen harjoittelun kehystä.

Kehitettyjen harjoitteiden toistomäärät ja suoritus aika suunniteltiin tutkimusten perusteella. Torjuntakoordinaatioharjoittelun isoin tavoite on kehittää maalivahdin kykyä tehdä torjunta ja siksi sitä toteutetaan korkealla, yli 100 suorituksen toistovolyymilla. Tasapainoon ja proprioseptiikkaan kohdennetuissa harjoitteissa suoritusajaksi valikoitui 60 sekuntia, sillä maalivahdin tulee säilyttää torjuntavalmius useita kymmeniä sekunteja.

12 ARVIOINTI

12.1 Luotettavuus

Opinnäytetyön teoriaosuuden luotettavuus perustuu suurelta osin laadukkaiden lähteiden hyödyntämiseen. Olemme pyrkineetkin lisäämään työmme luotettavuutta arvioimalla lähteiden ja tutkimusaineiston osuvuutta sekä laatua hyvin kriittisesti. Työn luotettavuutta parantaa myös laadittujen harjoitteiden luominen harkiten valitusta lähdekirjallisuudesta ja tutkimuslähteistä sekä niiden kattava testaus toimestamme.

Eryteisesti silmän toimintaan kohdistuvien ortoptisten harjoitteiden luotettavuus on korkea, sillä ne ovat siirretty lähdekirjallisuudesta lähes sellaisenaan, harjoitteiden soveltamisen keskittyessä lähinnä jääkiekkomaalivahdille ominaisten harjoite-elementtien lisäämiseen. Luotettavuuden puolesta puhuu myös toisen opinnäytetyön tekijän 15 vuoden omakohtainen kokemus jääkiekkomaalivahdin pelipaikasta sekä 10 vuoden kokemus jääkiekkomaalivahtien valmennuksesta.

Luotettavuutta alentavat spesifisti jääkiekkomaalivahteihin kohdistuvan tutkimusdatan vähyys sekä heikko löydettävyyys. Valtaosa löydetyistä kirjallisuudesta kohdistuu patologisiin häiriöihin, joiden esiintyvyys urheilijoille on vähäistä. Aiheen rajallinen tutkimusdata johti siihen, että jouduimme soveltamaan erityisesti somatosensoriikkaan sekä vestibulaarijärjestelmään liittyvät harjoitteemme tutkimuksissa käytettyjä aisti-järjestelmien toimintaperiaatteisiin pohjautuvia harjoiteprotokollia mukailleen, kuitenkin huomioiden maalivahdin lajivaatimukset.

Aistikanavista silmä on ainoa, jonka harjoitettavuutta on tutkittu spesifisti jääkiekkomaalivahdeilla. Harjoitusmenetelmät perustuvat aistikanavan toimintaan, mutta ovat lähes aina toteutettu erityisillä harjoitelaitteistoilla, jotka eivät palvele toimeksiantajan yritystoimintaa. Tästä syystä myös visuaalisen kanavan harjoitteemme ovat sovellettu samoja kirjallisuudessa esiintyviä aistikanavan harjoiteperiaatteita noudattaen, kuitenkin yhdistettynä maalivahdin lajitaitoihin. Kehitystyömme ei myöskään arvioi yksilöllisiä vaivoja tai tuo esille, kuinka harjoitteiden kuuluisi sujua yksilön näkökulmasta ja mikä suoritustapa voitaisiin nähdä viitteenä häiriöön.

12.2 Eettisyys

Hyvät tieteelliset käytännöt muodostavat laadukkaan tutkimuseettisen lähestymisen kehitystyöhön. Tutkimuskohteen, kollegoiden, opinnäytetyön tilaajan sekä alalle vihkityneen lukijakunnan huomiointi kuuluvat eettisiin toimintamenettelyihin, joilla taataan eettisesti oikeudenmukaiset toimintamallit. Asianmukaisten tietolähteiden sekä ammatillisen kirjallisuuden kunnioittaminen luovat eettisesti laadukkaan tiedonhankinnan. (Vilka, 2021, s. 41–42.) Opinnäytetyön viittaukset pohjautuvat valmiisiin teorialähteisiin sekä tutkimusaineistoihin, joten olemme huolehtineet asianmukaisista lähdeviittausten merkinnöistä. Tiedonhankinta toteutettiin systemaattisuuteen ja laatu-kriteereihin perustuen. Hyödynnettyjen aineistojen käytössä olemme kuvanneet tutkimusaineistoja laajasti myös menetelmistä ja tulkinneet tekstejä mahdollisimman rehellisesti. Oleelliset tulokset ja informaatiot on pyritty tuomaan alkuperäislähdettä kunnioittaen esille mitään sivuuttamatta tai vääristelemättä.

Tarkat lähdeviittaukset ja kirjoittajan tarkoitusta kunnioittava referointi sekä tulosten avoin esittely kuuluvat hyvään tieteelliseen käytäntöön. (Vilka, 2021, s. 42.) Opinnäytetyön tekstiviittaukset sekä lähdemerkinnät ovat tuotettu Satakunnan ammattikorkeakoulun (2021) ohjeiden mukaan. Tutkimuseettisyydessä korostuu tutkimusaineiston säilyminen ainoastaan tutkimuksesta vastaavien ihmisten käsissä. (Vilka, 2021, s. 47). Opinnäytetyössä ei kerätty tutkimusaineistoa. Olemme kuitenkin huolehtineet, etteivät harjoitteiden kirjalliset kuvaukset ja videot ole päätyneet ulkopuolisten käsiin, koska tilaaja haluaa aineistojen pysyvän salassa. Vilkan (2021, s. 49) mukaan tieteellisestä työstä tulee tiedottaa sekä saattaa se julkisesti nähtäville. Opinnäytetyö tullaan julkaisemaan Theseuksessa, mutta kehitystyössä luodut harjoitteet ovat vain tilaajan käytössä. Kehitystyön aihe ja hyödynnetyt menetelmät ovat eettisesti hyväksytyjä, eikä erityisiä kuvauslupiakaan tarvittu, sillä opinnäytetyön tekijät esiintyvät itse videoissa.

12.3 Videoiden toteutus ja toimeksiantajan palaute

Harjoitteiden suunnittelun jälkeen kuvasimme videot ensimmäisen kerran, jonka jälkeen kävimme läpi kuvausmateriaaleja sekä pohdimme harjoitteiden informatiivisuutta. Päädyimme kuvaamaan harjoitteet vielä toisen kerran, jonka jälkeen editoimme videot. Toimeksiantajalla ei ollut erityisvaatimuksia videoiden sisältöihin. Editoinnin jälkeen videoista kysyttiin palautetta toimeksiantajalta ja tämän jälkeen lisäsimme tarkennusehdotukset editointeihin.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen videoiden sisältöön sekä ulkoasuun. Videot vastaavat tilaajan toivetta kehittää omaa toimintaansa. Harjoitteiden monipuolisuus sekä pari-harjoitemahdollisuudet nousivat myös positiivisesti esille. Videomateriaalia on mahdollista päivittää tulevaisuudessa tarpeen ilmetessä.

12.4 Jatkokehittämisehdotukset

Kehitystyön aihe pyrittiin rajaamaan liikkeen tuottamisen kannalta lieviin havaintomotorisiin häiriöihin ja kehittämään harjoitteita aistikanavien toiminnan tehostamiseksi. Jatkokehittämisehdotuksena tärkeimmäksi nostamme havaintomotoristen

häiriöiden testaamisen kehittämistä, koska tutkimusdataa on muutenkin rajallisesti. Kehitystyön harjoitteiden testaus on selkeä jatkotutkimus aihe. Näemme myös menetelmien kehittämisen harjoitteiden tutkimiseen ja erityisesti harjoitteiden lajikohtaisen siirtovaikutuksen havainnointiin jatkokehittämisehdotuksena.

Kehitystyön aikana havaitsimme, että silmän häiriöistä ja harjoittamisesta on tuotettu tutkimusnäyttöä paljon enemmän kuin vestibulaarisesta tai somatosensorisista järjestelmistä. Silmän tutkimiseen on kehitetty edistyksellistä teknologiaa, joka on mahdollistanut määrällisesti enemmän tutkimuksia, kun tietokonejärjestelmät pystyvät keräämään ja yhdistämään paljon dataa. Vestibulaarisen ja somatosensoristen järjestelmien osalta tutkimusmenetelmien selvittäminen tai kehittäminen voi olla myös projekti tulevaisuudessa. Havaintomotoristen häiriöiden esiintyvyydestä, merkittävydestä suorituskykyyn sekä harjoitettavuudesta saadaan monta hyvää kehitystyön aihetta.

12.5 Ammatillinen kehitys

Opinnäytetyöprosessi on ollut äärimmäisen mielenkiintoinen ja opettavainen, mutta samalla todella haastava. Opinnäytetyön aihe on lisännyt valtavasti ymmärrystämme aistijärjestelmien rakenteesta ja toiminnasta, aivojen tiedonkäsittelystä sekä havaintomotoriikan näyttöön perustuvasta harjoittamisesta. Prosessin myötä erityisesti tutkimus- ja tiedonhakuun sekä löydetyn materiaalin kriittiseen analysointiin ja referointiin liittyvät taitomme kehittyivät huomasti. Kykymme sisäistää englanninkielistä materiaalia parani myös merkittävästi. Työn edetessä ja vaativan aihekokonaisuuden selvittämisen yhteydessä olemme lisäksi oppineet riittävän aiheen rajauksen merkityksen.

Aihe antoi hienon mahdollisuuden hyödyntää alan ammattilaisten näkemyksiä ja olemme käyneetkin monia mielenkiintoisia keskusteluja alalla arvostettujen fysioterapeuttien sekä muiden liikunnan alan ammattilaisten kanssa havaintomotoriikan harjoittamiseen liittyen. Verkostoituminen alan huipputekijöiden kanssa sekä heidän konsultaationsa avarsivat näkemystämme aiheesta, mikä lisäsi motivaatiotamme paneutua vaikean aihealueen selvitystyöhön entisestään.

Parityöskentely on opettanut meille paljon keskinäisestä kommunikaatiosta, toistemme vahvuuksien hyödyntämisestä, molemmille sopivien työskentelymenetelmien, kuten vastualueiden sekä aikataulutuksen tärkeydestä. Myös kykymme työskennellä suunnitelmallisesti sekä joustavasti kehittyi valtaisesti, koska molemmat olimme töissä tai työharjoittelussa valtaosan viimeistä opiskeluvuotta. Aiemmin mainitun toisen opinnäytetyön tekijän laji- ja valmennuskokemus yhdistettynä toisen tekijän kokemattomuuteen lajista toi tuloksellista kontrastia työskentelydynamiikkaan, sillä molemmat tarkastelivat toisen työnjälkeä täysin eri perspektiivistä. Tämä auttoi meitä haastamaan sekä refleктоimaan toisiamme, jalostamaan työtä selkeämmäksi ja samalla tukemaan molempien oppimisprosessia.

13 POHDINTA

Aistijärjestelmien häiriöiden vaikutus urheilijan suoritukseen oli lähtökohta opinnäytetyöprosessille. Aiheen rajauksella kohdensimme kontekstin jääkiekkomaalivahteihin ja heidän toimintansa kannalta oleellisten havaintomotoristen häiriöiden harjoittamismahdollisuuksiin. Mielestämme onnistuimme rakentamaan laajan kokonaisuuden aistijärjestelmien toiminnasta, sensorisen integraation merkityksestä informaation käsittelyssä, päätöksenteon prosesseista sekä havaintomotoriikan harjoittamisesta. Isoimmaksi haasteeksi osoittautui tutkimusnäytön kerääminen häiriöistä sekä niiden harjoitettavuudesta. Pystyimme kuitenkin luomaan aineiston pohjalta monipuoliset harjoitteet, joilla voi olla vaikuttavuutta maalivahdin havaintomotoriseen kehitykseen.

Kiinnostus aiheeseen syntyi podcastien kautta, joissa käsiteltiin sensorisen informaation vaikutusta kipuun sekä urheilijan aistijärjestelmien tehokkuuteen. Aisti-informaation tehokas hyödyntäminen onkin urheilijalle lajissa menestymisen edellytys, sillä riittämätön tai vääristynyt aistitiedon prosessointi johtaa useimmin virheelliseen suoritukseen. Jos ympäristön tuottama sensorinen informaatio on poikkeavaa, aivot eivät pysty rakentamaan tilanteen vaatimaa vastetta.

Opinnäytetyön aihe on vasta nousmassa esiin fysioterapian kentällä, vaikka neurologinen fysioterapia on toiminut pitkään selkeänä suuntauksena alalla. Aihe on ollut äärimmäisen mielenkiintoinen, mutta huomasimme erityisesti lajispesifiä tutkimusnäyttöä löytyvän todella vähän. Työhömmme suoraan siirrettävissä olevaa urheilijoiden näkökykyyn liittyvää tutkimusnäyttöä löytyi selkeästi enemmän kuin vestibulaariseen tai somatosensoriseen järjestelmään. Kuitenkin löytyneen lähdemateriaalin saatavuus osoittautui haastavaksi, sillä suuri osa laadukkaista artikkeleista ja tutkimuksista olivat maksumuurin takana sekä merkittävä osuus työhön liittyvästä kirjallisuudesta ei ollut saatavissa Suomesta maksutta.

Suunnitelmassamme pystyimme osoittamaan työn merkittävyyden fysioterapiassa sekä luomaan luotettavaa yhteyttä havaintomotoriseen harjoitettavuuteen. Havaitimme kuitenkin aiheen olevan paljon luultua laajempi ja sisältävän paljon eri ominaisuuksiin keskittyviä alakäsitteitä, joita joutuimme rajaamaan työstämme todella paljon. Työstö- ja viimeistelyvaiheessa huomasimme työn kasvavan vielä merkittävästi ja yritimme tiivistää monimutkaisia asiakokonaisuuksia niin, ettei mitään oleellista kuitenkaan jää mainitsematta. Tämä osoittautui hyvin haastavaksi ja pyrimme selvittämään asiakokonaisuuksia kuvilla. Mielestämme saimme rakennettu kattavan kokonaisuuden vaikeasta aihealueesta.

Kehitystyön harjoitteet spesifioitiin jääkiekkomaalivahdin pelipaikan lajianalyysin pohjalta, mutta samat havaintomotoriset ominaisuudet ovat sovellettavissa eri urheilulajien harjoitteisiin. Aiheen kohderyhmä on urheilulajien mittakaavassa pieni, kun samat havaintomotoriset ominaisuudet ovat harjoitettavissa monessa muussakin urheilu- ja palloilulajissa. Erilaisten häiriöiden osalta on vielä haastavaa määrittää tarkasti mikä on harjoitettavissa tai mikä harjoitteen aikana kehittyi ja lievensi häiriön vaikuttavuutta urheilusuoritukseen. Kuitenkin voidaan olettaa, että neuroplastisuus mahdollistaa urheilijalle kyvyn harjoittaa aivoja tulkitsemaan aistikanavien viestejä tarkemmin.

Tämänhetkisen tutkimusnäytön perusteella totesimme kaikkien esiin nostettujen aistijärjestelmien sekä havaintomotoriikan olevan harjoitettavissa. Vielä on kuitenkin vaikea sanoa, että mihin järjestelmän rakenteelliseen osaan harjoitusvaste kohdistuu. Silmään liittyvä kirjallisuus antoi eniten viitteitä häiriöiden sijainnista sekä harjoitteiden

vaikutusmekanismeista, mutta esimerkiksi harjoittelun aiheuttamia vestibulaarielimen toimintaan kohdistuvia muutoksia emme löytäneet kirjallisuudesta. Aistijärjestelmien testaaminen ja harjoittaminen vaatii vielä paljon jatkotutkimusta, jotta pystytään havaitsemaan mikä tarkalleen ottaen kehittyy aistijärjestelmiin kohdistuvissa interventioidissa. Vaikka aihe vaatii lisää tutkimuksia, on maailmalla muodostettu jo käytännön konsepteja ja löydetty uusia keinoja ihmisen toimintakyvyn kehittämiseksi.

LÄHTEET

- Alatalo, M. (2018). Ihminen on ihanan monipuolinen otus. BoMentis Coaching House. <https://www.bomentis.fi/blogit/ihminen-ihanan-monipuolinen-otus/>
- Aman, J., Elangovan, N., Yeh, I.L. & Konczak, J. (2014). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01075>
- Angelaki, D. & Cullen, K. (2008). Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annual Reviews*. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.31.060407.125555>
- Ayres, A.J. (2008). Aistimusten aallokossa. Sensorisen integraation häiriö ja terapia. PS-Kustannus.
- Bauer, A., Dietz, K., Kolling, G., Hart, W. & Schiefer, U. (2001). The relevance of stereopsis for motorists: a pilot study. Springer. <https://doi.org/10.1007/s004170100273>
- Beaney, B. (22.9.2020). Is There a Need for Playbooks and Systems in Modern Hockey. International Ice Hockey Federation 2019 Symposium. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=x3B37V-X_Bo
- Beets, I.A., Rösler, F. & Fiehler, K. (2010). Nonvisual Motor Learning Improves Visual Motion Perception: Evidence from Violating the Two-Thirds Power Law. *Journal of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.00974.2009>
- Beck, S., Taube, W., Gruber, M., Amtage, F., Gollhofer, A. & Schubert, M. (2007). Task-specific changes in motor evoked potentials of lower limb muscles after different training interventions. *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.08.048>
- Berniker, M., Mirzaei, H. & Kording, K.P. (2014). The effects of training breadth on motor generalization. *Journal Of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.00615.2013>
- BioNinja. (n.d.). Sensorimotor Areas. <https://ib.bioninja.com.au/options/option-a-neurobiology-and/a2-the-human-brain/sensorimotor-areas.html>
- Blomkvist, A., Eika, F., Rahbek, M., Eikhof, K., Hansen, M., Søndergaard, M., Ryg, J., Andersen, S. & Jørgensen, M. (2017). Reference Data on Reaction Time and Aging Using the Nintendo Wii Balance Board: A Cross-Sectional Study of 354 Subjects From 20 to 99 Years of Age. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189598>
- Boden, L., Rosengren, K., Martin, D. & Boden, S. (2009). A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non-ball players. *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2008.06.009>

Braun, D., Aertsen, A., Wolpert, D. & Mehring, C. (2009). Motor Task Variation Induces Structural Learning. *Current Biology*.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.01.036>

Caccese, J., Eckner, J., Franco-MacKendrick, L., Hazzard, J., Ni, M., Broglio, S., McAllister, T., McCrea, M. & Buckley, T. (2020). Clinical Reaction-Time Performance Factors in Healthy Collegiate Athletes. *Journal Of Athletic Training*.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-164-19>

Corsi, J. (18.9.2018). Effect of the Modern Game to Goaltending. International Ice Hockey Federation 2018 International Coaching Symposium. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=ezJfBH2MCoU>

Doidge, N., 2018 Aivot ja paranemisen ihme. Viisas Elämä.

Dokka, K., DeAngelis, G. & Angelaki, D. (2015). Multisensory Integration of Visual and Vestibular Signals Improves Heading Discrimination in the Presence of a Moving Object. *The Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2267-15.2015>

Dokka, K., MacNeilage, P., DeAngelis, G. & Angelaki, D. (2013). Multisensory Self-Motion Compensation During Object Trajectory Judgments. *Oxford Academic*.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bht247>

Donath, L., Roth, R., Zahner, L. & Faude, O. (2016). Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0631-9>

Erickson, G. (2007). *Sports Vision. Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. Butterworth-Heinemann.

Erkkilä, H. & Lindberg, L.: Karsastus. Teoksessa: Saari, K. M. (toim.). (2011). *Silmätautioppi*. 6. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy.

Fajen, B., Parade, M. & Matthis, J. (2013). Humans perceive object motion in world coordinates during obstacle avoidance. *Journal of Vision*.
<https://doi.org/10.1167/13.8.255>

Gebel, A., Lesinski, M., Behm, D. & Granacher, U. (2018). Effects and Dose-Response Relationship of Balance Training on Balance Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0926-0>

Giboin, L.S., Gruber, M. & Kramer, A. (2015). Task-specificity of balance training. *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.012>

Giboin, L.S., Gruber, M. & Kramer, A. (2019). Six weeks of balance or power training induce no generalizable improvements in balance performance in healthy young adults. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*.
<https://doi.org/10.1186/s13102-019-0146-4>

Gjelsvik, B.E.B. & Line, S. (2016). The Bobath Concept in Adult Neurology. Second Edition. Thieme Medical Publishers Inc.

Gu, Y., DeAngelis, G. & Angelaki. (2007). A functional link between area MSTd and heading perception based on vestibular signals. Nature Neuroscience. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5154-11.2012>

Han, J., Ansons, J., Waddington, G., Adams, R. & Liu, Y. (2015). The Role of Ankle Proprioception for Balance Control in relation to Sports Performance and Injury. Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2015/842804>

Han, J., Waddington, G., Adams, R., Ansons, J. & Liu, Y. (2016). Assessing proprioception: A critical review of methods. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>

Han, J., Waddington, G., Anson, J. & Adams, R. (2013). Level of competitive success achieved by elite athletes and multi-joint proprioceptive ability. Journal of Science and Medicine in Sports. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.11.01>

Heleno, L., A da Silva, R., Shigaki, L., Araújo, C.G., Candido, C., Okazaki, V., Friseli, A. & Macedo, C. (2016). Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players: A blind randomized clinical trial. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.05.004>

Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. Springer. <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000>

Hyvärinen, L. & Laitinen, A: Näön ja silmien tutkiminen. Teoksessa: Mäki, P., Wikström, K., Hakulinen-Viitanen, T. & Laatikainen, T.(toim.). (2011). Terveystarkastukset lastenneuvolassa & kouluterveydenhuollossa. Juvenes Print Oy.

Jaakkola, T. (2000). Liikuntataitojen oppiminen ja taitoharjoittelu. PS-kustannus.

Jehkonen, M., Saunamäki, T. & Hokkanen, L. 2019. Kliininen neuropsykologia. Duodecim.

Johansson, R., Westling, G., Bäckström, A. & Flanagan, J.R. (2001). Eye–Hand Coordination in Object Manipulation. The Journal Of Neuroscience. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.21-17-06917.2001>

Kauranen, K. (2011). Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. Tammerprint Oy.

Kauranen, K. (2018). Fysioterapeutin käsikirja. Sanoma Pro Oy.

Ketcham, C., Dounskaia, N. & Stelmach, G. (2007). The Role of Vision in the Control of Continuous Multijoint Movements. Taylor & Francis Online. <https://doi.org/10.3200/JMBR.38.1.29-44>

Kilpivaara, P. (2011). Jääkiekon maalivahtipelin pelipaikka-analyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Valmentajaseminaari. Jyväskylän yliopisto. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/26796/VTE.A008%20Kilpivaara%20Petteri%20j%C3%A4%20kiekko.pdf;sequence=1>

- King, B., Pangelinan, M., Kagerer, F. & Clark, J. (2010). Improvements in proprioceptive functioning influence multisensory-motor integration in 7- to 13-year-old children. *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.07.056>
- Koho, V. & Luukkainen, S. (2012). Jääkiekon ytimessä. UNIPress.
- Kranowitz, C. S. (2015). Tahatonta tohellusta. Sensorisen integraation häiriö lapsen arkielämässä. 4. uudistettu painos. Bookwell Oy.
- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.S. & Gruber, M. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>
- Koljonen, T. (2019). Urheilijan näkö. Suomen Olympiakomitea. <https://www.olympiakomitea.fi/uploads/2019/02/f2794da0-koljonen-mista-kiikastaa.pdf>
- Laby, D., Kirschen, D. & Pantall, P. (2011). The visual function of olympic-level athletes-an initial report. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. https://journals.lww.com/claournal/Abstract/2011/05000/The_Visual_Function_of_Olympic_Level_Athletes_An.3.aspx
- Laby, D., Rosenbaum, A.L., Kirschen, D.G., Davidson, J., Rosenbaum, L., Strasser, C. & Mellman, M. (1996). The visual function of professional baseball players. *American Journal of Ophthalmology*. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(14\)72106-3](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(14)72106-3)
- Leppäluoto, J., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lauri, T. (2019). Anatomia ja fysiologia. Rakenteesta toimintaan. Sanoma Pro Oy.
- Lundy-Ekman, L. (2018). *Neuroscience. Fundamentals for Rehabilitation*. 5th Edition. Elsevier Science.
- Loran, D.F.C: An overview of sport and vision. Teoksessa: Loran, D.F.C. & MacEwen, C.J. (toim.). (1995). *Sports Vision*. Butterworth-Heinemann.
- Mazyn, L., Lenoir, M., Montagne, G., Delaey, C. & Savelsbergh, G. (2007). Stereo vision enhances the learning of a catching skill. Springer. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-0957-5>
- Mujunen, T. (2021). Neurofysiologia. Opetusmateriaali. <https://moodle.samk.fi>
- Murray, N., Hunfalvay, M. Roberts, C.M., Tyagi, A., Whittaker, J. & Noel, C. (2021). Oculomotor Training for Poor Saccades Improves Functional Vision Scores and Neurobehavioral Symptoms. *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2021.100126>
- Neggers, S. & Bekkering, H. (2000). Ocular Gaze is Anchored to the Target of an Ongoing Pointing Movement. *Journal Of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.2000.83.2.639>

Näykki, A. (22.9.2020). Effective Goaltending. International Ice Hockey Federation: 2019 International coaching symposium. Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=QhzYdC6_a78

Paavilainen, P. (2020). Toimivat aivot. Kognitiivisen neurotieteen perusta. 2. Uudistettu painos. Otavan Kirjapaino Oy.

Pajala, S., Sihvonen, S. & Era, P: Asennonhallinta ja havaintomotorinen kyvykkyys. Teoksessa: Heikkinen E., Rantanen T (toim). 2008. Gerontologia. Kustannus Oy Duodecim. Otavan kirjapaino Oy.

Panchuk, D. & Vickers, J.N. (2006). Gaze behaviors of goaltenders under spatial-temporal constraints. Science direct. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2006.07.001>

Peters, M.A. (2012). See to play: The eyes of elite athletes. Bascom Hill Publishing Group.

Ringhof, S., Zeeb, N., Altmann, S., Neumann, R., Woll, A. & Stein, T. (2018). Short-term slackline training improves task-specific but not general balance in female handball players. Taylor & Francis Online.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1534992>

Salonen, K. (2013). Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turun Ammattikorkeakoulu. <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>

Salonen, K., Eloranta, S., Hautala, T. & Kinos, S. (2017). Kehittämistoiminta ja kehittämisen menetelmiä ammatillisessa korkeakoulutuksessa. Turun Ammattikorkeakoulu. Suomen Yliopistopaino Oy. <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522166494.pdf>

Sandström, M. & Ahonen, J. (2016). Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. VK-Kustannus Oy.

Schedler, S., Kiss, R. & Muehlbauer, T. (2019). Age and sex differences in human balance performance from 6–18 years of age: A systematic review and meta-analysis. Plos One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214434>

Schedler, S., Tenelsen, F., Wich, L. & Muehlbauer, T. (2020). Effects of balance training on balance performance in youth: role of training difficulty. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00218-4>

Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (2011). Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis. Human Kinetics. 5th Edition.

Schwab, S. & Memmert, D. (2012). The Impact of a Sports Vision Training Program in Youth Field Hockey Players. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763307/>

Setälä, K., Ihanamäki, T. & Saari, K. M: Neuro-oftalmologia. Teoksessa: Saari, K. M.(toim.). 2011. Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy.

- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M.H. (2017). *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice*. 5th Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2014). MVPT-koulutusmateriaali. Pelitilaneliikkuminen. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2017a). Huippuvaiheen painopisteet. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2017b). Kansainvälisen maalivahtipelin painopisteet. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2017c). Painopisteet pohjoleiri maalivahteille. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2019a). Lapsivaiheen maalivahtipelin painopisteet. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2019b). Suomi-kiekko maalivahtipelin painopisteet. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- SJL. Suomen jääkiekkoliitto. (2020). Hyvästä huipuksi. Suomen jääkiekkoliiton koulutusmateriaali.
- Solomon, H., Zinn, W. & Vacroux, A. (1988). Dynamic Stereoacuity: A Test For Hitting A Baseball? <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3403900/>
- Study.com. (2022). The Peripheral Nervous System Lesson for Kids: Central and Peripheral Nervous System. <https://study.com/academy/lesson/the-peripheral-nervous-system-lesson-for-kids.html>
- Szabo, P., Neagu, N., Teodorescu, S., Painat, C. & Sopa, I. (2021). Study on the Influence of Proprioceptive Control versus Visual Control on Reaction Speed, Hand Coordination, and Lower Limb Balance in Young Students 14–15 Years Old. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910356>
- Valana, P. (2009). Professional positioning strategies. In goal magazine. <https://ingoalmag.com/technique/professional-positioning-strategies/>
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Vaeyens, R., Pion, J., Matthys, S., Lefevre, J., Philippaerts, R. & Lenoir, M. (2012). Relationship between sports participation and the level of motor coordination in childhood: a longitudinal approach. *Journal Of Science and Medicine in Sports*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.09.006>
- Vilka, H. & Airaksinen, T. (2003). *Toiminnallinen opinnäytetyö*. Kustannusyhtiö Tammi. Gummerus Kirjapaino Oy.
- Wilkinson, R. & Allison, S. (1989). Age and Simple Reaction Time: Decade Differences for 5,325 Subjects. *Journal of Gerontology*. <https://doi.org/10.1093/geronj/44.2.P29>

Williams, A. M., Davids, K. & Williams, J. (1999). *Visual Perception and Action in Sport*. Taylor & Francis Group.

Williamson, G. & Anzalone, M. (1996). *Sensory Integration: a key component of the evaluation and treatment of young children with severe difficulties in relating and communicating. Zero to Three*.

Winter, L., Huang, Q., Sertic, J. & Konczak, J. (2022). The Effectiveness of Proprioceptive Training for Improving Motor Performance and Motor Dysfunction: A Systematic Review. *Frontiers*. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.830166>

Wong, J., Wilson, E. & Gribble, P. (2011). Spatially selective enhancement of proprioceptive acuity following motor learning. *Journal of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.00949.2010>

Yack, E., Sutton, S. & Aquila, P. (2001). *Leikki linkkinä lapseen. Toimintaterapiaa sensorisen integraation keinoin*. PS-kustannus.

Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F. & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>

Zech, A., Meining, S., Hötting, K., Liebl, D., Mattes, K. & Hollander, K. (2018). Effects of barefoot and footwear conditions on learning of a dynamic balance task: a randomized controlled study. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3997-6>

Zwierko, T., Puchalska-Niedbal, L., Krzepota, J., Markiewicz, M., Wozniak, J. & Lubinski, W. (2015). The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes. *Sciendo*. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0131>