

**TENNIKSEN PELITILANNEHAVAINNOINTI SIMULOIDUSSA
LYÖNTITILANTEESSA**

Tuomas Mikkola

Liikuntapedagogiikan pro gradu –tutkielma

Kevät 2015

Liikuntakasvatuksen laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Tuomas Mikkola (2015). Tenniksen pelitilannehavainnointi simuloidussa lyöntitilanteessa. Liikuntakasvatuksen laitos, Jyväskylän yliopisto, liikuntapedagogiikan pro gradu -tutkielma, 71 s., 2 liitettä.

Urheilussa ja liikuntataitojen oppimisessa havaintokognitiivisilla taidoilla on ratkaiseva merkitys onnistuneen suorituksen kannalta. Moni laji edellyttää tehokasta ennakointitaitoa, jolla säästetään aikaa ja autetaan varsinaista päätöksentekoa vastustajan toiminnan ennakoimisena sekä oman suorituksen helpottamisena. Useassa tutkimuksessa on pystytty osoittamaan videoharjoittelun hyödyllisyys ennakointitaidon kehittämisessä, mutta tätä ei ole riittävästi hyödynnetty valmennuksen tukena. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää videoharjoittelun vaikutusta koehenkilöiden ennakointitaitojen kehittymiseen tenniksessä. Lisäksi tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen ohjaustavan tehokkuutta ennakointitaitojen kehittämisessä.

Tutkimukseen osallistui 35 fyysisesti aktiivista liikuntapedagogiikan opiskelijaa. Tutkimus toteutettiin heidän kuusi viikkoa kestävänsä syventävän palloilun kurssinsa aikana. Koehenkilöt jaettiin neljään ryhmään, joista kolme oli varsinaisia koeryhmiä ja yksi oli kontrolliryhmä, joka osallistui vain alku- ja loppumittauksiin. Koeryhmistä kaksi osallistui tenniskurssin kahden ensimmäisen viikon aikana 4 x 20 minuuttia kestävänsä ennakointitaitoja kehittävään videoharjoitteluun, jossa annettiin ohjeistusta joko ohjatun oivaltamisen tai suoraohjauksen periaatteilla. Tutkimusaineisto kerättiin ASL silmänliikekameralla ja Dartfish-ohjelmalla. Aineiston tilastollinen analysointi suoritettiin IBM SPSS 19.0 ohjelmalla.

Tutkimuksen tuloksissa etenkin videoharjoitteluun osallistuneiden ryhmien reaktioajat paranivat huomattavasti verrattuna muihin ryhmiin ja ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Silmänliikeaineiston analysoinnissa havaittiin videoharjoitteluryhmillä tilastollisesti merkitsevää parannusta fiksaatioiden määrässä alku- ja loppumittauksen välillä. Sen sijaan muiden muuttujien kohdalla ei havaittu tilastollisia merkitsevyyksiä vaikkakin muutokset mittausten välillä olivat merkittäviä niin keskiarvojen parantumisena kuin keskihajontojen pienentymisenä.

Tämän tutkimuksen johtopäätöksinä voidaan todeta, että videoharjoittelu vaikutti myönteisesti etenkin reaktioajan parantumiseen. Sitä voidaan pitää tärkeänä tekijänä, koska ajan ”säästö” ennakointitaidossa sekä päätöksenteossa lisää pelaajan mahdollisuutta ehtiä oikeaan paikkaan tekemään lajisuoritustaan. Tenniskurssi yksistään myös paransi reaktioaikaa, mutta erot videoharjoitteluryhmiin jäivät vielä isoiksi. Sen sijaan tällä tutkimuksella ei pystytty osoittamaan, että ohjaustavoilla olisi keskenään ollut vaikutusta reaktioajan tai muiden muuttujien kohdalla. Silmänliikeanalyysin kautta ei saatu eroja ryhmien välille, mutta tulokset rohkaisevat olettamaan, että ennakointitaitoa voidaan kehittää videoharjoittelulla sekä kohdennetulla ohjeistuksella. Tutkimus antoi kuitenkin viitteitä, että suoralla ohjeistuksella pystytään lyhyessä ajassa saavuttamaan parannusta ennakointitaidossa.

Avainsanat: tennis, havaintokognitiiviset taidot, silmä, ennakointitaito, päätöksenteko, eksperttisyys, videoharjoittelu, silmänliiketutkimus

ABSTRACT

Tuomas Mikkola (2015). Visual perception and anticipation in tennis. Department of Physical Education, University of Jyväskylä, Master's thesis, 71 pp., 2 appendices.

Sophisticated perceptual-cognitive skills have important role in sport and in learning new skills. Many sports itself demand efficient anticipation that offers usually more time for the decision making, in which the visual perception skills have the largest role. The purpose of this study was to clarify the effect of the video training in developing perceptual-cognitive and anticipation skills in tennis, and furthermore, to compare the effectiveness of two different instruction methods in developing anticipation skills.

A total of 35 PE students were recruited from their tennis course to participate in the experiment. All were physically active students with comparable levels of sporting experience. Participants were divided into four groups. Each group of participants completed the pre- and post-tests. Three of the groups took part in the tennis training and one maintained as control group. Two of the training groups also underwent 4 x 20 min of laboratory-based perceptual video training followed with explicit or guided discovery instruction and feedback to develop their anticipation skills. Eye movements were recorded with ASL Eyelink 5000SU system and with Dartfish Team Pro 4.5. The results were analysed using the t-test and a factorial analysis of variance (ANOVA) with the IBM SPSS 19.0 software.

Players who received perceptual training improved statistically significantly their performance on laboratory based reaction test compared with control group and other training group. Also the eye movement analyses showed statistically significant results for the video training groups in number of fixations and the mean number of fixation locations between the pre- and post-test. In addition, there were some positive changes in the mean averages and decrease of the standard deviations, but these did not reach the statistical significance.

As expected, the video training groups completed their reaction tests faster than other groups. This can be seen as important anticipation factor for the decision making which helps player to be in the right time in the right place for executing the technical response. The tennis training course itself can reduce the reaction time and the additional video training benefits even more. The eye movement analysis didn't show any significant results between the groups even though they encourage the use of video training and targeted instruction for developing anticipation skills. Research cannot show statistically significant results between the two instruction models but explicit model can offer better results in anticipation for the short term period.

Keywords: tennis, perceptual-cognitive skills, eye, anticipation, decision making, expert, video training, eye movement research

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	1
2 IHMISEN NÄKÖJÄRJESTELMÄ	4
2.1 Silmän rakenne hermojärjestelmän osana	5
2.2 Näkökenttä ja silmänliikkeet	7
2.3 Kuvan muodostuminen aivoissa.....	10
2.4 Silmän toiminta osana näkömotorisia taitoja	12
3 TARKKAAVAISUUS JA MUISTI.....	14
3.1 Valikoiva tarkkaavaisuus	14
3.2 Tarkkaavaisuus ja muisti	15
3.3 Tarkkaavaisuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	17
4 HAVAIN TOKOGNITIIVISET TAIDOT OSANA ENNAKOINTITAITOA JA PÄÄTÖKSENTEKOA URHEILUSSA	18
4.1 Havaintokognitiiviset taidot	18
4.2 Ennakointitaito ja päätöksenteko urheilussa	19
4.3 Ennakointitaidon kehittäminen tenniksessä	22
4.4 Ennakointitaidon kehittämistä tukevat ohjaustavat.....	26
4.5 Videosimulaatioharjoittelu	28
5 SILMÄLIIKETUTKIMUS	31
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	33
7 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT.....	34
7.1 Tutkimuksen koehenkilöt	34
7.2 Tutkimuksen kulku.....	35
7.3 Tutkimuksen mittaus- ja analysointimenetelmät.....	35
7.4 Silmänliikkeen analysointimenetelmän kehittäminen.....	38
7.5 Videoharjoittelu mittaus- ja harjoitustilanteissa.....	39
7.6 Koehenkilöiltä valitut tilanteet tutkimusta varten	41
7.7 Analysoitavat muuttujat ja analyysimenetelmät.....	42
7.8 Tutkimuksen luotettavuus	43

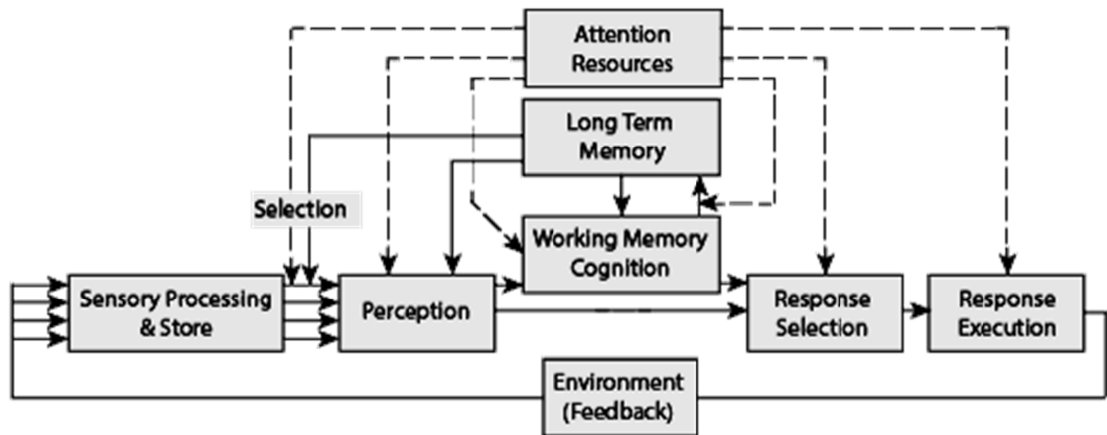
8 TULOKSET	46
8.1 Reaktioaika.....	46
8.2 Fiksaatioiden määrä.....	48
8.3 Fiksaatioiden kesto	48
8.4 Viimeisen fiksaation kesto ja paikka.....	49
8.5 Fiksaatioiden suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta.....	50
8.6 Tarkastelualueiden määrä.....	51
8.7 Tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen	52
9 POHDINTA	55
9.1 Keskeiset tulokset ja niiden pohdinta.....	56
9.1.1 Reaktioaika	56
9.1.2 Havainnointitaitojen kehittyminen	57
9.2 Tutkimukselliset johtopäätökset.....	59
9.3 Tutkimuksen rajoitukset ja puutteet	60
9.4 Tutkimuksen valmennuksellinen soveltaminen ja jatkotutkimusaiheet.....	60
9.5 Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen täydentyminen	62
LÄHTEET.....	64
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Urheilussa huippuosaaminen edellyttää kehittyneitä havaintokognitiivisia taitoja. Nämä taidot sisältävät kyvyn tunnistaa ja hyödyntää ympäristöstä saatavaa tietoa sekä liittää se aiemmin opittuun tietoon. Tämän kautta yksilö pystyy valitsemaan ja toteuttamaan sopivat reaktiot tai toimintatavat haluttuun asiaan. (Mann ym. 2007.) Havaintokognitiivisiin taitoihin kuuluu myös visuaalinen muisti (kyky erottaa ja muistaa näkemäänsä), visualisointi (kyky muodostaa sekä palauttaa kuvia mielessään) sekä kyky tunnistaa kohteita ja liikettä näkökentästä. Lisäksi urheilussa tarkkaavaisuuden täytyy vaihdella eri kohteiden välillä, pitää esimerkiksi keskittyä pelivälineeseen, joukkueovereihin sekä vastustajaan samalla kun taustalla vaikuttaa huomattava määrä erilaisia häiriötekijöitä. (Wilson & Falkel 2004.)

Ennakointitaito on strategia, jolla urheilija ennustaa tulevaa ja pyrkii esimerkiksi säästämään aikaa sekä tilaa omaa reagoitiansa varten (Abernethy & Wollstein 1998). Se on perustavanlaatuisen ominaisuus menestymiselle nopeissa pallopeleissä, kuten tennis. Ennakointitaito on kehittynyt kyky havaita sekä hyödyntää vastustajan kehon liikkeitä ja ratkaisuja ennen pallon osumakontaktia. (Smeeton ym. 2005.) Päätöksenteko on ennakointitaitoa seuraava prosessi eli tavallaan oma reagointi ja sen jälkeen tehtävä lyöntivaihtoehto vastustajan asettamaan ”haasteeseen”. Erityisesti eksperteillä se sisältää kehittyneen kyvyn havaita oleellista tietoa peliympäristöstä (”pelinlukutaito”), kyvyn tulkitä edellä hankittua tietoa harkiten ja sitten kyvyn valita tilanteeseen sopiva reagointimalli myös paineen alla (Baker ym. 2003b.)

Nopeaa päätöksentekoa vaativissa lajeissa erot huipulla voivat olla teknisesti pieniä, mutta ennakointitaidossa ja päätöksenteossa ne voivat olla voittamisen kannalta merkityksellisiä. Näiden taitojen kehittämisen tulisi olla lajitaitojen ohella osa valmennusprosessia sekä otteluun valmistautumista. Ennakointitaitoa voidaan varsin tehokkaasti kehittää muun muassa tehostetulla videoharjoittelulla. Samalla voidaan saavuttaa parannusta reaktioajassa ja –tarkkuudessa, mikä tavallaan luo lisää aikaa omalle motoriselle vastineelle. Aikaa ei ole urheilussa juuri koskaan tarpeeksi, ja tilaakin pitää etsiä jos liikutaan rajallisella alueella usean pelaajan keskellä.



KUVA 1: Ihmisen tiedonkäsittelyn malli (mukaiillen Wickens 1992)

Ihmisen aivot ovat kuin tietokoneen prosessori, jolle määritellään kolme tärkeää tehtävää: aistitodellisuuden luominen, tiedon organisointi sekä käyttäytymisen luominen (Kolb & Whishaw 2006, 37). Tähän nerokkaaseen ajatukseen tiivistyy myös tämän gradun tutkimuksellinen viitekehys, joka nojautuu niin oppimiseen kuin urheiluunkin hyvin soveltuvaan Wickensin (1992) ihmisen tiedonkäsittelyn malliin (kuva 1). Mallissa ympäristöstä kerätään peli- tai oppimistilanteessa mahdollisimman paljon ja tehokkaasti informaatiota eri aistein tarkkaavaisuuden sekä muistin osien avustuksella. Aivot ja erityisesti muisti ovat tärkeä osa prosessointia, jonka takia havainnointi pyrkiikin suuntautumaan jo alussa oman toiminnan kannalta tärkeisiin kohteisiin pyrkien ennakoimaan mahdollisimman nopeasti ja tarkasti vastustajan toimintaa. Tämän jälkeen tehdään päätös siitä, miten ja mihin vastustaja todennäköisesti sijoittaa pelivälineen, ja miten itse reagoidaan siihen (valinta). Aivot antavat motorisen toimintakäskyn lihaksille, jolloin keho liikkuu sekä toimii ennalta harjoitellun mallin tai tavan mukaisesti. Urheilussa suorituksen lopuksi saadaan yleensä välitön palaute, joka tallentuu muistiin tulevia tilanteita varten. Tätä sykliä toistetaan lajista riippumatta useita kertoja ottelun tai harjoitustilanteen aikana. Urheilu on varsin vaaraton toimintakenttä päätöksenteon kannalta verrattuna esimerkiksi matkustajalentokoneen pilottiin tai formulakuskiin, joiden huonot päätökset voivat pahimmillaan maksaa usean ihmisen hengen.

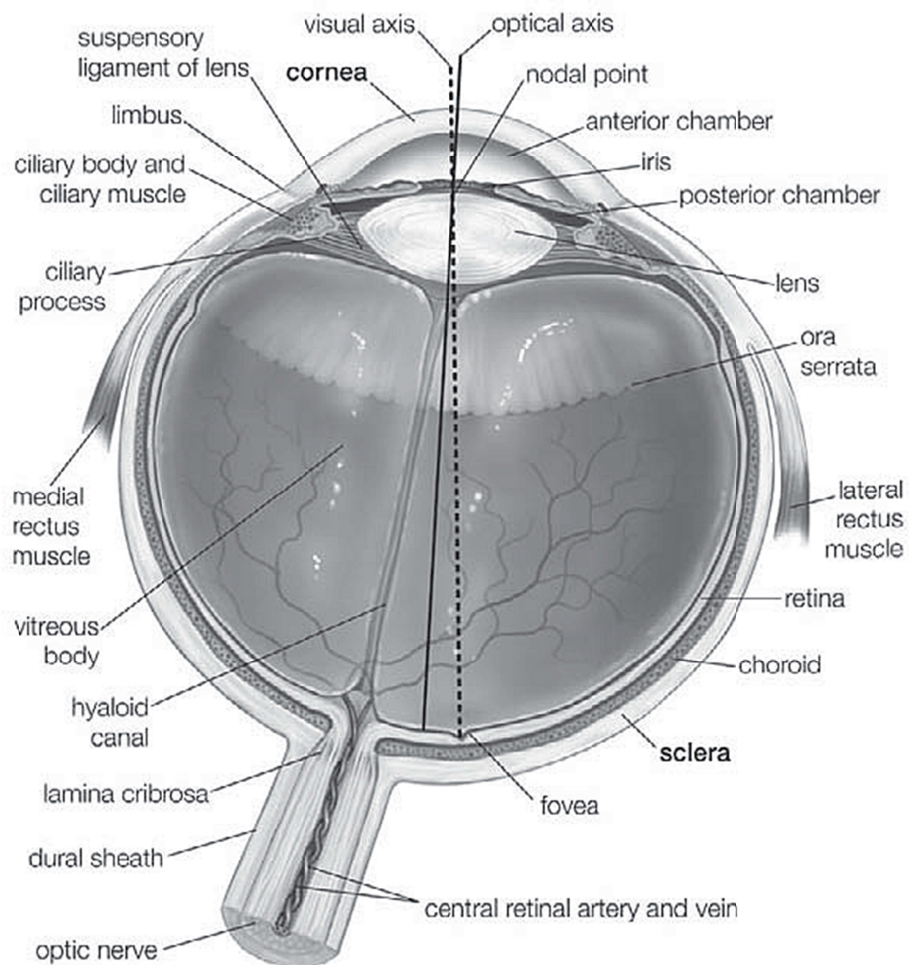
Ennakointitaito sekä päätöksenteko kaipaavat ilmiönä parempaa huomioimista urheilussa. Lajitaitojen harjoittelu on tärkeää, mutta niiden rinnalla voisi selkeämmin painottaa havaintokognitiivisia ominaisuuksia, kuten eri aistien merkitystä niin itse motoristen taitojen oppimiselle kuin myös ennakointitaidon kehittämiseksi. Esimerkiksi videoharjoit-

telua tulisi kehittää monessa urheilulajissa Suomessa, painottuen taitojen oppimisen alkuvaiheeseen. Tämä alue kaipaa lisätutkimusta ja olisi hyvä ymmärtää tarkemmin näiden ilmiöiden teoreettista taustaa sekä yhteyksiä. Toinen pohdittava seikka olisi varsinaisen videoharjoittelun sisältö ja tekninen toteutus, joihin voidaan saada vastauksia tutkimalla niiden käytettävyyttä sekä toimivuutta kussakin lajissa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkemmin selvittää videoharjoittelun vaikutusta koehenkilöiden ennakointitaitojen kehittymiseen tenniksessä. Lisäksi tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen ohjaustavan tehokkuutta ennakointitaitojen kehittämisessä. Tavoitteena oli myös kehittää menetelmää, jolla tätä muutosta voitaisiin mitata järkevästi ja helpokosti. Tämän tukena Wickensin malli antaa hyvän pohjan laajentaa sekä tutkia teoreettista pohjaa ennen kaikkea nopeassa pallopelissä, kuten tennis.

2.1 Silmän rakenne hermojärjestelmän osana

Ihmisen silmät näkevät ympäristöstään sananmukaisesti valoa, joka kulkee silmän osien läpi, joilla kullakin on tärkeä merkitys. Yksittäinen silmä muodostuu silmämunasta, jonka uloimpana (kuva 3) osana on valkoinen kovakalvo (engl. sclera), josta erottuu silmän etuosassa kirkas sarveiskalvo (engl. cornea). Silmän lihakset (kuusi kappaletta) ovat kiinnittyneet kovakalvoon sekä silmäkuopan sisäpintaan, ja niiden avulla silmä liikkuu kaikkiin suuntiin. Valo kulkee sarveiskalvon läpi, joka on pääasiainen valoa taittava osa silmässä ja samalla tuntoherkin osa silmää. Valon pääsyä silmän sisälle ”kontrolloi” värikalvo (engl. iris), jossa oleva väripigmentti määrää silmän värin. Värikalvon keskellä oleva tumma reikä on pupilli (engl. pupil), jonka läpi valo kulkee mykiöön (engl. lens), joka taas taittaa valon mahdollisimman tarkasti linssin tavoin verkkokalvolle (engl. retina). (Kolb & Whishaw 2006.)



KUVA 3. Silmän rakenne (The Eye 2011).

Mykiön (vertaa linssi) paksuus ja kaarevuus vaikuttavat sen valontaitto-kykyyn eli näön-tarkkuuteen, jota säätelevät erittäin pienet ciliaarilihakset. Tämä on tahdosta riippumaton prosessi, jota kutsutaan akkomodaatioksi (Kahle & Frotscher 2003). Tämä kyky on ihmisen näön erottelukyvyn kannalta keskeinen tekijä, jonka puutteita voidaan rajallisesti korjata silmälaseilla (Kolb & Wishaw 2006). Osaksi tämän takia näkökykyä tulisi tarkistaa säännöllisesti ja etenkin urheilussa sen heikkoudesta on suuresti haittaa, koska se on oleellinen tekijä muun muassa riittävän tarkalle ja luotettavalla ennakoititaidolle (Knudson & Kluka 1997; Griffiths 2007).

Verkkokalvon pinnalla on paljon kahdenlaisia valoherkkiä aistinsoluja, jotka on nimetty muotonsa vuoksi sauvoiksi (engl. rods) ja tapeiksi (engl. cones). Sauvasoluja arvioidaan olevan yhteensä noin 120 miljoonaa ja tappisoluja noin 7 miljoonaa kappaletta. Tappeja on erityisen paljon pinta-alaltaan pienen silmän keskikuopan eli fovean alueella, mutta vain noin yksi prosentti kaikista tappisoluista. Fovean aluetta kutsutaan myös tarkan näön alueeksi. (The Eye 2010.) Keskikuopan fovean alue kuuluu isompaan tarkan näön alueeseen, jota kutsutaan keltaiseksi pisteeksi (engl. macula fovea), jonka keskellä kaikkein tarkimman näön alue sijaitsee (engl. central fovea). (Kahle & Frotscher 2003). Sen ympäriltä on erotettavissa alueita, joissa tappien määrä vähenee merkittävästi, ja jotka silti tarjoavat perifeeristä näköä tarkemman näkökyvyn. Heti fovean ympärillä on noin 1250 mikrometrin päähän ulottuva parafovean alue sekä noin 2750 mikrometrin päähän ulottuva perifovean alue (The Eye 2010). Näiden takia tarkan näön alue on rajoittunut näkökentässä kahden ja kolmeen asteen alueelle (Vickers 2007).

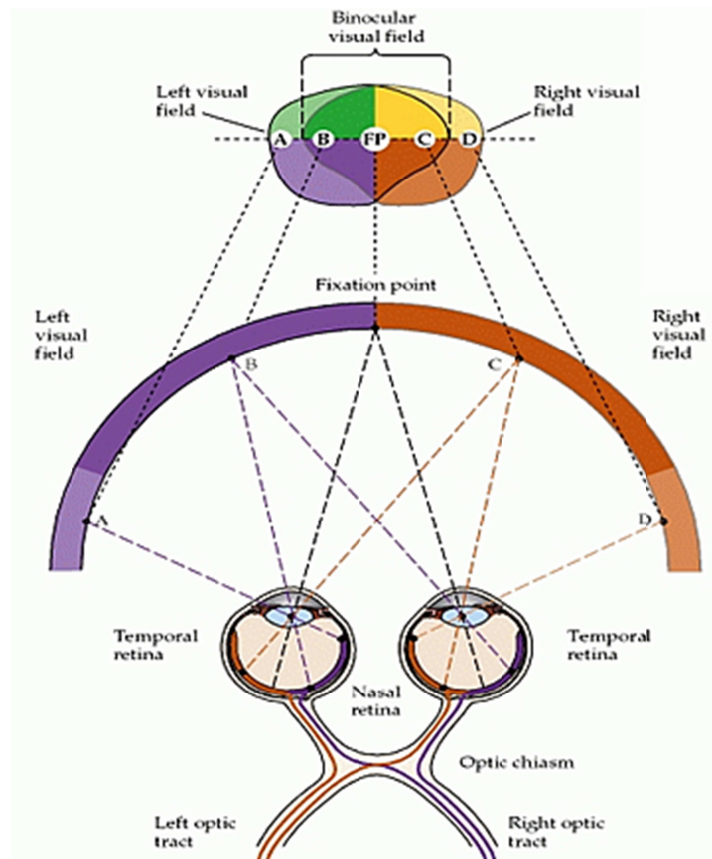
Silmän takaosassa verkkokalvolla on myös niin kutsuttu sokea täplä tai näköhermon nysty (engl. blind spot, optic disk). Tämän alueen kohdalla ei ole aistinsoluja vaan sen kautta kulkevat niin silmän verisuonet kuin aivoihin menevä verkkokalvon hermosoluista (ts. neuroneista) muodostunut näköhermo. (Kolb & Wishaw 2006.)

Verkkokalvolta valo kulkee ennen sauva- tai tappisoluja läpi hermosoluverkoston, jossa sijaitsee bipolaarisia sekä gangliohermosoluja. Näistä muodostuu varsinainen aivoihin näköhermon nystyn kautta menevä näköhermo. Perifeerisen näön alueella olevat sauvasolut ovat kiinnittyneet ryppäinä hermosoluihin ja ovat tämän takia toiminnallisesti herkempiä valon suhteen. Sen sijaan fovean alueella oleva yksittäinen tappisolu kytkeytyykin kukin omaan gangliosoluunsa mahdollistaen niin sanotusti oman ”yksityisen linjansa” aivoihin, mikä osaltaan mahdollistaa tarkan erottelukyvyn. Yhdessä nämä solut

muuntavat valonsäteet hermon aktiopotentiaaliksi samalla erotellen valon eri aallonpituuksia (värien erottelu) sekä valon intensiteetin (kontrastierot) kuvasta mahdollisimman tarkasti siirtäen varsinaisen informaationkäsittelyn näköaivokuorelle aivojen takaosaan. (Goldstein 2010.)

2.2 Näkökenttä ja silmänliikkeet

Toiminnallisesti silmät kattavat horisontaalisesti näkökentän (kuva 4), jonka koko on noin 208 astetta. Vertikaalisesti silmien näkökenttä on noin 120 astetta. (Wade & Swanston 1991.) Kahden silmän yhdessä muodostama näkökenttä koostuu oikeasta ja vasemmasta näkökentästä. Keskellä nämä alueet ja samalla silmät risteävät muodostaen stereonäköalueen, jonka keskellä sijaitsee tarkan näön alue eli fiksaatiopiste. Tarkan näön alue muodostaa lähteestä riippuen 0,5-3 asteen alueen näkökentässä (Leigh & Zee 1999, 0,5-2 astetta; Vickers 2007, 2-3 astetta), joka on karkeasti noin peukalonpään kokoinen alue käsi suoristettuna eteenpäin (Vickers 2007).



KUVA 4. Silmien näkökenttien osat (Neuroscience 2001).

Koska vain pieni osa silmän takaosan pinta-alasta on erikoistunut tarkkaan erotteluun, silmien on liikuttava hyvin monipuolisesti. Silmänliikkeet voidaan toiminnallisesti jakaa karkeasti kahteen pääkategoriaan. Katsetta stabilisoivissa liikkeissä silmä tai silmät pidetään paikoillaan näkökentässä ja haluttu kuva tuodaan retinan kohdalle. Tällaisia ovat esimerkiksi fiksaatio ja hidas seurantaliike. Toisen toiminnallisen ominaisuuden muodostavat katsetta vaihtavat silmänliikkeet, joissa silmä tai silmät liikkuvat näkökentässä ja tuovat kohteita tarkan näön alueelle, kuten esimerkiksi sakkadit sekä vergenssit. (Leigh & Zee 1999.)

Aivojen muodostaessa yleiskuvaa näkökentässä olevasta ympäristöstä silmät erottelevat aluksi karkeat muodot ja kontrastierot perifeerisen näön avulla. Vähitellen kuvan yksityiskohdat tarkentuvat fiksaatioiden sekä sitä mahdollistavien nopeiden silmänliikkeiden, sakkadien kautta tallentuen sensoriseen muistiin sekä työmuistiin. Yksittäisen fiksaation kesto voi vaihdella huomattavastikin katselutehtävän tai -tavoitteen mukaan. Yleisesti tietoisuuden ylittävä fiksaatio kestää yli 100 ms. Ajallisesti tämäntyyliset fiksaatiot käsittävät noin 80% kuvamuodostukseen käytettävästä ajasta ja loput ovat nopeita sakkadeja. (Manor & Gordon 2003.) Yksittäinen silmäkin pystyy itsessään keräämään ympäristöstään informaatiota hyvin monipuolisesti, mutta mahdollisimman tarkan informaation saavuttaakseen molemmat silmät täytyy kohdistaa siten, että kohde on riittävän kauan tarkan näön alueella, jossa varsinainen fiksaatiopiste sijaitsee. Fiksaation aikana tapahtuu ainakin kolme toiminnallista prosessia: kuvainformaatio koodataan, perifeerisestä näkökentästä etsitään täydentävää informaatiota ja mahdollisesti seuraavia fiksaatioiden kohteita suunnitellaan sekä valmistellaan. (Viviani 1990.)

Sakkadien avulla katse pystytään nopeasti kääntämään kohteesta toiseen ja samalla keräämään vähitellen informaatiota ympäristöstä. Sakkadit ovat nopeimpia silmänliikkeitä, jotka sisältävät vapaaehtoisia ja tahdosta riippumattomia (fiksaatiorefleksi) fiksaatioiden muutoksia. (Leigh & Zee 1999). Esimerkiksi kun valoa ilmestyy yhtäkkiä perifeerisen näön alueelle, silmät kääntyvät nopeasti tätä kohti. Sakkadeja ilmenee pelkkinä silmien liikkeinä, mutta useammin yhdistettyinä päänliikkeisiin. Sakkadien tehtävä on asettaa fovea ympäristöstä muodostuvan kuvan tärkeimpiin kohteisiin fiksaatioita varten. Latenssiaika eli reaktioaika kohteen havaitsemisesta silmien liikkumiseen kestää yleensä 200 millisekuntia (ms). Sakkadien kesto ja nopeus vaihtelevat siten, että esimerkiksi mikrosakkadeissa silmä liikkuu vain asteen kymmenesosa tai maksimissaan

kymmenen astetta sekunnissa (ast/sek) ja kestäen noin 20 ms. Isoimmissa sakkadeissa, päänliike pois lukien, silmät voivat liikkua jopa 100 astetta, saavuttaen 500-700 ast/sek nopeuden ja kestäen yleensä 10-80 ms ja joskus jopa 300 ms. (The Eye 2011.)

Hidas seurantaliike on tärkeä toiminto seuratessa tarkasti suhteellisen hitaasti näkökentässä liikkuvaa kohdetta, pitäen kuva kokoajan retinan kohdalla. Tämä ominaisuus on mahdollista vain rajatulla alueella sekä rajatulla nopeudella liikkuville kohteille (5-30 ast/sek), jolloin myös latenssiaika on varsin pieni 70-120 ms. Tällä tavalla kohdetta pystytään seuraamaan hyvinkin kauan ja yhdessä päänliikkeiden kanssa isollakin alueella. On pystytty osoittamaan, että hidas seurantaliike on yhteydessä ihmisen kinesteettiseen aistiin, jonka takia ihminen pystyy seuraamaan omia käsiään jopa pimeässä. (Leigh & Zee 1999.) Esimerkiksi baseballissa pallon nopea liike aiheuttaa haasteita näköjärjestelmälle, koska huippusyöttäjän pallo voi saavuttaa heitossa jopa 11500 ast/sek kulmanopeuden, joka vastaa noin 150 km/h nopeutta (Chase 2006).

Vergenssit ovat erityisen tärkeitä syvyyserottelussa ja kohteen liikesuunnan tunnistamisessa, eli meneekö kohde pois päin vai lähestyykö se. Syvyyserottelussa tarvittavissa vergenseissä molemmat silmät kääntyvät eri suuntiin ja samalla molempien silmien fovean alueet ovat kohdistuneena samaan kohteeseen. Sen sijaan konvergensseissä silmät liikkuvat samaan suuntaan esimerkiksi seuratessa näkökentässä liikkuvaa kohdetta. Tätä ominaisuutta voidaan testata esimerkiksi peittämällä toinen silmä ja katsomalla sivulle, jolloin myös toinen silmä on automaattisesti kääntynyt samaan suuntaan. Yleensä vergenssit toimivat yhdessä sakkadien kanssa, jolloin konvergenssien avulla pystytään tarkasti havaitsemaan kohteen horisontaalinen ja vertikaalinen liike sekä vergenssien avulla sen etäisyys. Häiriöt syvyyssnäössä voivat lisätä näkömotorisia häiriöitä sekä heikentää näkökykyä. (Leigh & Zee 1999.)

Vestibulaarisia silmänliikkeitä tarvitaan erityisesti silloin, kun pää liikkuu mutta silmät ovat fiksoituneena kohteeseen. Kyseessä on monimutkainen systeemi, jota tarvitaan korostuneesti liikkumisen aikana. Siihen osallistuvat niin pään kuin silmienkin lihakset, jotka karkeasti liikkuvat yhtäaikaaisesti vastakkaisiin suuntiin. (Leigh & Zee 1999.)

Silmänliikkeisiin kuuluvat myös silmäluomien räpsyminen, joka on osaksi tahdosta riippumaton ja refleksinomainen tapahtuma. Näiden kuten myös sakkadien aikana ihminen ei pysty näkemään ollenkaan. (The Eye 2011). Tämän takia silmät olisi hyvä pi-

tää auki ennakkoinnin ja päätöksenteon kannalta ratkaisevilla hetkillä, mikä on osaltaan tahdonalainen ja opittavissa oleva asia.

Leigh ja Zee (1999) mukaan ihmisen silmänliikkeitä ohjaava järjestelmä on hyvin kehittynyt ja senkin takia on olemassa monta erilaista silmänliiketapaa (taulukko 1) riippuen niiden käyttötarkoituksesta ihmisen toiminnassa.

TAULUKKO 1. Silmänliikkeinen toiminnallinen jako (mukaiillen Leigh 1999)

Liiketapa	Päätoiminto
Vestibulaarinen liike (engl. vestibular movement)	Pitää kuvan paikallaan verkkokalvolla lyhyiden päänliikkeiden aikana.
Visuaalinen fiksaatio/fiksaatio (visual fixation)	Pitää katseen kohdistettuna yhdessä kohteessa fovean alueella mahdollistaen tarkan erottelukyvyn.
Optokineettinen liike (optokinetics movement)	Pitää kuvan paikallaan verkkokalvolla pitkien päänliikkeiden aikana.
Hidas seurantaliike (smooth pursuit/following)	Pitää hitaasti liikkuvan kohteen kuvan fovean alueella ja toimii yhdessä optokineettisten liikkeiden kanssa pään liikkeessa.
Sakkadit	Nopeita silmänliikkeitä kohteiden välillä tuoden kuvia fovean alueelle.
Vergence	Silmien yhtäaikaista liikkeitä vastakkaisiin suuntiin (sisään tai ulos), jolloin yksittäisen kohteen kuva asetetaan tai pidetään molempien silmien fovean alueilla. Nämä ovat tärkeitä muuan muassa syvyiserottelussa.
Nygtamus	Kyky "nollata" silmien liike pään kiertymisen aikana ja kohdistaa katse uudestaan, jota tarvitaan esimerkiksi piruettia tehdessä.

2.3 Kuvan muodostuminen aivoissa

Kuva heijastuu silmän takaosaan kameran lailla ylösalaisin. Tämä ei sinällään aiheuta ongelmia aivoille kuvan prosessoinnin suhteen, koska kuva luodaan ja korjataan riippumatta silmien asennosta, mihin aivot ovat adaptoituneet. (Kolb & Whishaw 2006.)

Verkkokalvolta näköinformaatio välittyy aivoihin näköhermon (engl. optic nerve) välityksellä. Silmien takana oikeasta ja vasemmasta silmästä tulevat näköhermot risteävät ja osa hermopäätteistä siirtyy vastakkaiselle puolelle jatkaen aivojen keskitakaosassa si-

jaitsevaan näköaivokuoreen. (Vickers 2007.) Näköinformaation käsittely on jakautunut ihmisen aivokuoreessa lukuisille erillisille toiminnallisille alueille, jotka kattavat jopa kolmanneksen aivokuoresta. Näköaivokuoret voidaan ryhmitellä ventraaliseen (vatsanpuoleinen) objektintunnistusrataan ja dorsaaliseen (selänpuoleinen) tilan hahmottamisen sekä huomion ja liikkeiden ohjauksen rataan (Vanni 2004.)

Silmästä aivoihin siirtyvä informaatio on erittäin kehittyntä ja hyvin pakattua. Tuossa informaatiossa on sisällytettynä kaksi paikkaulottuvuutta (muun muassa reunojen ja pinnanmuotojen poikkeavuudet sekä reunojen suunta), aika, liikesuunta, liikenopeus, silmäisyys sekä valon aallonpituus. (Vanni 2008.)

Näköinformaatiota prosessoidaan aivoissa niin hierarkkisesti kuin rinnakkaisesti. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi hierarkkisesti monimutkaisempaa informaatiota käsitellään korkeammilla näköalueilla aivoissa, jolle on varattu suurempi ala vastaanottavia neuroneja. Vastaavasti rinnakkain tapahtuvalla käsittelyllä tarkoitetaan esimerkiksi muotojen, liikkeen tai värien samanaikaista käsittelyä eri kerroksissa näköaivokuorella. (Vanni 2008.)

Näköjärjestelmään saapuu valtavasti informaatiota ja siitä selviämiseen vaaditaan monimutkainen toimintaperiaate, joka tekee biologisesta näöstä varsin tehokkaan. (1) Kustakin näköärsykkeestä vain osa saavuttaa korkeammat aivokuorialueet, jotka ovat edellytyksenä tunnistukselle sekä tietoisuudelle. Tähän liittyy osaksi niin sanottu muutossokeus, jossa ihminen ei välttämättä havaitse muutosta kuvassa välähdyksen jälkeen. (2) Aivokuori pyrkii etsimään kuvasta säännönmukaisuuksia ja siten vähentämään paikallista aktiivisuutta käsittelylle ennustamisen kautta. (3) Näköinformaatiota käsitellään rinnakkain useilla erillisillä aivokuorialueilla. Kaikkiaan aivokuorialueita tulkitaan olevan 30 kappaletta, joiden mahdollinen aktivoituminen riippuu näköärsykkeen sisällöstä sekä tehtävästä. Monipuolisimmin aivoja aktivoivat erityisesti tehtävään painottuvat katselutilanteet. (4) Tieto hajautetaan isolle joukolle soluja kunkin toiminnalliseen alueen sisällä, joista esimerkkinä ihmisen esineentunnistamisen piirrekirjaston jakautuminen laajalle alueelle ”kartaksi”. (5) Aivokuorella on kyky mukautua (vrt. neuroplastiisuus) eli uusien asioiden myötä ihminen oppii myös näkemään sekä erottamaan niitä tehokkaammin, ja aivoissa on ”herkkiä” alueita muun muassa luetuille sanoille ja niiden tunnistamiselle. (Vanni 2008.)

Näköinformaatiota käsitellään aivokuorilla dorsaalisen ja ventraalisen näköradan suunnissa. Informaatio sisältää tietoa kuvan eri ominaisuuksia, jota muunnetaan eri tavoin eri tarkoituksen mukaan kullekin näköradalle. Milner ja Goodale (1992) esittelevät oman teoriansa eri näköratojen ominaisuuksista sekä niiden työnjaosta näköinformaation käsittelyssä. Tässä teoriassa ventraalinen rata on erikoistunut havaintojen tekemiseen ja tunnistamiseen (”what”: mitä) muistin kanssa, kun taas dorsaalinen rata on keskittynyt toimintaan (”how”: miten). (Milner & Goodale 1992.) Myöhemmin he täydensivät teoriaansa ja määrittelivät näköradat enemmän toimintaa kuvaavin termein: ”vision for perception” eli havaintoihin perustuva näkö (vertaa ”what”) ja ”vision for action” eli liikkeisiin perustuva näkö, jota käytetään muun muassa liikkeen ohjauksessa sekä hetkellisesti liikkeiden korjaamisessa. Dorsaalisen radan tiedetään osallistuvan vahvasti myös liikkeiden suunnitteluun, joka ei ole kuitenkaan tietoisien toiminnan saavutettavissa. Näköaivokuoret toimivat myös visuaalisen muistin alueina, mutta informaatiota tallennetaan muillekin alueille aivoissa. (Goodale & Milner 2008.)

2.4 Silmän toiminta osana näkömotorisia taitoja

Silmästä on erotettavissa ainakin kaksi tapaa toimia, jotka molemmat ovat tärkeitä erityisesti urheilussa. Näkökyky sisältää havaintokognitiivisia ja näkömotorisia taitoja ja ominaisuuksia. Näkömotoriset taidot ovat huippuosaamisen kannalta tärkeitä ja niitä ovat esimerkiksi kyky siirtää katsetta nopeasti ja tehokkaasti pelin aikana. Tällaisia silmän perusominaisuuksia voisivat yksinkertaisimmallaan olla silmien kyky liikkua yhtä aikaa (engl. vergence), kyky tarkentaa (engl. focus) sekä kyky seurata kohdetta (engl. track), joita kaikkia voi harjoituttaa ja myös oppia. Lisäksi pelivälineen seuraamisessa syvyyserotelu on tärkeä ominaisuus, jossa silmien täytyy kohdistua ristiin (engl. convergence) pallon lähestyessä pelaaja tai erota (engl. divergence) kohteen liikuessa pois päin pelaajasta. Lisäksi molempien silmien täytyy tarkentaa kohde tasapuolisesti, jotta kuva on riittävän tarkka. Tämän avulla ympäristöstä pystytään löytämään haluttu kohde ja seuraamaan sitä sujuvasti, mitä erilaiset silmäliikkeet tukevat. (Wilson & Falkel 2004.)

Fovean eli tarkan näön alueelta välitetään enemmän tietoa kuin näkökentän ääreisosista. Tämä alue toimii tehokkaasti esineiden tunnistamisessa, kun taas ääreisnäkö on tärkeä omien liikkeiden ohjaamisessa, tilan hahmottamisessa sekä huomion siirtämisessä pai-

kasta toiseen. (Vanni 2008.) Urheilussa fovean aluetta käytetään fiksaatioissa ja muussa tarkkaa vaativassa toiminnassa, kun taas perifeeristä näköä käytetään esimerkiksi toisten urheilijoiden paikantamiseen ja liikkeen seurantaan täydentävänä informaationa päätöksentekoa varten. (Williams & Ward 2007; Schorer ym. 2013). Urheilussa on tärkeää pystyä valikoiden erottamaan asioita ympäristöstä, kohdistamaan katse haluttuun suuntaan tai kohteeseen sekä pystyttävä seuraamaan kohdetta tarkasti. Tätä ilmiötä kutsutaan tarkkaavaisuudeksi, joka on tärkeä osa ennakoitaitoa sekä oppimista.

3 TARKKAAVAISUUS JA MUISTI

Jo yksinkertaisimmatkin eliöt joutuvat oman aistikapasiteettinsa mukaisesti valikoimaan ympäristöstään kohteita, jotka ovat sen hetkisen toiminnan kannalta tärkeitä tai tarpeellisia. Aistikapasiteetin kasvun myötä vaikeutuvat myös tiedon sekä käyttäytymisen valikointi. Esimerkiksi ihminen joutuu rakentamaan kuvan ympäröivästä todellisuudestaan hyvin suuresta määrästä aisti-informaatiota, josta suuri osa on valikoitu. Tämän prosessin mahdollistaa ihmisen suuri aivokapasiteetti sekä monipuolinen aistitiedon käsitteilyyn kehittynyt järjestelmä. Tarkkaavaisuus on yksi osa valikoivaa tietoisuutta sekä ärsykkeeseen reagoivaa toimintaa ihmisellä. Tarkkaavaisuus on kytköksissä moniin aivo-toimintoihin kuten aisteihin, motorisiin ohjelmiin ja muistiin. (Kolb & Whishaw 2006.)

3.1 Valikoiva tarkkaavaisuus

Ihmisellä on rajallinen kyky käsitellä useista samanaikaisista kohteista tulevaa tietoa, josta vain pieni osa pystytään valikoimaan yksityiskohtaisempaan tarkkailuun. Ihminen voi esimerkiksi tarkkailla valikoivasti aistiärsyksen paikkaa ympäristöstään kuulo- tai näköhavaintojen kautta, tai kohteen ominaisuuksia ja piirteitä keskittyen vain tiettyihin, ulkomuodoltaan erilaisiin kohteisiin. Tarkkaavaisuus voi olla joko yhteen asiaan keskittyvää tai jaettua, jossa tarkkaavaisuus siirtyilee nopeasti tehtävästä tai asiasta toiseen. Lisäksi on havaittu, että tarkkaavaisuus vaikuttaa itse havaintotoimintoihinkin, jolloin tarkkailun kohteena oleva asia nähdään selkeämmin ja yksityiskohtaisemmin kuin se, mitä ei tarkkailla. (Koivisto 2006a.)

Tarkkaavaisuus tarkoittaa lyhyesti kykyä valita tietty kohde lähemmän huomionkohdeksi ja jättää muut kohteet huomioimatta, jolloin kyseessä on valikoivaa tarkkaavaisuutta, jonka kautta kohteet tulevat tietoisuuden ulottuville. Tietoisuus on tarkkaavaisuudesta seuraava kognitiivinen prosessi. Muutosokeus on tarkkaavaisuuden sukulaisilmiö, jossa katsojan kannalta mielenkiintoisimmilla alueilla tapahtuvat muutokset havaitaan nopeasti ja helposti, muiden jäädessä vähemmälle huomiolle. Tämän takia muutoksen havaitseminen riippuu suuresti juuri tarkkaavaisuudesta. Ilmiötä voidaan lievittää tai jopa opettaa tarkkaavaisuusvihjeillä, joilla voidaan kohdistaa katse muuttu-

vaan kohteen sijaintiin. (Koivisto 2006b.) Tätä ilmiötä voidaan hyödyntää urheilussa muun muassa ennakkointitaidon kehittämisessä.

Tarkkaavaisuus voi olla tiedostamaton tai tietoisia. Lisäksi se voi suuntautua kohteeseen joko tahattomasti tai tahdonalaisesti. Nämä voidaan ymmärtää myös automaattisena tai tietoisena prosessina. Tahaton tarkkaavaisuuden suuntaaminen tapahtuu ärsykkeiden ulkoisten ominaisuuksia perusteella, esimerkiksi yllättävän ja voimakkaan ärsykkeen ilmestyessä. Tämän seurauksena kyseinen ärsyke vetää tarkkaavaisuuden automaattisesti ja nopeasti (alle 200 ms) puoleensa. Mikäli ärsyke ei ole tehtävän kannalta tärkeä tai muuten merkityksellinen, siirtyy tarkkaavaisuus pois kohteesta suhteellisen nopeasti. (Kolb 2003.) Tahdonalaisessa tarkkaavaisuuden suuntautumisessa yksilön tavoitteet ja tehtävät ovat keskeisiä tekijöitä, minkä takia se on myös tahatonta tarkkaavaisuutta hitaampaa sekä vaativampaa toteuttaa. Yleensä nämä kaksi tapaa toimivat vuorovaikutuksessa keskenään. (Koivisto 2006a.)

3.2 Tarkkaavaisuus ja muisti

Tarkkaavaisuus ja muisti ovat käsitteitä, jotka liittyvät läheisesti toisiinsa. Muisti on jakautunut ajallisen keston perusteella sensoriseen muistiin, työmuistiin sekä pitkäkestoiseen muistiin. (Koivisto 2006a.)

Lyhytkestoisin muisti on havaintojärjestelmän oma ”sisäinen” muisti, jota kutsutaan sensoriseksi muistiksi tai ikoniseksi muistiksi. Sen ominaisuutena on säilyttää havaitut kohteet havaittavana lyhyen aikaa, noin 100-200 ms ajan niiden häviämisen jälkeen. Suurin osa sensorisen muistin ärsyketulvasta unohtuu, mutta tarkkaavaisuuden avulla jatkokäsittelyyn valittu tietoa pääsee myös työmuistiin. (Koivisto 2006a.)

Työmuistijärjestelmässä tietoa työstetään ja ylläpidetään monimutkaisten kognitiivisten prosessien aikana, kuten lukemisen, kuuntelun, tv:n katselemisen tai päässälaskun yhteydessä. Ilman aktiivista kertausta tuostakin tiedosta vain osa säilyy työmuistissa muutamana sekunnin ajan. Lisäksi työmuistilla on 3-5 mieltämysyksikön kapasiteetti, mutta toisaalta kapasiteettia voidaan kasvattaa pitkäkestoisen muistin avulla. Aivoissa työmuistin toiminnasta vastaavat eri alueet kuin pitkäkestoisen, joka osaltaan helpottaa eri aivoalueiden yhtäaikaista toimintaa sekä yhteistyötä. (Carlson 2006.)

Pitkäkestoinen muisti on sananmukaisesti pitkään säilyvää, jossa opittu asia tai taito voi säilyä ihmisen muistissa tunteja, päiviä, kuukausia, vuosia tai vuosikymmeniä. Yksittäisen asian kertaaminen tai mieleen painaminen ei sinällään lisää pitkäkestoista muistamista, mutta jos asia pystytään liittämään monipuolisesti aikaisempaan asiaan, on prosessi huomattavasti tehokkaampaa ja tarkempaa. Ihmisen pitkäkestoisen muistin tallennuskapasiteetti on periaatteessa rajaton. Lisäksi vielä siten, että mitä enemmän ja paremmin jäsenneiltyä tieto on, sitä helpompaa on uuden oppiminen ja sen säilyttäminen muistissa. (Koivisto 2006a.)

Pitkäkestoinen muisti voidaan jakaa eri osiin Squiren ja Tulvingin mallien mukaisesti. Squire (1992) jakaa pitkäkestoisen muistin deklaratiiiviseen ja ei-deklaratiiiviseen muistiin. Deklaratiiivinen muisti käsittää tapahtumia sekä asiatietoa, joka voidaan palauttaa tietoisesti mieleen. Ei-deklaratiiivinen muisti kattaa erilaiset opitut taidot esimerkiksi motoriset taidot, havaintotaidot, kognitiiviset taidot sekä yksinkertaisia opittuja refleksejä. Näitä ominaisuuksia ei voi kuvata tietoisesti vaan ne tapahtuvat osaksi automaattisesti, kuten esimerkiksi pyörällä ajamiseen liittyvät motoriset taidot. (Squire 1992.)

Tulvingin (1985) mallissa muisti jaetaan neljään osaan: episodinen muisti (tapahtumamuisti), semanttinen muisti (merkitysmuisti), proseduraalinen muisti (taitomuisti) sekä perseptuaalinen muisti (havaintomuisti). Episodisen muistin kyky on tietoisesti muistaa erilaisia henkilökohtaisia kokemuksia ja tapahtumia. Semanttisen muistin kautta ihminen voi sisäistää käsitteitä, tietoa ja tosiasioita. Proseduraalinen muisti sisältää motoriisiin tai kognitiivisiin taitoihin liittyviä asioita ja on luonteeltaan ei-deklaratiiivinen eli esimerkiksi pyörällä ajoa ei voi kuvailla tai palauttaa tietoisesti mieleen. Perseptuaalinen muisti sisältää niin näkemisen kuin kuulemisen kautta tapahtuvan kohteiden muotojen tunnistamiseen, erotteluun ja lajitteluun liittyviä ominaisuuksia. Tällöin tutut kohteet erottuvat nopeammin ja vähemmällä vaivalla ympäristöstä. Teorian mukaan nämä muistinosat toimivat rinnakkaan eri prosesseissa. (Tulving 1985.)

Pitkäkestoiseen muistiin voi siis tallentaa erilaisia ja hyvinkin spesifejä ominaisuuksia, asioita ja toimintatapoja. Monia näitä ominaisuuksia tarvitaan urheilussa ennakointitaidon kehittämisessä, mikä perustuu osaksi yllämainittujen ominaisuuksien johdonmukaiseen ja säännölliseen toistamiseen harjoitus- ja pelitilanteissa.

3.3 Tarkkaavaisuuteen vaikuttavia tekijöitä

Tarkkaavaisuus ja siihen liittyvä näkö tiedon käsittely on muistinvarainen prosessi, joka on joko automaattista tai kontrolloitua. Osaltaan tarkkaavaisuus on pitkäkestoiseen muistiin tallentuneiden toimintakaavioiden ohjaamaa kognitiivista toimintaa. Kontrolloidun näkö tiedon käsittelyn tarve sitä suurempi, mitä enemmän toiminnassa tarvitaan aktiivista mieleen painamista, mielestä palauttamista tai suoritusten ennakoimista. Erityisen paljon ponnistelua vaatii uuden ja vanhan tiedon vertaaminen sekä sopivien toimintamallien valikointi ja niiden hienosäätö uutta tilannetta vastaavaksi. (Kuikka ym. 2001.) Tällaista voisi olla esimerkiksi vanhojen lajitaitojen kehittäminen.

Motivaatio ja vireystila ovat oleellisia perusvaatimuksia tarkkaavaisuudelle tai muulle kognitiivisen suorituskäyvyn kehittämiseksi. Motivaatio tuottaa henkistä toimintaenergiaa, jota tarvitaan etenkin kontrolloidussa prosessoinnissa. Vireystila on luonteeltaan fysiologinen ja psyykinen ominaisuus, joka sellaisenaan rajoittaa tai jopa estää tarkkaavaisuutta. Tarkkaavaisuuden ylläpitäminen pitkään jatkuvassa yksitoikkoisessa tilanteessa on vaativa prosessi, joka edellyttää huomattavaa keskittymiskykyä. Tämän takia on hyödyllistä ylläpitää ennakoivaa valmiustilaa (”valppautta”) tärkeitä tapahtumia tai tilanteita varten, jotta niiden sattuessa syntyy harkittu, tarkka ja nopea reaktio. Yleisesti tähän ilmiöön liittyy rajallinen valppauden heikkeneminen, jolloin myös huomio karkaa epäolennaisiin kohteisiin. (Kuikka ym. 2001.)

4 HAVAITOKOGNITIIVISET TAIDOT OSANA ENNAKOINTITAITOJA JA PÄÄTÖKSENTEKOA URHEILUSSA

4.1 Havaintokognitiiviset taidot

Urheilussa kuin muissakin taitoa ja osaamista vaativissa toimissa, kuten musiikissa on erotettavissa eritasoisia osajia noviiseista eksperteihin, joilla on usein takanaan pitkä harjoitteluhistoria. Parhaimmistaan heistä voidaan kutsua juuri eksperteiksi, joilla on muihin nähden poikkeuksellisen hyviä tai jopa ainutlaatuisia ominaisuuksia sekä taitoja muun muassa lajitaitojen, fyysisten ominaisuuksien, ennakointi- tai päätöksentekotaidon kohdalla (esim. Ericsson ym. 1993; Baker ym. 2003a; Baker ym. 2003a; Ward ym. 2004; Abernethy ym. 2005). Lisäksi ekspertejä voidaan käyttää esimerkkeinä kehittyneiden havaintokognitiivisten taitojen osajista.

Urheilussa huippuosaaminen edellyttää monipuolista ja tehokasta kykyä hyödyntää havaintokognitiivisia taitoja. Nämä taidot sisältävät kyvyn tunnistaa ja hyödyntää ympäristöstä saatavaa tietoa sekä liittää se aiemmin opittuun tietoon. Tämän kautta yksilö pystyy reagoimaan ja toimimaan tilanteen vaatimalla tavalla (Mann ym. 2007.) Näkö on aistina yksi tärkeimmistä ja sen merkitys esimerkiksi liikunnassa sekä urheilussa on erittäin suuri. Moni urheilulaji vaatii monipuolista ja tehokasta ympäristön havainnointia, josta suurin osa tehdään juuri pitkälle kehittyneen näköaistin varassa. (Williams & Ward 2007.)

Havaintokognitiivisiin taitoihin kuuluvat muun muassa visuaalinen muisti (kyky erottaa ja muistaa näkemäänsä), visualisointi (kyky muodostaa sekä palauttaa kuvia mielessään) sekä kyky tunnistaa kohteita ja liikettä näkökentästä (engl. figure-ground perception). Urheilussa täytyy esimerkiksi keskittyä pelivälineeseen, joukkueovereihin sekä vastustajaan samalla kun taustalla on huomattava määrä erilaisia häiriötekijöitä. (Wilson & Falkel 2004.) Erityisesti huippu-urheilussa havaintokognitiiviset taidot ovat osa nopeaa ja tarkkaa ennakointitaitoa sekä päätöksentekoprosessia (Sanderson 1981).

Viimeisten vuosikymmenten ajan on yritetty ymmärtää huippuosaajien eli eksperttien parempia psykologisia ominaisuuksia verrattuna vähemmän taitaviin urheilijoihin tai urheilemattomiin. Tästä on noussut kiinnostusta selvittää havaintokognitiivisten taitojen

merkitystä niin ennakoititaidolle kuin päätöksenteollekin. Perinteisesti ilmiötä on tutkittu ekspertti-noviisi-asetelmalla (Mann ym. 2007) tai erottelemalla ominaisuuksia eksperttien ja muiden välillä (Voss ym. 2009).

4.2 Ennakointitaito ja päätöksenteko urheilussa

Ennakointitaito on strategia, jolla urheilija ennustaa tulevaa ja pyrkii esimerkiksi sääntämään aikaa sekä tilaa omaa reagoitiansa varten (Abernethy & Wollstein 1998). Ennakointitaito on perustavanlaatuinen ominaisuus menestymiselle nopeissa pallopeleissä, kuten tennis. Se on kehittynyt kyky havaita ja hyödyntää vastustajan kehon liikkeitä ja ratkaisuja ennen pallon osumakontaktia. (Smeeton ym. 2005.)

Päätöksenteko on ennakoititaitoa seuraava prosessi eli tavallaan oma reagointi ja sen jälkeen tehtävä lyöntivaihtoehto vastustajan asettamaan ”haasteeseen”. Eksperteillä se sisältää kehittyneen kyvyn havaita oleellista tietoa peliympäristöstä (”pelinlukutaito”), kyvyn tulkita edellä hankittua tietoa harkiten ja sitten kyvyn valita tilanteeseen sopiva reagointimalli myös paineen alla. (Baker ym. 2003b.) Päätöksenteko ei kuitenkaan edellytä kaikkien mahdollisten tekijöiden huomioonottamista vaan ihmisen rajallisen aivo-kapasiteetin takia siinä otetaan huomioon vain valitut tekijät, joiden kautta pyritään maksimoimaan oman ratkaisun hyöty. Tämä valinta perustuu eri tekijöiden kautta tapahtuvaan harkintaan ja valintaan, ja oletus on, että samankaltaisessa tilanteessa tehdään jatkossakin samanlainen ratkaisu. (Marasso ym. 2014.)

Eksperttien ennakoititaito ja päätöksentekokyky ovat kehittyneet korkean lajitietämyksen, taktisen osaamisen ja toiminnan johdosta. Noviiseihin verrattuna heidän toimintamallinsa ovat hyvin kehittyneet ja erikoistuneet lajispesifeiksi. Lisäksi ekspertit pystyvät hyödyntämään eri tilanteissa lajille ominaisia suoria ja epäsuoria vihjeitä. Reagoitakyvyssä noviisit mukailevat ”odota, näe ja reagoi” –periaatetta, kun taas ekspertit pystyvät suunnittelemaan toimintojaan hyvinkin monipuolisesti ennakoititaitoaan hyödyntäen. (McPherson 1994.)

Monessa tutkimuksessa on pystytty osoittamaan, että eksperteillä on noviiseihin verrattuna huomattavia eroja havaintokognitiivisissa taidoissa, jotka ilmenevät ennakoititaidon ja päätöksenteon tehokkuutena eri tilanteissa. Havaintokognitiiviset taidot koostuvat urheilussa näkökyvystä, ennakkoinformaation hyödyntämisestä, säännönmukaisuuk-

sien tunnistamisesta, tilannetekijöiden hyödyntämisestä, havainnointitaidoista sekä strategisesta päätöksenteosta. (Williams & Ward 2007.)

Näkökyky: Erityisesti näköjärjestelmän merkitys on korostunut eksperttien kohdalla, jossa vaaditaan tarkkaa näköä sekä syvyiserottelua (Sanderson 1981). Se ilmenee dynaamisena näöntarkkuutena sekä kykynä hyödyntää tehokkaammin tarkan näön aluetta ja perifeeristä näköä osana ennakointitaitoa. (Sanderson 1981; Schorer ym. 2013.)

Ennakkoinformaation tehokas hyödyntäminen: Ekspertit pystyvät tulkitsemaan sekä hyödyntämään tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti ennakkoinformaatiota tai -vihjeitä osana ennakointitaitoaan sekä päätöksentekoaan. Tästä suurin osa on keskittynyt vastustajan kehon eri osien biomekaaniseen ”ketjutukseen” sekä muihin saatavilla oleviin vihjeisiin. (Williams & Ward 2003; Williams & Ford 2008.) Yhtenä keskeisenä ulospäin ilmenevänä ominaisuutena voidaan pitää eksperttien nopeaa reaktioaikaa sekä lähes virheetöntä reaktiotarkkuutta, jotka ovat osaltaan seurausta heidän kehittyneistä kyvyistään juuri hyödyntää erilaisia vihjeitä. Koontitutkimuksissa on pystytty osoittamaan noviiseihin verrattuna eksperttien huomattava, jopa 35 % nopeampi kyky reagoida urheilulajista riippumatta pelitilanteisiin tai ärsykkeisiin. Lisäksi reaktiotarkkuudessakin voitiin osoittaa keskimäärin 31 % parempi tarkkuus reaktiossa lajista riippumatta. (Mann ym. 2007.)

Säännönmukaisuuksien tunnistaminen ja muistaminen: Eksperttien havaintomotoriset taidot ovat kehittyneet, jonka takia he pystyvät noviiseja paremmin tunnistamaan lajis- saan nopeasti ja tarkasti erilaisia säännönmukaisuuksia tai toimintamalleja (Abernethy ym. 1999). Etenkin joukkueurheilussa pitää pystyä tunnistamaan pelistä säännönmukai- suuksia sekä omien pelaajien, vastustajan ja pallon sijaintia. Tämän lisäksi ekspertit pystyvät hyödyntämään muistiaan sekä tallentamaan pelin eri tilanteita aktiivisesti ja palauttamaan nämä osaksi tulevia ratkaisuja. Tähän kuuluu muun muassa ennen peliä tapahtuva vastustajan pelitapaan tutustuminen muodostaessa pelaaja- tai joukkue- tason profiilia. Eksperteillä on kyky muistaa niin omat kuin vastustajanakin erilaiset pelitak- tiikat ja tavat pelata sekä hyödyntää niitä tehokkaasti pelin aikana. Tämän takia enna- kointitaitoa voidaan kehittää niin kentällä kuin kentän ulkopuolisella harjoittelulla. (Williams & Ford 2008.)

Tilannetekijöiden järkevä hyödyntäminen: Eksperteillä on parempi kyky noviiseihin verrattuna tehdä oikeita päätöksiä ja teknisiä valintoja oikeaan aikaan sekä pystyä olemaan oikeassa paikassa (engl. ball park) oikeaan aikaan. He pystyvät hyödyntämään omaa pitkäkestoista muistiaan ja muodostamaan motorisia toimintasuunnitelmia olemassa olevien olosuhdemuuttujien joukosta. Osaksi nämä ovat laji- sekä sääntösidonnaisia ominaisuuksia, mutta nämä muistinvaraiset prosessit sisältävät myös taktisia malleja ja niihin soveltuvia tilanneratkaisuja, joita voidaan harjoituttaa sellaisenaan. Lisäksi eksperteillä on hyvä tilannetaju ja he pystyvät tulkitsemaan vastustajan liikkeitä sekä ratkaisuja selkeämmin eri tilanteissa. Tämä on seurasta aiemmin tässä kappaleessa mainituista seikoista, jonka takia muun muassa tarkkaavaisuus on kohdistettuna tavallaan odotettaviin vihjeisiin. (Williams & Ford 2008.)

Havainnointitaidot ovat tärkeässä roolissa: Näköjärjestelmä on eksperteillä tarkoituksenmukaisessa käytössä ja heidän visuaalisen seurannan kykynsä ovat huomattavasti kehittyneempiä normaalitason urheilijaan verrattuna. Tätä ilmiötä on pystytty paremmin selvittämään silmänliikkeiden seurantalaitteiston kehittymisen myötä. Eroja ilmenee muun muassa fiksaatioiden kestossa ja määrässä, suhteellisessa ajassa fiksoida eri alueita sekä kyvyssä hyödyntää fovean eri alueita. (Williams & Ford 2008.) Esimerkiksi fiksaatioiden määrässä ekspertit pystyvät käyttämään vähemmän fiksaatioita noviiseihin verrattuna. Lisäksi fiksaatiot kohdistuvat ennakoititaidoin kannalta oleellisimmille alueille lajista riippuen. Samalla myös niiden keskimääräinen kesto on eksperteillä pidempi. Viimeistä fiksaatiota nimitetään yleisesti englanninkielisellä termillä quiet eye, joka on eksperteillä pitkäkestoisempi verrattuna noviiseihin. Tätä fiksaatiota käytetään monessa lajissa tarkan reaktion sekä lajisuorituksen onnistumisen kannalta tärkeänä ”viimeistelevänä” ominaisuutena. (jalkapallo: Savelsbergh ym. 2002; ammunta: Williams ym. 2002b; Williams & Ford 2008; kriketti: McRobert ym. 2009; jalkapallon: Smuc ym. 2010.)

Päätöksenteko on strategisesti tehokasta ja vaivatonta: Ekspertit ovat parempia päättämään, mitä toimintatapaa hyödynnetään kussakin tilanteessa (Williams & Ward 2008). He pystyvät hyödyntämään strategisesti muistiaan ja rakentamaan lajille tyypillisiä toimintamalleja (engl. action plan profiles), joita hyödynnetään tilanteeseen sopiviksi oman lyöntivastauksen valinnassa. Lisäksi heillä on korkea taktinen tietämys sekä mallinnettu tilanneosaaminen, jotka esimerkiksi ohjaavat heidän reagointiaan pelin eri tilan-

teissa (engl. current event profiles). Lisäksi pitkäkestoinen muisti on aktiivisessa käytössä koko prosessin ajan. Vanhoja toimintamalleja verrataan, muokataan ja päivitetään uusien tilanteiden pohjalta. McPherson & Kernodle 2003.)

4.3 Ennakointitaidon kehittäminen tenniksessä

Nykypäivänä tennis on yksi maailman suosituimmista urheilulajeista. ATP ja WTA kiertueiden Grand Slam -turnaukset ovat suosittuja tv-tapahtumia ja lajilla on myös monia näkyviä keulakuvia, joista suurimpia miesten puolelta ovat tällä hetkellä serbialainen Novak Djokovic, espanjalainen Rafael Nadal sekä pitkään huipulla pelannut sveitsiläinen Roger Federer. Pekka Lumela (2002) on määritellyt sekä ryhmitellyt eri pallopelien ominaisuuksia ja siinä tennis kuuluu pallottelupelien ryhmään, joka kuvaa hyvin pelin luonnettakin. Tähän ryhmään luokitellaan kuuluvaksi myös pöytätennis (pingis), rantalentopallo, squash ja sulkapallo. Samankaltaisuutta eri lajien välillä voi ilmetä niin taidollisissa kuin pelikäsitteellisissäkin piirteissä. Pallottelupeleille yhteisiä ominaisuuksia ovat pelaajien ja kenttäpuoliskojen välissä oleva verkko. Peli-idea on pyrkiä sijoittamaan peliväline vastapuolen tyhjiin kenttäalueeseen pyrkien saamaan piste joko ”kaksoispomppulla” tai kenttäkosketuksella. Pelaajia voi olla yhdellä kenttäpuoliskolla yhdestä kuuteen kappaletta – tenniksessä yhdestä kahteen. Lisäksi Lumelan (2002) mukaan pallottelupeleille on tyypillistä korkea taitokynnys, joka tarkoittaa lyhyesti pelivälineen taitavaa hallintaa muuttuvissa olosuhteissa. On siis osattava osua tarkasti palloon, suunnata se riittävän tehokkaasti vastapuolen kenttään ja osattava hallita lyöntikovuutta. Fyysisen kunnon lisäksi reaktionopeus on myös tärkeä ominaisuus. Toistuvien tilanteiden kautta ennakointi- sekä pelinlukutaidot nousevat tärkeiksi ominaisuuksiksi tenniksessä. (Lumela 2002, 188.)

Neljästä pallottelupelien ryhmään kuuluvasta lajista eli pöytätenniksestä, squashista, sulkapallosta sekä tenniksestä on 1980-luvun puolivälissä Suomessa muodostettu uusi moniottelulaji niin kutsuttu Rackletlon, jota voidaan pitää myös mailapelien neliotteluna (FIR 2010). Tämä osaltaan osoittaa, että on mahdollista hallita monia samankaltaisia pallopelejä ja, että pelien välillä on huomattaviakin teknisiä samankaltaisuuksia, mutta myös vastustajan ennakointiin liittyviä ominaisuuksia.

Lajina tennis on vaativa erityisesti päätöksenteon kannalta, koska pallo liikkuu nopeasti puolelta toiselle ja ennen omaa lyöntiä on pystyttävä liikkumaan pallon taakse, tekemään tarvittavat valmistelut omaan lyöntiin sekä pystyä toimittamaan pallo riittävän tehokkaasti vastustajan puolelle (Müller & Abernethy 2012). Mitä nopeammaksi laji muuttuu, sitä tärkeämmäksi ominaisuudeksi nopea ja riittävän tehokas päätöksenteko nousevat. Ei ole kuitenkaan syytä väheksyä pelaajan lajitaitoa, joka on yksi tärkeimmistä tekijöistä hyvään lyöntisuoritukseen. Huipputasolla sekä sen lähellä voidaan olettaa teknisten taitojen olevan riittävän tasapuolisia, jolloin päätöksentekoon sekä vastustajan pelisuoritusten ennakoointiin liittyvien tekijöiden tulisi korostua. Nykyään moni pelaaja pystyy syöttämään sekä lyömään palloa yli 160 km/h. Esimerkiksi pelaajan, joka valmistautuu tekemään syötönpalautusta tai kenttälyöntiä, tulee pystyä ennakoimaan vastustajan lyöntisuuntaa sekä aloittamaan omat liikkeensä riittävän aikaisessa vaiheessa olakseen valmis omaan tekniseen suoritukseensa. Syynä tähän ennakoivaan toimintaan voidaan pitää sitä, että erilaiset viiveet havainto- ja liikemotoriikan prosessointiin liittyvissä tekijöissä hidastavat tai estävät pelaajaa olemasta oikeassa paikassa oikeaan aikaan. (Cauraugh & Janelle 2002.)

Tutkimusten mukaan miesten Grand Slam tenniksessä syöttöjen nopeus oli noussut vuosina 1991-2009 aikana vaikkakin ihan viime vuosina nopeuden kasvu on tasaantunut ja jopa hieman laskenut riippumatta pelialustasta. Esimerkiksi Wimbledonissa vuonna 2008 ykkössyötöissä mitattiin keskiarvoltaan lähes 190 km/h nopeudet ja kakkössyötösäkin 155 km/h. Esimerkiksi Pariisissa massakentällä pelattavan Ranskan avointen ykkössyöttöjen keskinopeus oli kasvanut vuosina 2000-2008 160 kilometristä noin 185 kilometriin tunnissa. Tennis oli siis lajina muuttumassa edelleen, koska kyseisen tutkimuksen mukaan syötön merkitys korostui pisteiden teossa suorien ässien kasvaessa, ja toisaalta samaan aikaan kaksoisvirheet olivat vähentyneet. Pallon nopeuskehitystä oli yritetty hillitä muun muassa pallon kokoa ja pintamateriaalia muuttamalla, mutta muutokset olivat jääneet enemmänkin kokeiluksi. (Cross & Pollard 2009.) Päätöksenteon kannalta kehitykset syötön nopeudessa vaikeuttavat edelleen syöttöä palauttavan pelaajan toimintaa. Voi vain ihmetellä, miten pelaaja edes pystyy liikkumaan pallon taakse saati palauttamaan pallon vastustajan puolelle riittävän tehokkaasti ja tarkasti.

Näkökyky asettaa omat vaatimuksensa kussakin urheilulajissa. Havainnointitaitoja sekä niihin liittyviä ennakointitaitoja on mahdollista oppia harjoittelun myötä. Havainnointi-

taidon vaatimusten (taulukko 2) näkökulmasta tennis eroaa monesta urheilulajista, mutta samoja vaatimuksia löydettävissä muissakin nopeissa pallopeleissä. (Seiller ym. 2004.)

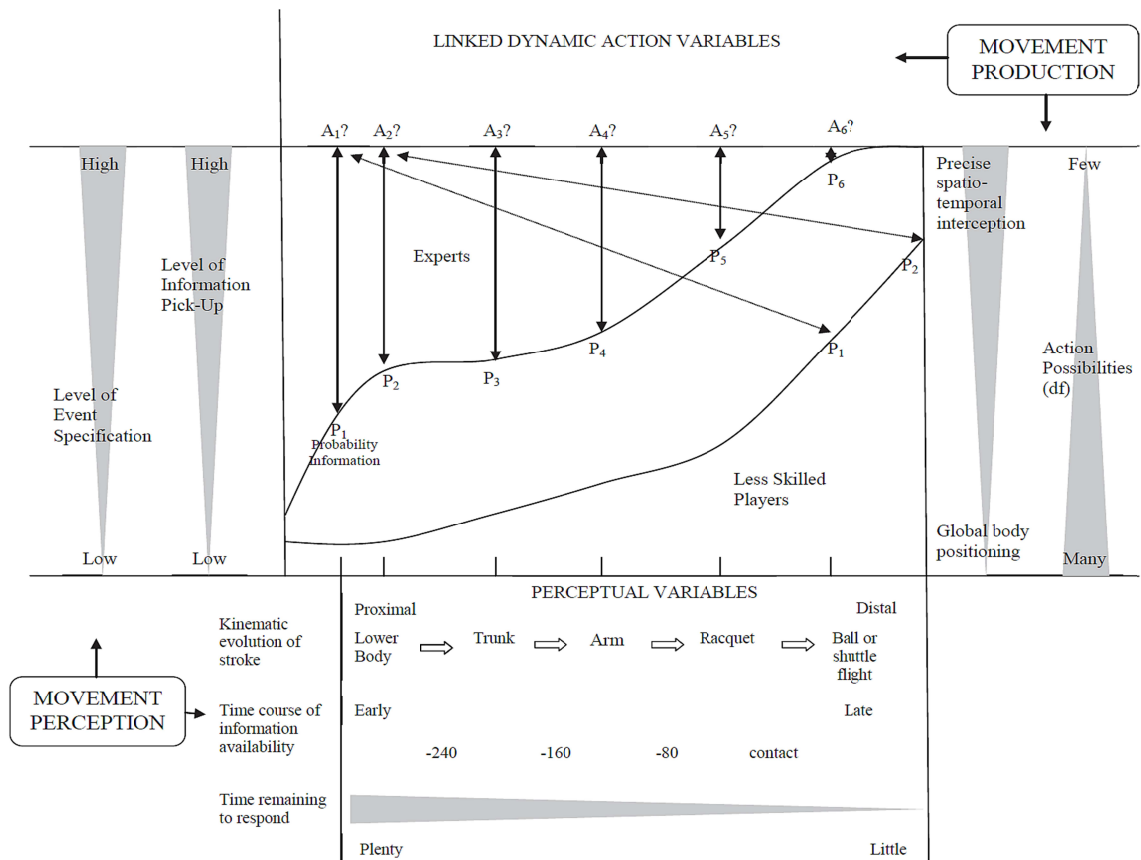
TAULUKKO 2. Tenniksen pelaamisen taitovaatimukset havainnointitaidon näkökulmasta (mukaillen Seiller ym. 2004).

-
- Pallon seuraaminen ja nopea reagointi pallon suuntaan ovat olennaisia kykyjä tenniksessä.
 - Visuaalisen informaation prosessointitarkkuus vaikuttaa olennaisesti kentällä tehtäviin päätöksiin.
 - Pitää pystyä seuraamaan tarkasti pallon nopeus ja suunta syötönpalautuksessa, lentölyönneissä sekä takakentän palautuksissa.
 - Näöntarkkuus on kaiken havainnointitaidon perusta ja sen heikkeneminen vaikuttaa olennaisesti havainnointitaitoon sekä kykyyn tehdä luotettavia päätöksiä.
 - Silmien on fiksoitava tarkasti palloa.
 - Silmien on pystyttävä tarkentamaan eri etäisyyksille joustavasti – kyky vaihdella silmän tarkkuutta nopeastikin katsellessa kauas ja lähelle - syötönpalautuksessa tai kenttälyönneissä.
 - On pystyttävä sijoittumaan kentällä tehokkaasti myös havainnoinnin näkökulmasta.
 - Visuaalisen tiedon prosessoinnin nopeus on tärkeää (muun muassa pallon nopeus ja tulokulma sekä vastustajan sijoittuminen).
 - Syvyysnäkö ja kyky arvioida pallon lentorataa riittävän tehokkaasti, etenkin lentoradan alkuvaiheesta, ovat tärkeitä ominaisuuksia.
 - Silmä-käsi -koordinaatio sekä reaktioaika on oltava riittävän nopea ja tarkka.
 - Keskittymiskyky luo perustan päätöksenteolle sekä tekniselle toteuttamiselle.
-

Suurin osa tennispelaajista ja -valmentajista varmasti ymmärtävät, miten suuri merkitys heidän lajissaan on näkökyvyllä sekä havainnointitaidoilla. Edellä todettiin pelin entisestään nopeutuneen, mikä varmasti vähentää aikaa tehdä riittävän tehokkaita päätöksiä. Ei ole siis ihme, että pelaajat valmentajiensa kautta haluavat innokkaasti kehittää havainnointitaitojaan nopeamman ja tarkemman reagoinnin saavuttaakseen. Yleisesti on todettu hokema - ”Ellet näe palloa, et voi lyödäkään sitä” – ei varmasti ole ihan hatusta vedetty, mikä toimii peliajatuksena niin tenniksessä kuin esimerkiksi jääkiekon maali-
vahdin torjuntatyössä.

Yksittäisen tennislyönnin kohdalla hyvä ennakointi- sekä päätöksentekotaito edellyttävät huomattavaa havaintokognitiivisen sekä sitä seuraavan motorisen järjestelmän yh-

teistoimintaa. Tästä on kuvattuna malli (kuva 5), joka kokoaa monipuolisesti ekspertin ja vähemmän taitavan pelaajaan ennakoititaidon osa-alueet lyönnin eri vaiheista. Kuvassa on eriteltyä vastustajan toiminnasta havaittavia kinemaattisia muuttujia (P) kehon eri osista proksimaalisesta distaaliiseen sekä ajallisesti ennen ja jälkeen osumahetken (pallo ja maila). Yleensä ennen osumahetkeä on käytössä paljon aikaa, mutta pallon osumahetken aikana tai välittömästi sen jälkeen tapahtuva pelkkä lentoradan seuraaminen oman toiminnan ennakoimiseksi on varsin hyödytöntä. Tämän takia vähemmän taitava pelaaja ei ehdi liikkua oikeaan paikkaan, saati tehdä omaa lyöntisuoritustaan riittävän hyvin. Nämä ovat niin sanottuja toimintomuuttujia (A), jossa ekspertit pystyvät aloittamaan omat toimenpiteensä hyvissä ajoin varsinaista osumaa. Osumakohdan jälkeen pallon lentorata ja kierteisyys antavat lähinnä täydentävää informaatiota, joiden perusteella voidaan ajoittaa oma liikkuminen ja lyöntisuorite oikea-aikaisesti. Tässä ilmiössä taitava pelaaja tuntuu olevan usein oikeassa paikassa oikeaan aikaan ilman suurempia kiireitä, kun taas vähemmän taitava on joko myöhässä, väärässä paikassa tai ei välttämättä ehdi suorittaa omaa palautustaan teknisesti. (Müller & Abernethy 2012.)



KUVA 5. Experttien kaavamainen malli ennakoititaidosta mailapeleissä (Müller & Abernethy 2012).

Vastustajan lyönnin ennakointitaito kehittyy hiljalleen ja sitä voidaan harjoituttaa esimerkiksi videoharjoittelun kautta, johon tämänkin gradu on keskittynyt. Useissa tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että eri tavoin ohjeistuksella kohdennettu videoharjoittelu tai muu vastaava havainnointitaitoa kehittävä harjoittelu on parantanut niin reaktiokykyä kuin reaktiotarkkuuttakin (esim. Williams ym. 2002b; Jackson & Farrow 2005; Hagemann & Memmert. 2006; Hagemann ym. 2006; Caserta ym. 2007; Triolet ym. 2013.)

4.4 Ennakointitaidon kehittämistä tukevat ohjaustavat

Ennakointitaidon kehittymistä voidaan tukea ohjaamalla tarkkaavaisuutta ennakkoinformaation merkitsevyyden kannalta oleellisimpiin tekijöihin tai asioihin. Annettava ohjeistus voi painottua kahdella eri tavalla. Se voi olla eksplisiittistä eli suoraa selkeästi haluttuja tekijöitä korostavaa tai implisiittistä eli epäsuoraa tai vihjattua. Lisäksi näiden välillä on erilaisia variaatioita ohjeistuksen sisällöstä. Kaikkia ohjeistuksen muotoja voidaan hyödyntää oppimiseen liittyvässä toiminnassa. (Poulter ym. 2005; Smeeton ym. 2005.) Taulukkoon 3 on koottu tarkemmin nämä kaksi ohjaustapaa, mutta myös niiden sovellukset mukailten Jackson ja Farrow (2005) määrittelyä.

TAULUKKO 3. Erilaiset ohjausmallit havainnointitaitoa kehittävään harjoitteluun (mu-
kaillen Jackson & Farrow 2005).

Harjoittelutyyppi/-ohjeistus	Kuvaus
Suoraohjaus (engl. Explicit instruction, EI)	Tavoitteena luoda kausaalinen suhde yksittäisten vihjeiden tai liikkumismallien välille ja löytää niille joku seuraus esimerkiksi lyönnin suunta. Ohjeistuksen määrä ja tarkkuus vaihtelevat.
Ohjattu oivaltaminen (Guided discovery, GD)	Vähemmän kohdennettu kuin suora ohjaus ja oppijoita pyritään ohjaamaan katse tietylle alueelle, kuten keskivartaloon ja antaa heidän itse oivaltaa yhteyksiä yksittäisten vihjeiden tai liikkumismallien ja niistä johtuvien seurauksien välille. Edellyttää osaltaan ymmärrystä biomekaniikasta.
Oivaltava oppiminen (Discovery learning)	Vähemmän kohdennettu kuin ohjattu oivaltaminen ja tarkkojen ohjeiden antaminen rajoitettu. Pyritään antamaan mahdollisuus itse oivaltaa syyt.
Epäsuora-/vihjattu oppiminen samanaikaisen tehtävän kautta (Implicit training via secondary tasks)	Samanaikaisella tehtävällä häiritään työmuistin vaikutusta ja johtopäätösten tekemistä ekspliittisesti. Edellyttää hyvää tarkkaavaisuutta.
Huijaamalla oppiminen (Implicit training via incidental learning)	Oppijaa häiritään tai huijataan päätehtävässä valetehtävällä tai -tarinalla, joka yleensä edellyttää muistin käyttöä.
Epäsuora-/vihjattu oppiminen häiritsevän tehtävän kautta (Implicit training via distraction task)	Suoranohjauksen kautta huomio kiinnitetään lajisuorituksen yksittäiseen tekijään ja pyritään oppimaan sen vaikutusta suoritukseen suuntaan tai laatuun, esimerkiksi tennisyötön nopeuden vaikutusta sen suuntaan.

Käytettävä ohjeistus riippuu tehtävän luonteesta ja tavoitteesta. On kuitenkin pystytty osoittamaan, että epäsuoralla (impliittisellä) harjoittelulla tai ohjeistuksella saavutetaan hieman pysyvämpiä taitoja, jotka toimivat tehokkaammin monimutkaisissa tilanteissa sekä kestävät paremmin stressiä ja ulkoista painetta. Tosin ekspliittinen tapa toimii hyvin myös taitojen harjoittelun alkuvaiheessa selkeyttäen havaintotaitojen merkitystä omalle toiminnalle. (Jackson & Farrow 2005.)

4.5 Videosimulaatioharjoittelu

Videosimulaatioharjoittelu on osa havainnointitaidon kehittämistä, jonka tarkoituksena on parantaa ennakointitaitoa ja päätöksentekoa. Tämä harjoittelu voi sisältää myös muita näkökykyä kehittäviä harjoitteita. Nopeaa päätöksentekoa vaativissa lajeissa erot huijilla voivat olla teknisesti pieniä, mutta ennakointitaidossa ja sitä seuraavassa päätöksenteossa erot voivat olla voittamisen kannalta merkityksellisiä. Tämän takia esimerkiksi videoharjoittelun tulisi olla osa valmennusprosessia ja otteluun valmistautumista niin lajitaitojen rinnalla kuin erikseen toteutettuna. (Abernethy ym. 1999.) Havainnointitaitoon keskittyneellä harjoittelulla saavutetaan suhteellisen pysyviä muutoksia yksilön havainnointijärjestelmälle, joka parantaa sen kykyä reagoida ympäristön muutoksiin (Goldstone 1998).

Tässä kappaleessa tutustutaan lyhyesti muutamiin tutkimuksiin, joissa ennakointitaitoa on kehitetty tai mitattu hyödyntämällä eri tavoin videoharjoittelua ja erityisesti kentän ulkopuolella tapahtuvaa harjoittelua. Videoharjoitteluun on yleensä liitetty erilaisia ohjausmalleja tai ohjaustapoja, joilla joko suoraan tai epäsuorasti pyritään kehittämään havainnointitaitoa.

Videoissa näytetään yleensä reagoivan pelaajan suunnasta kuvattua ja mittasuhteiltaan oikean kokoista pelaajaa, joka useimmiten on pelivälinettä lyövä, heittävä tai potkaiseva. Videoharjoittelussa pyritään ennakoimaan lyöntiä hakemalla vihjeitä eri kehon osista tai pelivälineestä, minkä takia kuvan suunta sekä laatu tulisi olla mahdollisimman luonnollista tilannetta vastaava. (Farrow ym. 2005).

Videoharjoittelussa voidaan käyttää kahta aika lailla yleisesti käytössä olevaa tapaa liittyen videon keston. Videoiden kesto voidaan muokata siten, että kuva häviää ruudulta tietyn ajan päästä suhteessa osumahetkeen, joko ennen tai sen jälkeen. Sitä kutsutaan englanninkielisellä termillä temporal occlusion eli ajallisesti estetty tai rajoitettu näkeminen. Toinen tapa on korostaa tai rajoittaa videoissa olevan pelaajan kehon eri osia tai muuta olennaista asiaa lyönnin ennakoinnin kannalta. Tätä kutsutaan englanninkielisellä termillä spatial occlusion eli tilaan tai kehoon rajoittunut näkeminen. (Schorer ym. 2013.) Harjoittelussa voidaan hyödyntää molempia ja niihin voidaan liittää sanallista ohjeistusta tai muuta toimintaa tehostamaan ennakointitaidon kehittymistä.

Ajallisesti rajoitettu videoharjoittelu on yleisemmin käytössä oleva tapa. Siihen liittyy oletus, että eksperteillä on kyky ennakoida vastustajan lyönti aiemmin kuin noviiseilla, minkä takia videoiden kestoja voidaan vaihdella osaamis- ja kehitystason mukaan. Lisäksi tämän tapaisessa harjoittelussa on yleensä mukana reagointi, tilanteeseen sopiva ohjeistus sekä näytteen kokonaisuena katsominen ilman kuvan häviämistä tarvittaessa myös hidastettuna. Tämä antaa pelaajalle välittömän palautteen ja toisaalta auttaa muistin käyttämistä sekä havaintomotorisen taitojen kehittymistä hiljalleen. (Farrow ym. 2005.)

Videoharjoittelu voi sisältää yksittäisiä ennakkoon valittuja hyvälaatuisia näytteitä, joista lyöntien suunta on mahdollista ennakoida eli sitä ei ole peitelty tai muutoin harhautettu. Yleensä videoharjoittelu on sisällytettynä muun harjoittelun lomaan tukemaan varsinaista kentällä tapahtuvaa ennakoitaitoa. Mutta videoharjoittelua voidaan käyttää sellaisenaankin painotettuna ajanjaksona taidon kehittämisessä. Videoharjoittelujakso voi kestää useita viikkoa, ja yksittäinen harjoittelukerta voi sisältää kymmeniä erilaisia näytteitä. (Hagemann ym. 2006.) Yleensä tähän harjoitteluun on yhdistetty erilaisia reagoitiharjoituksia joko napinpainalluksella, verbaalisesti tai reagoimalla omalla keholaan. Esimerkiksi Broadbent ym. (2014) tennistutkimuksessa laboratoriopohjainen videoharjoittelu toteutettiin maila kädessä ja reagointi tapahtui ottamalla askel ennakoituun suuntaan (Broadbent ym. 2014).

Williams ym. (2002b) tutkimuksessa videoharjoittelu oli toteutettu ajallisesti rajoitetun periaatteen mukaisesti. Lisäksi samaan tutkimukseen oli lisättyä kentällä tapahtuvaa harjoittelua sekä erityyppistä ohjeistusta kehon eri viiheisiin keskittyen. (Williams ym. 2002b). Vastaavanlaisen tutkimuksen teki myös Sami Huurinainen (2008) omassa gradussaan, jossa pyrittiin kehittämään nuorten tennispelaajien ennakoitaitoa videoharjoittelun kautta ohjeistusta kohdentamalla. Tulokset olivat lupaavia, koska videoharjoittelun kautta reaktioaikaa pystyttiin parantamaan harjoitteluryhmillä jopa 200 ms. Tämä aika on käytettävissä oman lyönnin valmisteluun niin liikkumiseen kuin varsinaiseen lyönninkin toteutukseen. (Huurinainen 2008.) Videoharjoittelulla pystytään parantamaan ikääntyneempienkin tennispelaajien reaktioaikaa ja –tarkkuutta, mutta myös helpottamaan päätöksentekoa vastustajan lyönnin monipuolisempaan ja tarkempaan tulkitsemiseen (Caserta ym. 2007). Ennakoitaitoja voi siis kehittää myöhemminkin tennisuralla, ja liikkumiskyvyn heikentyessä tämä taito todennäköisesti helpottaa kentällä

tehtäviä valintoja monin eri tavoin. Lisäksi niitä voidaan käyttää myös hyvänä korvaus-harjoitteluna muun muassa loukkaantumisten kuntoutumisjaksoilla. Tässä voidaan hyödyntää visuaalisen muistin käyttöä sekä visualisointia, jota voidaan kutsua myös mieli-kuvaharjoitteluksi. (Wilson & Falkel 2004.)

5 SILMÄLIIKETUTKIMUS

Silmänliiketutkimuksen tausta on jopa 1800-luvun lopulta, mutta suurimmat kehitysaskeleet teknologia on ottanut viimeisen 50 vuoden aikana. Nykyään laitteet ovat videopohjaisia sekä suhteellisen helposti käytettäviä. Tämä teknologia hyödyntää videopohjaista pupillin ja sarveiskalvoheijasteen yhdistelmää, joka pyrkii todentamaan yleensä yhden silmän fiksaatiopisteen näkökentässä tietyllä todennäköisyydellä. Menetelmässä varsinaista katseenseurantaa käytetään osana silmänliiketutkimusta. (Duchowski 2007). Lisäksi laitteiden kehittyminen ja täydentynyt teoria silmänliikkeiden yhteydestä aivo-toimintaan ovat luoneet uusia mahdollisuuksia tutkia ihmisen näkökykyä ja havaintokognitiivisia taitoja. Tutkimusta tehdään nykyään paljon lääketieteessä, biologiassa, taloudessa sekä tietotekniikassa. (Schutz ym. 2011.)

Iso osa ihmisen ulkomaailman havainnoista tapahtuu silmänliikkeiden avulla. Täten silmänliiketutkimuksen avulla pyritään selvittämään osaltaan tahdonalaista kuin tiedostamatontakin silmien liikettä. Teknologian avulla voidaan tutkia erilaisissa toiminnoissa yksittäisten fiksaatioiden määrää, paikkaa ja kestoa sekä seurata eri silmäliikkumistapojen yhteyttä kuvan muodostuksessa, kuten sakkadien tai hitaan seurantaliikkeen hyödyntämistä erilaisissa tilanteissa. Ihmisen kuvanmuodostus perustuu muutamiin oletuksiin ja ominaisuuksiin, joissa yksittäisestä kuvasta tai ympäristöstä pyritään vaihteittain havaitsemaan ja tunnistamaan eri kohteita tietoisuuden ulottuville. Yhtenä ominaisuutena pidetään kuvasta esiin nousevia korostavia piirteitä tai kohtia, joita yleensä katsotaan ensimmäiseksi tai eniten. Toisena ominaisuutena voidaan pitää kappaleen tunnistusta eli missä järjestyksessä asioita tunnistetaan kuvasta sakkadien avulla. Tämän oletuksen mukaan ihminen pystyy erottamaan objektit nopeammin (lajittelu) kuin niiden muodot. Erityisesti ihmiskasvot tai esimerkiksi eläimet ovat yksi luontainen katseenkohde. Ehkäpä tärkeimpänä ominaisuutena voidaan pitää sitä, että kuvanmuodostuksesta suuri osa tapahtuu tavoitteellisesti. Ihmiset tekevät päivittäin paljon tietoisia toimintoja, jotka edellyttävät valikoivaa tarkkaavaisuutta, joka taas vaatii valikoivaa näkemistä. Siihen liittyy myös toimintoihin liittyvä suunnitelmallisuus eli tiedostamaton sakkadien hyödyntäminen tulevista toimista tai paikoista. Tästä esimerkkinä kahvikupin täyttäminen ja asettaminen tietokoneen viereen, mikä vaatii silmiltä tiedostamatonta näkemistä tarttumisen ja kupin asettamisena haluttuun paikkaan. Lisäksi on oletettu, että valikoivan katselun aikana ensimmäinen korostaviin piirteisiin painottunut katselutapa olisi joten-

kin poissa käytöstä. Neljäntenä ominaisuutena voidaan pitää asioiden tai ilmiöiden tärkeyttä, jossa ihminen tavallaan valikoi kuvasta itselleen, tehtävälleen tai sen suunnittelulle olennaisia kohteita. Eli sakkadeilla on tapana palata tärkeisiin kohteisiin yhä uudelleen, jota voidaan myös tietoisesti kehittää. (Schutz ym. 2011.)

Urheilussa silmäliiketutkimusta on tehty muun muassa selvittämään havaintokognitiivisia ominaisuuksia eri suorituksissa erityisesti ennakointi- ja päätöksentekotaidon kohdalla (Williams ym. 2002b; Williams 2004; Schorer ym. 2013). Osassa tutkimuksista katseenseuranta on toteutettu tutkimalla silmänliikettä ja osassa katseenkohdistaminen on kysytty verbaalisesti. Tässä pro gradu tutkimuksessa silmänliikkeitä mitattiin videopohjaisen katseenseurannan avulla.

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää videoharjoittelun vaikutusta koehenkilöiden ennakointitaitojen kehittymiseen tenniksessä. Lisäksi tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen ohjaustavan tehokkuutta ennakointitaitojen kehittymiseen. Ennakointitaidon kehittymistä arvioitiin reaktioajan ja silmänliikeanalyysistä saatavien muuttujien perusteella.

Tutkimuksen avulla pyrittiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin:

- Voidaanko video- ja kenttäharjoittelulla kehittää ennakointitaitoja tenniksessä?
 - Kehittyvätkö koehenkilöiden reaktioajat videotestissä?
 - Onko reaktioaikojen kehittämisessä eroa ryhmien välillä?

- Onko silmänliikeanalyysin muuttujissa havaittavissa muutoksia harjoitusjakson vaikutuksesta?
 - Muuttuvatko fiksaatioiden määrä ja kesto, viimeisen fiksaation kesto ja paikka, tarkastelualueiden määrä sekä niiden suhteellinen jakautuminen eri alueille?
 - Onko muutoksissa eroa ryhmien välillä?

7 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

7.1 Tutkimuksen koehenkilöt

Tutkimuksessa koehenkilöinä olivat Jyväskylän yliopistossa liikuntapedagogiikkaa pääaineenaan opiskelevat henkilöt. Tutkimus toteutettiin heidän syventävän palloilun kursinsa aikana. Osalla koehenkilöistä oli liikunnallista taustaa monessa eri lajeissa ja osalla myös mailapeleistä. Kaiken kaikkiaan tutkimukseen otti osaa 35 opiskelijaa, joista naisia 16 ja miehiä 19 (taulukko 4). Koehenkilöt jaettiin neljään ryhmään, jotka pyrittiin saamaan mahdollisimman tasaisiksi alkumittauksen tuloksia sekä lajitaustamuuttujia hyödyntäen. Näiden perusteella varsinaisia tenniksen opetusryhmiä muodostettiin kolme, joista kaksi ryhmää (GD; Guided Discovery, ohjattu oivaltaminen ja EI; Explicit Instruction, suora ohjaus) osallistui tenniskurssille, videoharjoitteluun sekä alku- ja loppumittauksiin. Yksi opetusryhmistä (KH; kenttäharjoittelu) osallistui pelkästään tenniskurssille sekä alku- ja loppumittauksiin. Kenttäharjoitteluryhmä sai tenniskurssin aikana normaalia ohjeistusta liittyen tenniksen taitojen kehittämiseen sekä opettamiseen koulussa. Lisäksi tutkimukseen osallistuneista muodostettiin yksi kontrolliryhmän (KO), joka osallistui vain alku- ja loppumittauksiin.

TAULUKKO 4. Tutkimusryhmien rakenne.

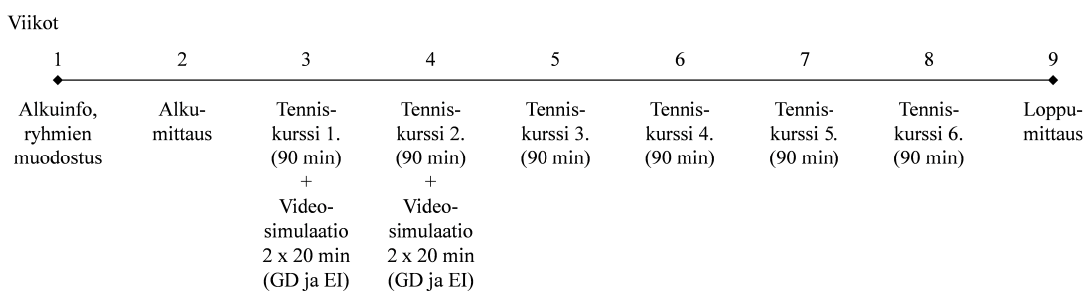
Ryhmä	Koehenkilöt		
	n	miehet	naiset
GD	9	5	4
EI	8	5	3 ^a
KH	8	3 ^a	5
KO	8	5	3
Yhteensä	33	18	15

^a Ryhmistä poistettu yksi koehenkilö poikkeuksellisten arvojen takia.

Analyysivaiheessa EI sekä KH ryhmistä poistettiin yksi koehenkilö huomattavan poikkeuksellisten arvojen takia. Toisen kohdalla kyseessä oli mittaustilanteessa sattunut virhe, joka vaikutti mittaustilanteen keston liialliseen pitenemiseen. Toisen kohdalla kyseessä oli poikkeuksellisen pitkä yksittäinen fiksaatio, joka vaikutti samalla monen eri muuttujan vääristymään.

7.2 Tutkimuksen kulku

Tutkimuksen eteneminen (kuva 6) mukailee Williams ym (2002b) tennistutkimusta monelta osin. Tutkimuksen alussa muodostettiin koeryhmät (4 kpl) alkuinfon ja ennakkotietojen perusteella. Näiden perusteella tutkimukseen ja tenniskurssille perustettiin kolme opetusryhmää (GD, EI ja KH) sekä yksi kontrolliryhmä. Opetusryhmät osallistuivat tenniskurssille, jossa harjoiteltiin yhden kerran viikossa kuuden viikon ajan (6 x 90 min) keskittyen tenniksen lajitaitojen sekä opettamiseen liittyvien taitojen kehittämiseen. Tämän lisäksi kaksi ryhmistä (GD ja EI) osallistuivat neljä kertaa kahden ensimmäisen viikon aikana (4 x 20 min) videoharjoitteluun. Siinä koehenkilölle näytettiin tenniksen takakentältä suoritettavia kenttälyöntejä pyrkien ryhmäkohtaisen ohjauksen kautta kehittämään pelaajan reaktiokykyä, ennakointi- ja päätöksentekotaitoja.



KUVA 6. Tutkimuksen eteneminen.

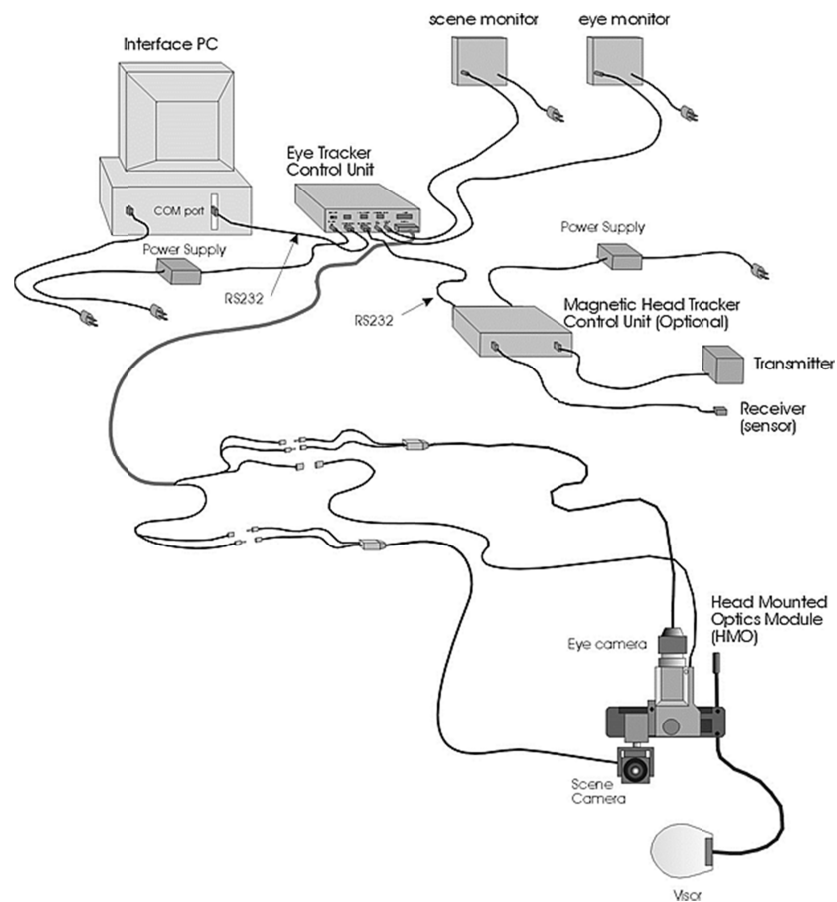
7.3 Tutkimuksen mittaus- ja analysointimenetelmät

Mittaustilanteissa tennislyönnit heijastettiin videoprojektorilla (Hitachi CP-X440) edestäpäin isolle valkokankaalle (180 cm x 180 cm), joka sijaitsi 4 m koehenkilön etupuolella. Videolla olevan pelaajan korkeus oli pyritty suhteuttamaan samankokoiseksi kuin miltä pelaaja näyttäisi oikealla tenniskentällä kentän toisesta päästä katsottuna (noin 24 metriä), mikä vastasi luonnollisessa tilanteessa noin 8,5 asteen visuaalista kulmaa näkökentässä.

Koehenkilön reagoitihetki rekisteröitiin painamalla tietokoneen näppäimistöltä välilyöntinäppäintä, jolloin samanaikaisesti heijastuskuva pimeni. Tätä hetkeä käytettiin tulosten analysoinnissa reagoitihetkenä ja samalla silmänliikeden päättymishetkenä. Välilyönнин painaminen oli yhdistetty CODAS-järjestelmään erillisen äänisensorin

kautta, josta saatiin markkeri niin välähdyksenä videokuvaan kuin aikamerkkinä tietojenkeräysjärjestelmään, helpottamaan analysointivaiheessa reagoitihetken määrittämistä sekä yksittäisten tilanteiden erottamista toisistaan.

Silmänliikkeet tallennettiin käyttämällä Applied Science Laboratoriesin valmistamaa mittaustalaitteistoa (kuva 7). Siihen kuului päähän asennettava ASL 501 silmänliikekamera (kuva 8), joka sisälsi myös näkökenttää tallentavan videokameran (EH-SSC). Tämä tiedonkeräysjärjestelmä oli videopohjainen, jolla pystyttiin optisesti mittaamaan yhdestä silmästä hyvinkin tarkasti koehenkilön silmien kohdistuspiste eli fiksaatiopiste (engl. eye line of gaze) näkökentässä suhteessa pään liikkeisiin sekä ympäristöön. Järjestelmä mittasi vasemmasta silmästä poikkeamaa pupillin sekä sarveiskalvorefleksin (valon heijastuminen sarveiskalvon pinnalta) välillä. Silmänliikkeiden kalibrointi suoritettiin aina ennen varsinaista mittausta käyttämällä järjestelmän omaa yhdeksän pistettä sisältävää kalibroitikehikkoa, joka heijastettiin valkokankaalle. Silmänliikeaineisto kerättiin ASL EYELINK 5000SU Eye Tracker laitteistolla, johon kaikki yksittäiset laitteet olivat kytettyinä. Tämä yksikkö oli yhteydessä tietokonepohjaiseen ohjelmaan EYE TRAC, johon varsinainen data tallennettiin analysointia varten. Analysointi suoritettiin EYE ANAL-ohjelmalla, joka muunsi silmänliikeaineiston koordinaatistoon, minkä avulla pystyttiin laskemaan muun muassa fiksaatiopisteen paikka tietyllä ajan hetkellä, josta voitiin taas selvittää fiksaatioiden määrä ja kesto. Lisäksi mittaustilanteista näkökenttää sekä fiksaatiopistettä koskeva video tallennettiin (Sony GV-D900E) tarkempaa analyysia varten PAL standardilla digitaalisena videona mini DV kasetille 50Hz taajuudella. Järjestelmän virhetarkkuus silmänliikkeen osalta oli ± 1 astetta näkökentässä, mutta laitteistolla oli mahdollista päästä jopa 0,5 asteen mittaustarkkuuteen niin horisontaalisesti kuin vertikaalisestikin (ASL 2001).



KUVA 7. Mittauslaitteiston järjestelyt (ASL 2001). Eye Tracking System Instruction Manual – Model 501 Head Mounted Optics. Manual version 2.0. Applied Science Laboratories.

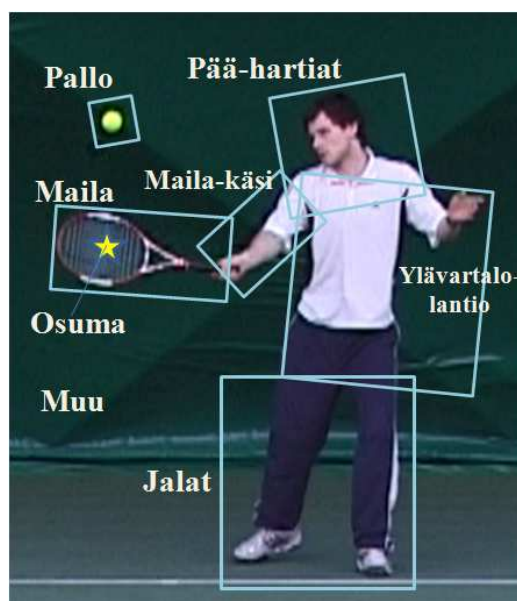


KUVA 8. Kannettava silmäliikelaitteisto ASL 501 (MBRU 2015).

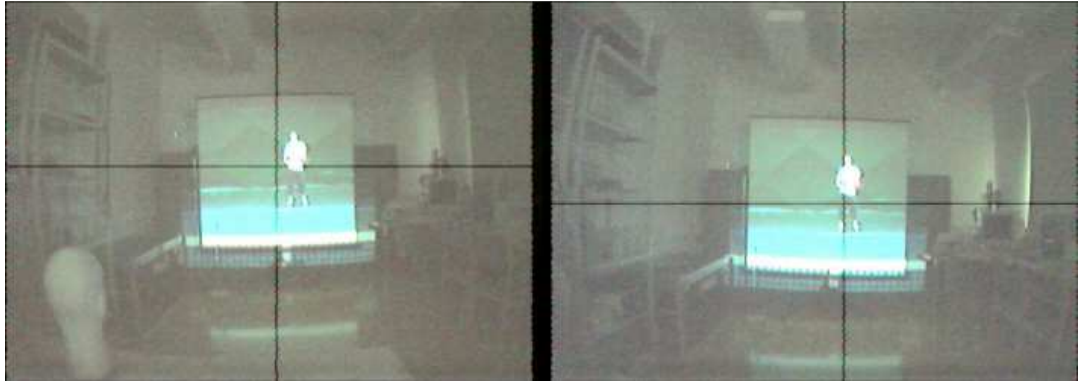
7.4 Silmänliikkeen analysointimenetelmän kehittäminen

Silmänliikkeen analysoinnissa ilmenneiden ongelmien takia tutkimuksessa jouduttiin kehittämään toinen mittaus- ja analysointimenetelmä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää havaintotaitojen eroja ryhmien välillä, mikä edellytti tarkkaa fiksaatioiden määrän, keston sekä paikan selvittämistä (AOI; engl. area of interest) näkökentästä. Näitä kutsutaan tarkastelualueiksi, joiden määrittely perustui pääosin Williams ym. (2002b) havainnointitutkimukseen (kuva 9). Tätä tietoa ei ollut mahdollista kerätä ASL:n EYEANAL ohjelmalla, koska lyövä pelaaja oli liikkeessä ja tuo järjestelmä edellytti varsin staattista kuvaa.

Tämän takia silmänliikkeiden mittausta ja analysointia varten kehitettiin uusi menetelmä, jossa käytettiin Dartfishin valmistamaa Dartfish 4.5. Team Pro ohjelmaa. Se on varsin yleisesti käytössä oleva sovellus, joka on kehitetty monipuoliseen videoiden katseluun, muokkaamiseen ja analysointiin. Tämän ohjelman avulla varsinainen aineisto kerättiin ASL:n kautta saadun silmänliikevideon (kuva 10) perusteella hyödyntäen ohjelman aikaleimaominaisuutta (engl. tagging). Siinä yksittäiseksi fiksaatioksi valittiin tietyllä noin 1-1,5 asteen alueella vietetty yli 100 ms kestoinen (William & Davids 1998; Manor & Gordon, 2003) pysähtyminen, joka mukailee myös ASL-järjestelmän fiksaation kestoja. Lisäksi uudella menetelmällä pystyttiin mittamaan kaikki tutkimuksessa käytetyt muuttujat, mutta se edellytti vain silmänliikevideota, jossa fiksaatiopiste oli näkyvässä.



KUVA 9. Tarkastelualueiden määrittely tutkimuksessa.



KUVA 10. Yksittäisen pelaajan silmäliikevideo, jossa fiksaatiopiste pysäytyskuvana alku- ja loppumittauksessa.

7.5 Videoharjoittelu mittaus- ja harjoitustilanteissa

Videoharjoittelua varten kerättiin näytteitä kolmen kansallisen tason pelaajan lyönneistä (yhteensä 240 lyöntiä, 3 x 80 lyöntiä). Kukin pelaaja löi pallotykin (12,7 m/s) toimittamia palloja ennalta määrättyihin maalialueisiin (suoraan eli linjalyönti, ristiin eli poikkikentän lyönti/krossilyönti, eteen lyhyenä eli pysäytyslyönti/stoppari ja taakse pitkänä korkeana eli koholyönti/lob) mahdollisimman pelkistelyillä tekniikoilla ilman lyönnin hämäämistä tai peittämistä. Näytteet kuvattiin kentän toisesta päästä takaa niin sanotusti koehenkilön tai palauttavan pelaajan näkökulmasta sekä toisella kameralla lyövän pelaajan oikealta puolelta osumakohdan tarkan ajankohdan varmistamiseksi, jota myöhemmin käytettiin reagoinnin nollahetkenä.

Varsinaiseen videoharjoitteluun sekä mittauksiin valittiin kaikkien videoitujen lyöntien joukosta teknisesti mahdollisimman hyviä suorituksia. Tämän valinnan teki neljän kokeneen kansallisen tason tennisvalmentajan muodostama arviointiraati pisteyttäen yksittäiset suoritukset hyödyntäen Likert -asteikkoa (1-11, huono vs. hyvä) ja valiten tutkimukseen kaikki yli 7 pistettä saaneet lyöntinäytteet.

Tutkimuksen aikana kaksi opetusryhmää (GD ja EI) osallistui tenniskurssin lisäksi videoharjoitteluun, jossa heille näytettiin satunnaisessa järjestyksessä poimittuja lyöntitilanteita yhteensä 20 kappaletta valittuna 120 näytteen joukosta. Kukin lyönti näytettiin kahteen kertaan, jossa ensimmäisellä kerralla tilanne pysähtyi osumahetkeen ja video hävisi näkyvistä, minkä aikana koehenkilöä opastettiin reagoimaan mahdollisimman nopeasti ja tarkasti, minkälainen lyöntisuoritus oli ja minne se suuntautui. Tämän jäl-

keen koehenkilölle annettiin 20 sekunnin aikana ohjeistusta oman opetusryhmänsä painotuksen mukaan (taulukko 5) keskittyen parantamaan pelaajan kykyä ennakoita mahdollisimman nopeasti ja tarkasti lyönnin suunta. Toisella näyttökerralla sama tilanne toistettiin hidastettuna ja näyttäen myös pallon suunta palautteen saamiseksi.

Ohjeistus painottui eri lyöntien ydinkohtiin sekä mahdollisiin yleisesti tenniksessä hyväksytyihin vihjeisiin lyöntien tunnistamiseksi ja mahdollisen suunnan ennakoimiseksi (taulukko 5). Suoran ohjauksen (EI) ryhmä sai hyvinkin yksilöllisiä vihjeitä. Oivaltavan ohjauksen (GD) ryhmä sai vähemmän tarkkoja, kehon osiin painottuvia ohjeita, joiden avulla koehenkilöä rohkaistiin itse oivaltamaan, miten mailan ja vartalon asennot ja liikeradat vaikuttivat lyönnin lopputulokseen.

TAULUKKO 5. Suoran ja oivaltavan ohjauksen havainnointiohjeet harjoittelun aikana.

SUORA OHJAUS (EI)	OIVALTAVA OHJAUS (GD)
<p>1. <i>PYSÄYTYSLYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan takaheilahdusta, näetkö kuinka pieni takaheilahdus on verrattuna muihin lyönteihin. Katso pelaajan lantiota ja hartioita, huomaatko miten vähän ne kiertyvät verrattuna muihin lyönteihin. 	<p>1. <i>PYSÄYTYSLYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan takaheilahdusta Katso pelaajan lantiota ja hartioita.
<p>2. <i>KOHOLYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso mailan heilahdusta, näetkö miten mailan liikerata on enemmän alhaalta ylöspäin verrattuna muihin lyönteihin. Katso pelaajan etummaista polvea ja ylävartaloa, näetkö miten polvi taipuu ja ylävartalo laskee enemmän verrattuna muihin lyönteihin. 	<p>2. <i>KOHOLYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso mailan heilahdusta. Katso pelaajan etummaista polvea ja ylävartaloa.
<p>3. <i>POIKKIKENTÄN LYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan lantiota ja hartioita kun hän valmistautuu lyöntiin, näetkö miten ne ovat avoimempia verrattuna muihin lyönteihin. Katso pelaajan lantiota ja hartioita lyönnin aikana, näetkö miten ne kiertyvät enemmän verrattuna muihin lyönteihin. Katso mailan heilahdusta. huomaatko miten osumakohta palloon on edempänä verrattuna muihin lyönteihin. 	<p>3. <i>POIKKIKENTÄN LYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan lantiota ja hartioita, kun hän valmistautuu lyöntiin Katso pelaajan lantiota ja hartioita lyönnin aikana. Katso mailan heilahdusta.
<p>4. <i>LINJALYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan lantiota ja hartioita kun hän valmistautuu lyöntiin, näetkö miten ne ovat suljetumpana verrattuna muihin lyönteihin Katso pelaajan lantiota ja hartioita lyönnin aikana, näetkö miten ne kiertyvät vähemmän verrattuna poikkikentän lyönteihin Katso mailan heilahdusta, huomaatko miten osumakohta palloon on taaempänä verrattuna muihin lyönteihin 	<p>4. <i>LINJALYÖNTI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Katso pelaajan lantiota ja hartioita, kun hän valmistautuu lyöntiin Katso pelaajan lantiota ja hartioita lyönnin aikana. Katso mailan heilahdusta.

Mittaustilanteissa käytettävä video sisälsi yhteensä 30 näytettä (9 poikkikentän, 9 linja-, 6 koho- ja 6 pysäytyslyöntiä) satunnaisessa järjestyksessä esiteltynä. Alku- ja loppumittauksessa käytettiin samaa videota, mutta se sisälsi eri lyöntivideoita kuin varsinaisen harjoitteluvaiheen aikana käytetty video. Ennen varsinaista mittausta koehenkilölle näytettiin 6 harjoitustilannetta, jotka toimivat niin sanotusti lämmittelyä ja valmistautumisenä varsinaiseen testiin. Tutkimuksessa yksittäiset videonäytteet olivat kukin maksimissaan 4 sekunnin pituisia ja tilanteiden välissä oli 10 sekunnin tauko, joka alkoi koehenkilön reagoitua edelliseen tilanteeseen.

7.6 Koehenkilöiltä valitut tilanteet tutkimusta varten

Mittaustilanteessa näytetyistä lyöntitilanteista kultakin koehenkilöltä valittiin analysoitavaksi yksi tilanne, jossa reaktioaika oli eniten parantunut alku- ja loppumittauksen välillä (taulukko 6). Tämän lisäksi kyseisen lyönnin kohdalla ei saanut olla puutteita silmänliikeaineiston tai videoinnin kohdalla. Perusteena yksittäisen lyöntitilanteen valinnalle oli erityisesti silmänliikeanalysointiin tarvittava huomattava työmäärä.

TAULUKKO 6. Tutkimukseen analysoitavaksi valitut lyönnit tutkimusryhmittäin.

Ryhmä	Lyönnit				Yhteensä
	Pysäytyslyönti	Koholyönti	Poikkikentän lyönti	Linjalyönti	
GD	7		1	1	9
EI	5	2		1	8
KH		4	3	1	8
KO	2	2	1	3	8
Yhteensä	15	9	5	6	33

7.7 Analysoitavat muuttujat ja analyysimenetelmät

Tutkimuksessa käytettiin monia muuttujia, joista suurin osa valittiin kuvaamaan havainnointitaitojen eroja ennakoitaidon kehittymisen selvittämiseksi.

Reaktioaika: Valintareaktio lyönnin oletetusta suunnasta eli hetki, jolloin koehenkilö tietää täysin varmasti, minne lyönti suuntautuu neljästä eri vaihtoehdosta. Mitataan aikaerotuksena pallon ja mailan osumahetkestä joko positiivisena (reagointi osumahetken jälkeen) tai negatiivisena (reagointi ennen osumahetkeä). Tuloksissa käytetään CODAS-järjestelmällä saatuja arvoja.

Fiksaatioiden määrä (kpl): Lasketaan yksittäisten yli 100 ms samassa paikassa, noin 1-1,5 asteen alueella (William & Davids 1998; Manor & Gordon, 2003) kestäneiden fiksaatioiden määrä. Mittausvaiheessa selvitettiin myös fiksaatioiden ”ketjutus” eli eri tarkastelualueisiin kohdistunut katselupolku ensimmäisestä fiksaatiosta viimeiseen fiksaatioon.

Fiksaatioiden kesto (ms): Lasketaan yksittäisten yli 100 ms fiksaatioiden keskimääräinen kesto eri kohteissa.

Fiksaatioiden suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta (%): Kuvaa tavallaan ”fiksaatiotehokkuutta” eli paljonko aikaa käytetään fiksaatioihin kokonaiskatseluajasta. Muuttuja lasketaan erillisellä kaavalla, jossa kerrotaan fiksaatioiden määrä (fix) ja fiksaatioiden kesto (fix[t]) suhteutettuna kokonaiskatselu aikaan (T): $Fix (\%) = (fix * fix[t]) / T \%$.

Viimeisen fiksaation kesto ja paikka (ms ja alue): Lasketaan viimeisen fiksaation kesto ja paikka ennen reaktiohetkeä.

Tarkastelualueiden määrä (kpl): Lasketaan fiksaatioiden määrä eri tarkastelualueissa. Koehenkilö voi fiksoida useastikin samaan alueeseen yksittäisen lyöntitilanteen kohdalla.

Tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen (%): Lasketaan eri tarkastelualueisiin käytettyjen fiksaatioiden kestosta suhteutettuna kokonaiskatselu aikaan.

Tuloksia analysoitiin IBM SPSS 19.0 for Windows-ohjelmalla. Analysointimenetelminä käytettiin aineiston kuvailua ryhmätasolla keskiarvoilla ja keskihajonnoilla (hajontapylvää). Parittaisella t-testillä tutkittiin alku- ja loppumittauksen välisiä eroja ja niiden merkitsevyyttä kaikissa riippuvissa muuttujissa. Ryhmien välisiä eroja arvioitiin Kruskal-Wallis testillä sekä yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Post hoc TUKEY-testiä käytettiin selvittämään tarkemmin, mitkä ryhmät erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

Lisäksi tarvittaessa ryhmien välisiä eroja selvitettiin yhdistämällä videoharjoittelua sekä ohjeistusta saanut ryhmä yhdeksi koeryhmäksi, jota sitten verrattiin muihin ryhmiin. Tällä tavoin pystyttiin tarkentamaan videoharjoittelun vaikutusta muihin ryhmiin.

7.8 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta kuvataan useimmiten validiteetilla ja reliabiliteetilla. Validiteetilla tarkoitetaan mittarin ja tutkimuksen kykyä mitata sitä, mitä on tarkoituskin mitata eli pätevyyttä. (Hirsjärvi ym. 2009, 231; Metsämuuronen 2005, 64–66; Vehkalahti 2008, 40–41.) Validiteettia pidetään mittauksen kannalta tärkeänä, sillä ellei mitata oikeaa asiaa, ei reliabiliteetillakaan ole mitään merkitystä (Vehkalahti 2008, 41). Validiteetti voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen validiteettiin. Ulkoisella validiteetilla tarkoitetaan yleisesti ottaen tutkimuksen yleistettävyyttä, joka riippuu paljolti otannasta. (Metsämuuronen 2005, 57). Tämän tutkimuksen kohdejoukko oli valittu harkinnanvaraisesti, mikä laskee tutkimuksen ulkoista validiteettia. Tutkimukseen osallistuvat henkilöt olivat Jyväskylän yliopiston opiskelijoita eli edustivat vain pientä osaa kokonaisuudesta, täten tilastollinen yleistettävyys ei ole tämän johdosta mahdollista. Lisäksi tutkimuksen otoskoko, 35 koehenkilöä, on yleistettävyuden kannalta suhteellisen pieni. Tutkimuksen toteutuksen kannalta se on kuitenkin helpommin hallittavissa.

Tutkimuksen sisäinen validiteetti voidaan jakaa koskemaan tutkimuksen sisältöä, rakennetta tai ennustettavuutta. Osaltaan sisäinen validiteetti pyrkii yhdistämään mittarit, teorian ja käsitteet sekä löytämään niiden välille loogisen yhteyden tutkittavaan ilmiöön. Sitä voidaan varmistaa hyvällä suunnittelulla sekä harkituilla tiedonkeruutavoilla. (Metsämuuronen 2005, 57, 65, 108.) Tämä tutkimus mukailee aiemmin toteutettua Williams

ym. (2002b) tutkimusta, joka lisää sisäistä validiteettia. Lisäksi käytetyt muuttujat ovat teorian sekä käytännön mukaan yhdistetty kuvaamaan haluttua ilmiötä ja sen muutosta.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan mittauksen toistettavuutta, satunnaisvirheettömyyttä tai luotettavuutta (Hirsjärvi ym. 2009, 231, 186; Metsämuuronen 2005, 64–66). Lyhyesti reliabiliteetti tarkoittaa mittauksen tai tutkimuksen kykyä mitata johdonmukaisesti samaa asiaa, johon satunnaisvirheet tai olosuhteet eivät juurikaan vaikuta (Hirsjärvi ym. 2009, 231). Tätä voidaan mitata kolmella eri tavalla, jotka ovat rinnakkaismittaus, uudelleenmittaus eli toistomittaus sekä sisäinen yhtenevyys eli konsistenssi. Rinnakkaismittauksella saadaan samoja tuloksia kahdella eri mittarilla mitattuna. Toistomittauksella mitataan samalla testillä useita kertoja ennalta määritellyn ajanjakson välein ja lasketaan samojen muuttujien kahden eri mittauskerran välistä korrelaatiota. Lisäksi reliabiliteettia voidaan mitata konsistenssin eli yhtenäisyyden kautta, joka tarkoittaa useista väittämistä koostuvan mittarin puolittamista kahteen samaa asiaa mittaavaan alajoukkoon. Tällöin molempia väittämäjoukkoja verrataan keskenään ja niiden välille pyritään saamaan mahdollisimman suuri korrelaatiokerroin (Metsämuuronen 2005, 65–67.)

Tässä tutkimuksessa käytössä oli niin reaktioajan kuin fiksaatioiden määrän, keston sekä paikan mittaamisessa kolme varsin erilaista järjestelmää eli ASL-, CODAS- sekä Dartfish-järjestelmä. Osaksi tätä järjestelyä voidaan pitää toistomittauksena, koska samaa aineistoa pystyttiin eri järjestelmillä vertaamaan ja valitsemaan muuttujakohtaisesti soveltuva, mutta siltikin yhtä luotettava mittaustapa. Muuttujien reliabiliteettivertailu (taulukko 7) eri mittausjärjestelmien välillä osoittaa, että eri järjestelmien välillä saadaan 95,3 – 99,0 % yhteneväisyys tuloksissa. KO ryhmän osalta ASL-silmän-liikCEDatan puuttuminen heikentää tutkimuksen kokonaisreliabiliteettia, mutta voidaan olettaa senkin vastaavan muiden ryhmien sisäistä reliabiliteettia.

TAULUKKO 7. Reliabiliteetin vertailu mittausjärjestelmittäin eri muuttujille (ryhmäkeskiarvot).

Muuttuja	Järjestelmä	Ryhmät					Yhtäpitävyys %
		GD	EI	KH	KO	Kaikki	
Reaktioaika (ms) Alku	CODAS	371	338	530	420	414	99,0
	DF	358	335	528	425	410	
Reaktioaika (ms) Loppu	CODAS	-380	-369	63	149	-142	96,0
	DF	-387	-381	60	145	-148	
Fiksaatioiden määrä Alku	ASL	5,9	4,8	6,0	^a	5,6	98,2
	DF	5,9	5,0	5,0	6,1	5,5	
Fiksaatioiden määrä Loppu	ASL	4,4	3,5	5,1	^a	4,4	97,7
	DF	4,7	3,1	4,5	4,8	4,3	
Fiksaation kesto (ms) Alku	ASL	397	517	407	^a	439	97,9
	DF	388	471	508	352	430	
Fiksaation kesto (ms) Loppu	ASL	373	487	436	^a	429	97,7
	DF	377	535	453	397	439	

^a Kontrolliryhmän silmäliikedataa ei ole analysoitu ASL-järjestelmällä vaan Dartfish-järjestelmällä sen paremman soveltuvuuden takia.

GD, ohjatun oivaltamisen ryhmä; EI, suoran ohjauksen ryhmä; KH, kenttäharjoitteluryhmä; KO, kontrolliryhmä; DF, Dartfish-ohjelma; ASL, ASL-EYEANAL-ohjelma

8 TULOKSET

Mitattujen muuttujien tulokset on esitetty ryhmäkohtaisina keskiarvoina ja hajontoina alku- ja loppumittauksen osalta taulukoissa ja kuvissa. Päätulokset on lisäksi koostettu taulukkomuotoon liitteessä 1. Alku- ja loppumittausten välisiä eroja tarkasteltiin riippuvien otosten parittaisella t-testillä ja ryhmien välisiä eroja muutoksessa tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssi analyysillä (ANOVA) sekä TUKEY post hoc testillä.

8.1 Reaktioaika

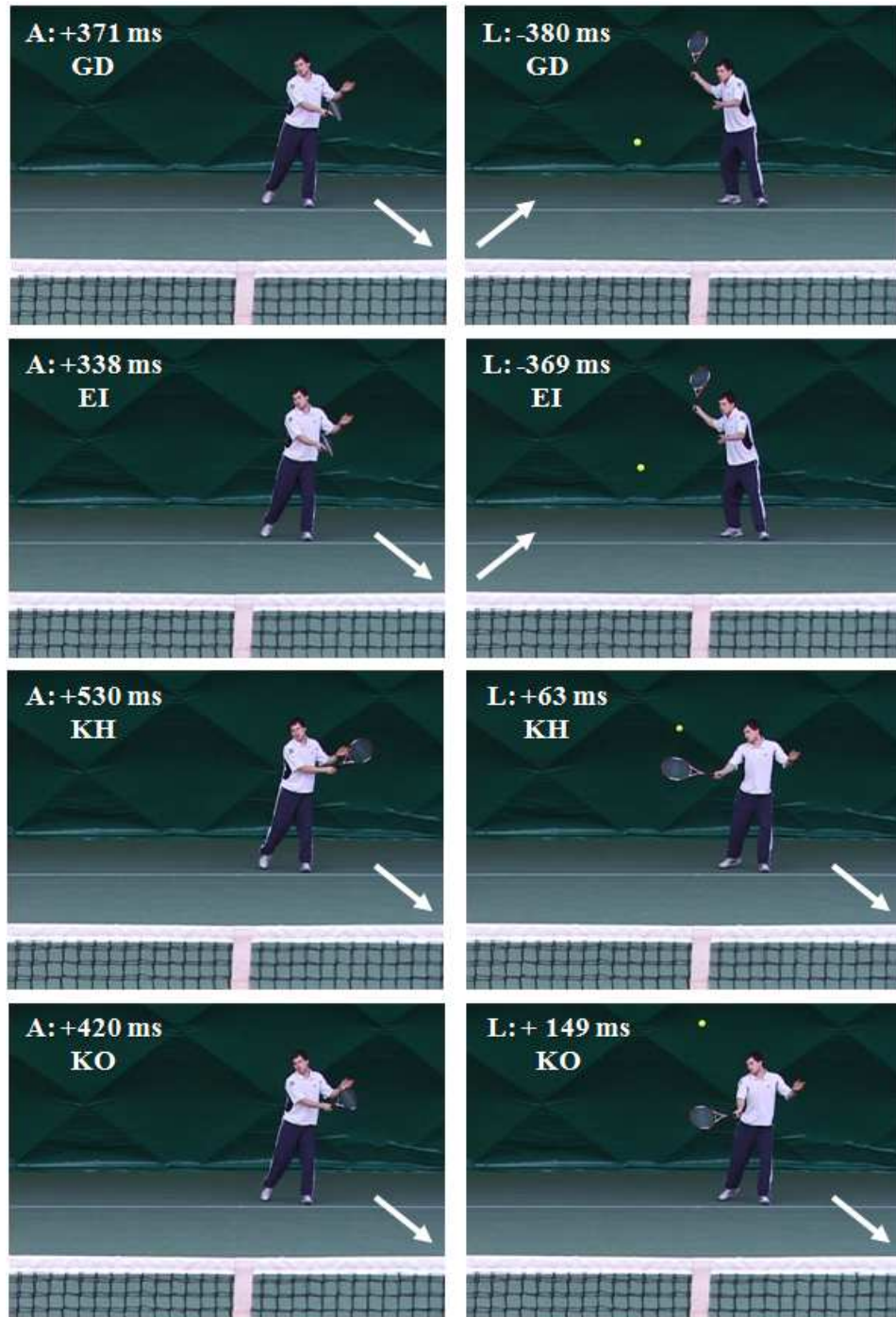
CODAS-järjestelmällä mitatuissa reaktioajoissa tapahtui merkitsevää kehitystä kaikilla ryhmillä (taulukko 8). GD ja EI ryhmät pystyivät loppumittaustilanteessa reagoimaan selkeästi ennen osumahetkeä, kun taas KH ja KO ryhmät reagoivat hieman osumahetken jälkeen. Reaktioajan muutoksessa havaittiin myös merkitsevä ero ryhmien välillä. GD ja EI ryhmien reaktioajat kehittyivät merkitsevästi enemmän kuin KH ja KO ryhmien: GD vs. KO ($p=0.000$), GD vs. KH ($p=0.016$) ja EI vs. KO ($p=0.000$). EI vs. KH ero ($p=0.063$) jäi hieman alle merkitsevyystasojen.

TAULUKKO 8. Reaktioaika (ms) alku- ja loppumittauksessa. GD, ohjatun oivaltamisen ryhmä; EI, suoran ohjauksen ryhmä; KH, kenttäharjoitteluryhmä; KO, kontrolliryhmä.

Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	371 (304)	-380 (220)	-751 (260)	8.647	0.000***
EI	338 (219)	-369 (137)	-707 (108)	18.445	0.000***
KH	530 (275)	63 (183)	-467 (194)	6.797	0.000***
KO	420 (189)	149 (199)	-271 (107)	7.417	0.000***
F-arvo	0.879	18.137	12.291		
p-arvo	0.464	0.000***	0.000***		

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Videotestin reagoitihetket alku- ja loppumittauksessa on havainnollistaen esitetty eri ryhmien osalta kuvassa 11. Vasemmalla puolen on kuvattu alkutilanne ja oikealla lopputilanne. Ajat ovat millisekunteina ennen (-) tai jälkeen (+) vastustajan pallokontaktia ja tätä auttamaan on lisätty myös pallon liikesuunta valkoisella nuolella siten, että pelaaja kohti tuleva pallo tarkoittaa reaktiota ennen pallokontaktia.



KUVA 11. Eri ryhmien keskiarvoistettu reaktioaika alku- (vasen) ja loppumittauksessa (oikea).

8.2 Fiksaatioiden määrä

Fiksaatioiden määrä väheni kaikilla ryhmillä (taulukko 9). Fiksaatioiden määrässä havaittiin alku- ja loppumittauksen välillä merkitsevä ero ryhmillä GD ja EI. Fiksaatioiden määrän muutoksessa ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja.

TAULUKKO 9. Fiksaatioiden määrä alku- ja loppumittauksessa.

Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	5,9 (1,4)	4,7 (1,4)	-1,2 (1,4)	2.630	0.030*
EI	5,0 (1,8)	3,1 (0,6)	-1,9 (2,0)	2.611	0.035*
KH	5,0 (1,5)	4,5 (1,1)	-0,5 (1,4)	1.000	0.351
KO	6,1 (1,7)	4,8 (0,7)	-1,4 (1,7)	2.308	0.054
F-arvo	1.111	4.510	0.957		
p-arvo	0.361	0.010**	0.426		

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$

8.3 Fiksaatioiden kesto

Fiksaatioiden keskimääräinen kesto kasvoi ryhmillä EI ja KO sekä pieneni ryhmillä GD ja KO (taulukko 10). Alku- ja loppumittauksen välillä ei havaittu merkitseviä eroja. Lisäksi fiksaatioiden keston muutoksessa ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja.

TAULUKKO 10. Fiksaatioiden kesto (ms) alku- ja loppumittauksessa.

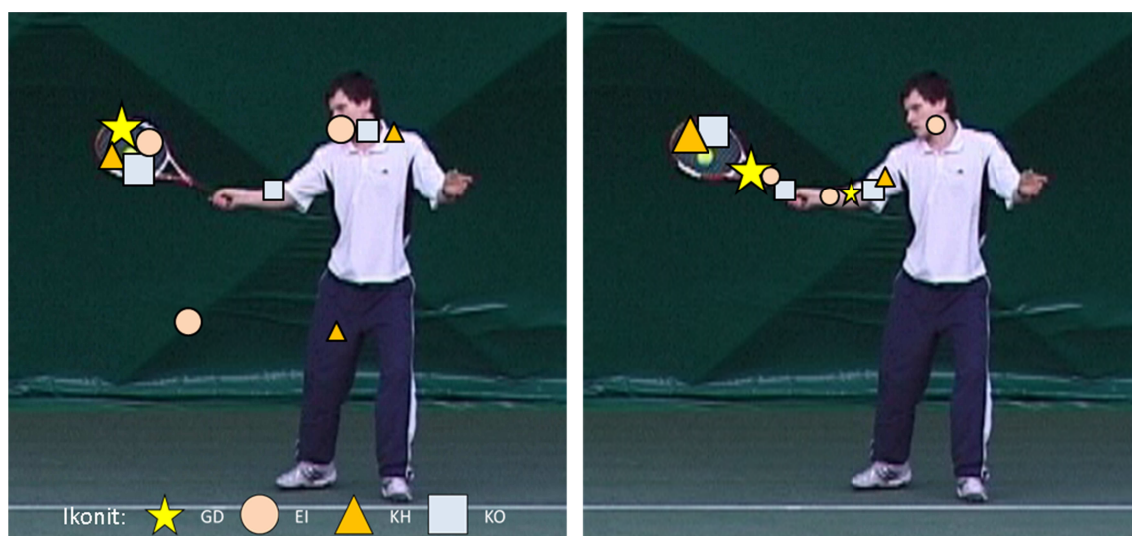
Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	388 (116)	377 (108)	-11 (132)	0.254	0.806
EI	471 (150)	535 (174)	64 (265)	-0.684	0.516
KH	508 (160)	453 (117)	-55 (123)	1.261	0.248
KO	353 (112)	397 (104)	44 (122)	-1.019	0.342
F-arvo	2.266	2.533	0.806		
p-arvo	0.102	0.076	0.501		

8.4 Viimeisen fiksaation kesto ja paikka

Viimeisen fiksaation kesto kasvoi muilla paitsi ryhmällä KH (taulukko 11). Viimeisen fiksaation kesto vaihteli paljon, jonka takia loppumittauksenkin hajonnat jäivät varsin suuriksi. Alku- ja loppumittauksen välillä ei havaittu merkitseviä eroja minkään ryhmän kohdalla. Myöskään viimeisen fiksaatioiden keston muutoksessa ei löydetty ryhmien välillä merkitsevyyksiä. Viimeisen fiksaation paikka (kuva 12) vaihteli alkumittauksessa paljon eri tarkastelualueissa (AOI), mutta loppumittauksessa oli havaittavissa lievää ”tiivistymistä” alueiden suhteen eli lähes kaikille ryhmillä katse oli kädessä, mailassa tai osumakohdassa.

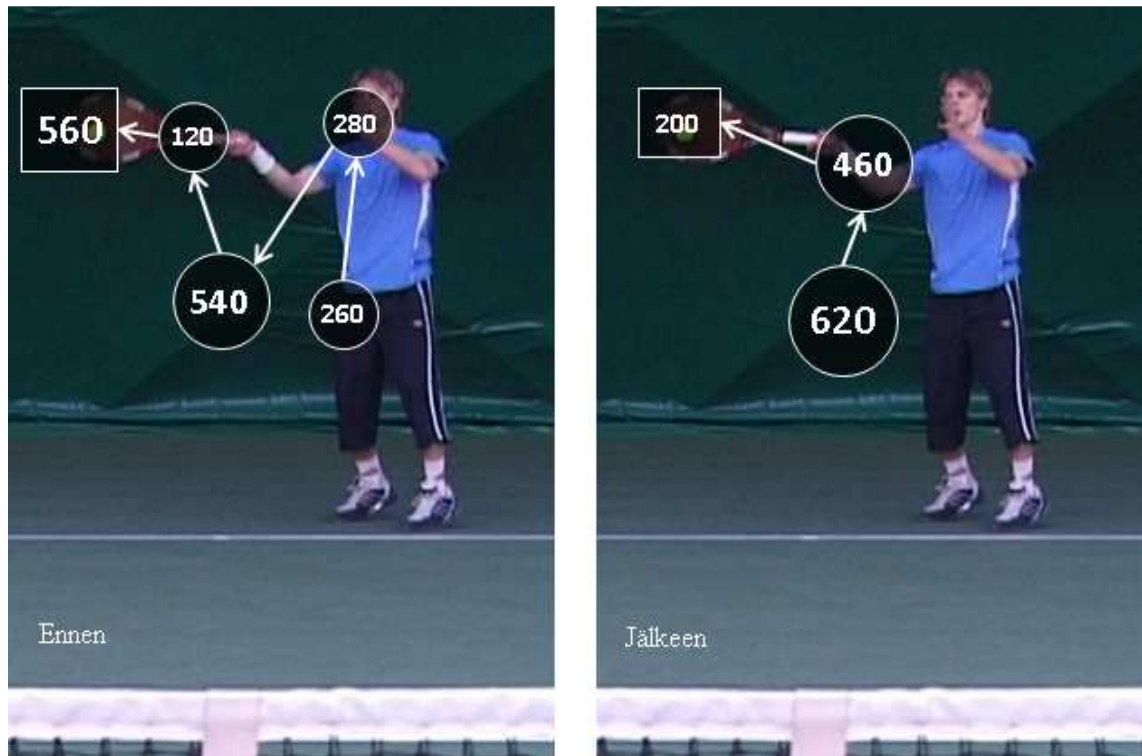
TAULUKKO 11. Viimeisen fiksaatioiden kesto (ms) alku- ja loppumittauksessa.

Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	331 (274)	382 (214)	51 (320)	-0.479	0.645
EI	540 (433)	738 (655)	198 (858)	-0.651	0.536
KH	543 (591)	373 (367)	-170 (294)	1.638	0.145
KO	325 (326)	458 (270)	133 (508)	-0.738	0.485
F-arvo	0.709	1.428	0.701		
p-arvo	0.554	0.255	0.554		



KUVA 12. Viimeisen fiksaation paikka eri ryhmien välillä alku- ja loppumittauksessa (ikonin koko kertoo paikan yleisyydestä ryhmä sisällä).

Fiksaatioiden kestossa, paikoissa ja etenkin viimeisessä fiksaatioissa oli huomattavia eroja ryhmien välillä osaltaan johtuen lyöntitilanteiden erosta. Muutokset yksittäisen koehenkilön kohdalla saattoivat myös erota paljon eri mittauskertojen välillä. Kuvassa 13 on eriteltyä yksittäisen koehenkilön muutos fiksaatioiden kestossa eri tarkastelualueisiin, josta muodostuu myös katselupolku.



KUVA 13. Fiksaatioiden määrä, kesto (ms), paikka sekä viimeisen fiksaation paikka (suorakulmainen laatikko) yksittäisellä koehenkilöllä (EI-ryhmä) alku ja loppumittauksessa.

8.5 Fiksaatioiden suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta

Fiksaatioiden suhteellinen kesto laskettiin kaavalla $\text{Fix (\%)} = (\text{fix} * \text{fix}[t]) / T$ ja saatu suhteellinen muuttuja huomioi katseluajan poikkeavuudet eri mittauskertojen välillä. Fiksaatioihin käytetty suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta (taulukko 12) kasvoi kaikilla ryhmillä, mutta erityisesti videoharjoitteluryhmillä GD ja EI. Alku- ja loppumittauksen välillä ei havaittu merkitseviä eroja vaikkakin ryhmä GD p-arvo 0.055 jäikin hieman merkitsevyysrajan ulkopuolelle. Myöskään suhteellisen keston muutoksessa ei ollut ryhmien välillä merkitseviä eroja.

TAULUKKO 12. Fiksaatioiden suhteellinen kesto (%) kokonaiskatseluajasta alku- ja loppumittauksessa.

Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	82,3 (5,2)	87,3 (4,3)	5,0 (6,7)	-2.249	0.055
EI	88,5 (5,4)	91,6 (3,7)	3,1 (5,4)	-1.630	0.147
KH	86,5 (4,9)	86,7 (4,3)	0,2 (4,4)	-0.090	0.931
KO	82,6 (7,0)	84,1 (3,6)	1,5 (4,4)	-0.996	0.353
F-arvo	2.426	4.931	1.300		
p-arvo	0.086	0.007**	0.293		

** $p \leq 0.01$

8.6 Tarkastelualueiden määrä

Kaikkien ryhmien kohdalla tarkastelualueiden (AOI, engl. are of interest) määrä väheni tutkimuksen aikana (taulukko 13). Eniten tarkastelualueiden määrä sekä hajonta pienenevät videoharjoitteluryhmillä GD ja EI. EI ryhmällä muutos alku- ja loppumittauksen välillä oli suurin niin suhteellisesti kuin määrällisestikin ja tämä tilastollisesti melkein merkitsevä ero. Myös GD ($p=0.104$) ryhmä pääsi kohtuullisen lähelle merkitsevyysrajaa. Tarkastelualueiden määrän muutoksessa ei havaittu ryhmien välillä merkitsevyysä.

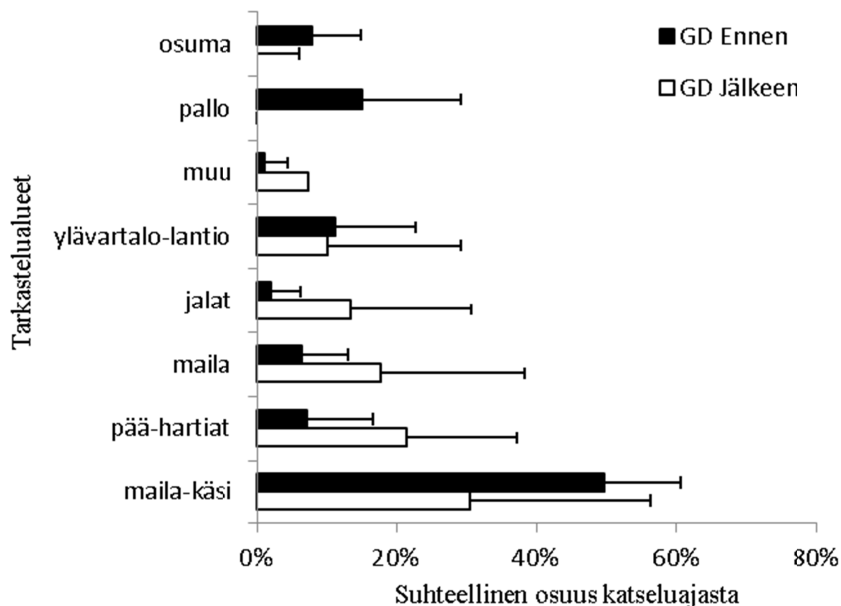
TAULUKKO 13. Tarkastelualueiden määrä eri ryhmillä alku- ja loppumittauksessa.

Ryhmä	Alkumittaus ka (kh)	Loppumittaus ka (kh)	Muutos ka (kh)	t-arvo	p-arvo
GD	4,6 (1,1)	3,7 (0,9)	-0,9 (1,5)	1.835	0.104
EI	4,3 (1,2)	2,8 (0,9)	-1,5 (1,3)	3.240	0.014*
KH	3,8 (0,9)	3,5 (0,8)	-0,3 (1,0)	0.683	0.516
KO	4,9 (1,1)	4,3 (0,7)	-0,6 (1,1)	1.667	0.140
F-arvo	1.570	4.671	1.451		
p-arvo	0.218	0.009**	0.248		

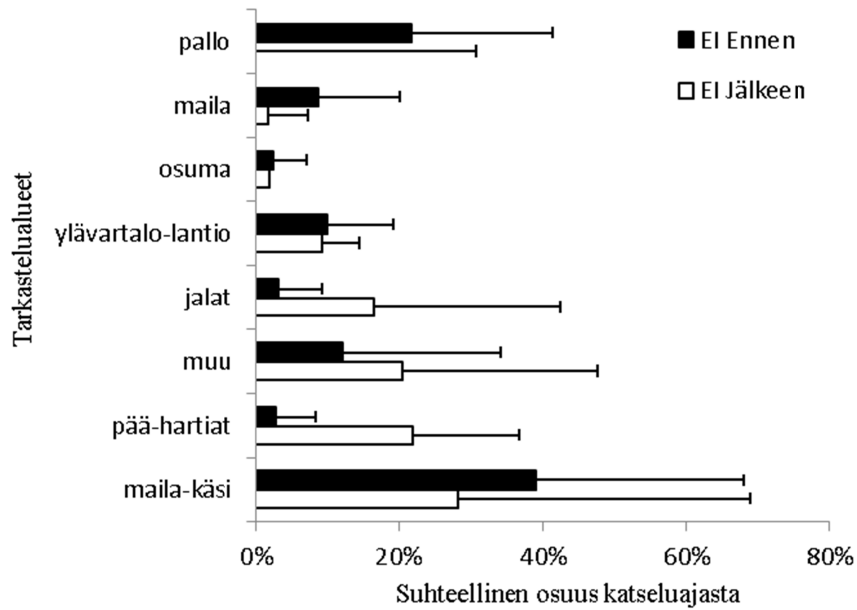
* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$

8.7 Tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen

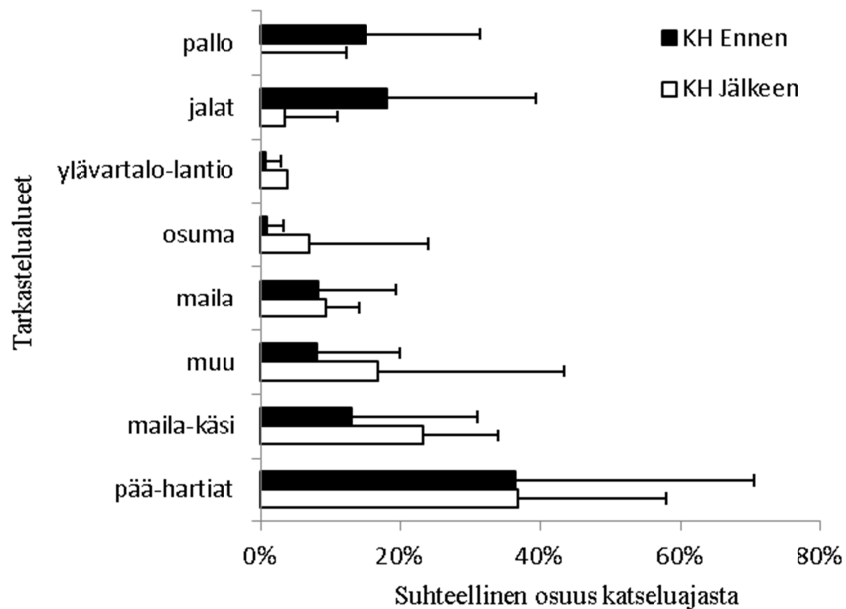
Tuloksissa tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen muuttui alku- ja loppumittauksen välillä (kuvat 14-17). Erot ryhmien välillä ja ryhmän sisällä olivat edelleen varsin isoja sekä keskihajonnat isoja, joka osaltaan johtui eri lyöntivalikoimasta yksilöiden välillä. Kuvassa on eroteltuna tarkastelualueet ja niiden suhteellinen jakautuminen kokonaiskatseluajasta on eritelty ryhmäkohtaisesti. Alkumittauksissa tarkastelualueita oli useampia ja niihin käytettiin paljon aikaa. Erityisesti pää-hartiat, maila-käsi sekä maila olivat eniten seurattuja kohteita ja vähiten seurattuja alueita olivat pallo, jalat sekä ylävartalo-lantio. Loppumittauksissa tarkastelualueiden määrä pieneni ja samalla jonkun osan katselu-aika muuttui huomattavasti. Eniten seurattiin pää-hartiat, maila-käsi sekä muu alueita ja vähiten seurattiin osumaa sekä palloa. Kontrolliryhmässä muutokset tarkastelualueiden ja niihin käytettävän ajan välillä eivät muuttuneet juurikaan. Sen sijaan GD ja EI ryhmän ohjeistus vaikutti korostuneesti siihen, että tarkastelualueiden määrä väheni. Lisäksi näillä ryhmillä pallon ja osumakohtaan seuraaminen jäi lähes kokonaan pois, jolloin myös alueisiin pää-hartiat sekä jalat keskityttiin huomattavasti enemmän. KH ryhmällä muutosta oli eniten muu-alueen sekä maila-käsi sekä osumakohtaan kasvaminen.



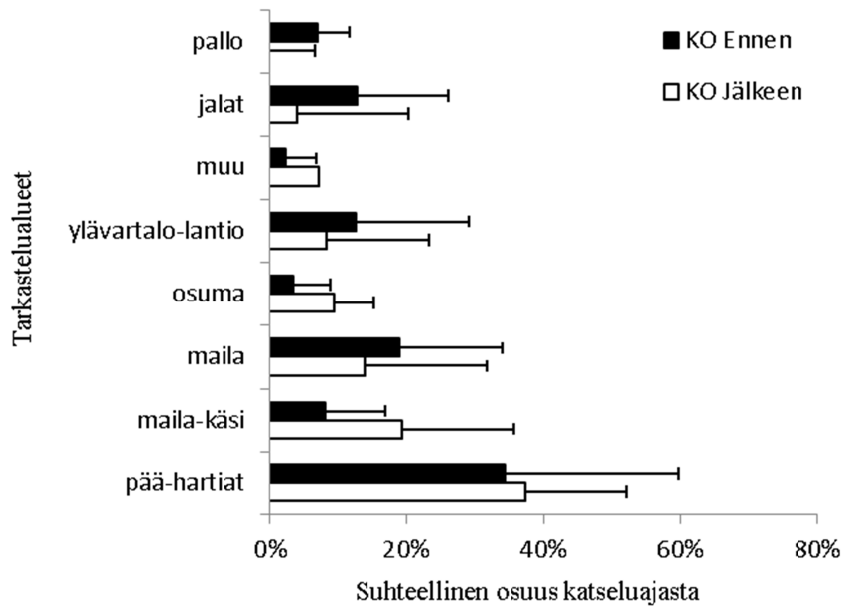
KUVA 14. Tarkastelualueiden jakautuminen (%) GD ryhmällä alku- ja loppumittauksessa (järjestys loppumittauksen mukaan, alhaalla ajallisesti eniten katsottu alue).



KUVA 15. Tarkastelualueiden jakautuminen (%) EI ryhmällä alku- ja loppumittauksessa (järjestys loppumittauksen mukaan, alhaalla ajallisesti eniten katsottu alue).

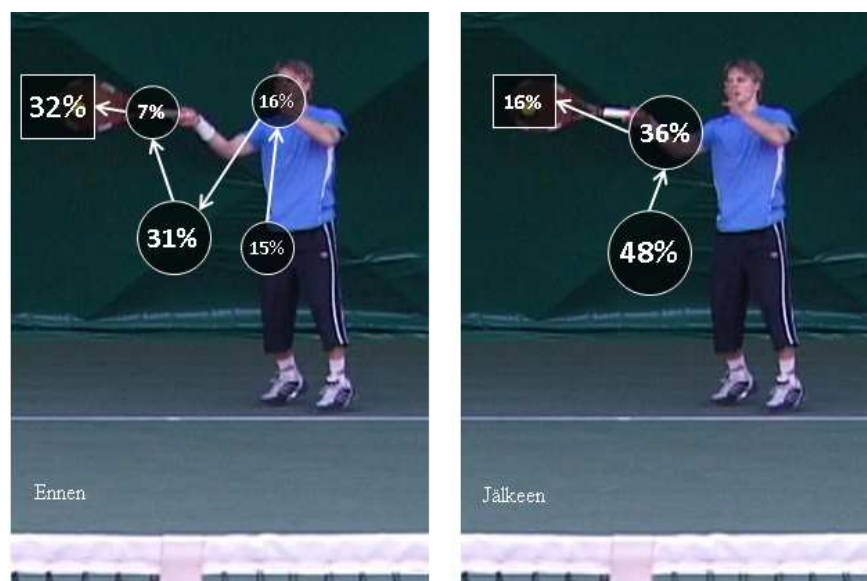


KUVA 16. Tarkastelualueiden jakautuminen (%) KH ryhmällä alku- ja loppumittauksessa (järjestys loppumittauksen mukaan, alhaalla ajallisesti eniten katsottu alue).



KUVA 17. Tarkastelualueiden jakautuminen (%) KO ryhmällä alku- ja loppumittauksessa (järjestys loppumittauksen mukaan, alhaalla ajallisesti eniten katsottu alue).

Kuvassa 18 on eriteltyä yksittäisen pelaajan tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen alku- ja loppumittauksessa. Alkumittauksessa seurantaketju seuraava: jalat - päähartiat - muu - maila - osuma (viimeinen fiksaatio). Loppumittauksen seurantaketju: muu - käsi - osuma. Lisäksi kyseisen koehenkilön tarkastelualueiden määrä on vähentynyt.



KUVA 18. Tarkastelualueiden suhteellinen jakautuminen (%:a kokonaiskatseluajasta) yksittäisellä koehenkilöllä (EI-ryhmä).

9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää videoharjoittelun vaikutusta koehenkilöiden ennakointitaitojen kehittymiseen tenniksessä. Lisäksi tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen ohjaustavan tehokkuutta ennakointitaitojen kehittymiseen. Ennakointitaidon kehittymistä arvioitiin reaktioajan ja silmänliikeanalyysistä saatavien muuttujien perusteella. Lisäksi tavoitteena oli kehittää menetelmää, jolla tätä kehitystä voitaisiin kuvata järkevästi ja helpokosti.

Pro gradu tutkimus mukaili tutkimuksen kulun osalta paljolti Williamsin ym. (2002) tekemää tenniksen ennakointitaitoon keskittynyttä tutkimusta, jossa neljä tutkimusryhmää muodostettiin kahdesta eri painotettua ohjeistusta saavasta videoharjoitteluryhmästä, placebo-ryhmästä (vain passiivinen videoharjoittelu) sekä kontrolliryhmästä. Tässä pro gradu tutkimuksen kaikki koeryhmät (GD, EI ja KH) osallistuivat tennistaitoja kehittäville kurssille, jonka lisäksi GD ja EI ryhmät osallistuivat myös videoharjoitteluun. Tutkimusmittaukset sekä videoharjoittelu toteutettiin laboratorio-olosuhteissa. Esimerkiksi Huurinainen toteutti omassa pro gradussaan samantyyppisen havainnointitaitojen kehittymiseen keskittyneen tutkimuksen tennisjunioreilla, jossa oli laboratoriotestien lisäksi käytössä myös kenttätesti reaktioaikaan sekä –tarkkuuteen painottuen (Huurinainen 2008). Mahdollisuuksien mukaan tämän tyyppinen tutkimus olisikin hyvä viedä lähelle luonnollista pelitilannetta oppimisen vahvistamiseksi (Müller & Abernethy 2012).

Tässä tutkimuksessa käytetyt muuttujat sekä myös menetelmät olivat samankaltaisia Williams ym. (2002b) tutkimuksen kanssa. Niitä oli yleisesti käytetty ennakointitaidon kehittymistä kuvaavissa tutkimuksissa monissa eri lajeissa (jalkapallo: Savelsbergh ym. 2002; ammunta: Williams ym. 2002b; experttiys: Mann ym. 2007; Williams & Ford 2008; kriketti: McRobert ym. 2009). Näiden perusteella varsinaista ilmiötä eli ennakointitaidon ja siihen oleellisesti liittyvien havainnointikognitiivisten taitojen kehittymisen mittareiksi valittiin seuraavat muuttujat: reaktioaika, fiksaatioiden määrä, fiksaatioiden kesto, viimeisen fiksaation kesto ja paikka, tarkastelualueiden määrä sekä niiden suhteellinen jakautuminen eri alueisiin. Näiden lisäksi tutkimuksen aikana ilmeni puutteita kuvata muutosta riittävän tehokkaasti etenkin, kun katselu-aika - aika videon esille tulosta reaktiohetkeen - pieneni huomattavasti alku- ja loppumittausten välillä. Sitä varten kehitettiin uusi muuttuja (fiksaatioiden suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta) jo-

ta ei ainakaan kirjallisuuden perusteella ollut ennen käytetty. Reaktiotarkkuus ei ollut tämän tutkimuksen kannalta oleellinen muuttuja, koska kaikki tutkimukseen valitut tilanteet olivat ennakkoon oikein reagoituja ja toisekseen niissä reaktioajanmuutos alku- ja loppumittauksen välillä oli ollut suurin. Lisäksi hyvän asetelman tutkimukselle loi alkutilanteessa tehty ryhmien tasapuolinen muodostaminen, jonka takia yhdenkään muuttujan kohdalla ei ollut löydettävissä ryhmien välisiä merkitsevyyksiä alkumittauksessa.

SilmänliikCEDatan analysoinnin alkuvaiheessa havaittujen puutteiden takia kehitetty Dartfish-pohjainen osoittautui varsin toimivaksi menetelmäksi. Se kuitenkin edellytti silmänliikevideota, jossa fiksaatiopiste oli nähtävissä. Dartfishin avulla saatiin tarvittaessa mitattua ja analysoitua kaikki muuttujat, mikä kuitenkin edellytti perustietämystä silmänliikkeistä ja fiksaatioista. Näiden perusteella oli huomioitava fiksaation määritelmää (>100ms ja 1-1,5 astetta), silmänliikkeisiin liittyviä rajoitteita, kuten silmänräpsyminen ja sakkadien vaikutus näkemiseen (mm. Leigh & Zee 1999; Diamond ym. 2000; The Eye 2011). Nämä tulokset olisi saatu myös silmänliikkeiden analysointiin sovelletusta EYEANAL-ohjelmasta, mutta siinä tarkastelualueiden määrittely sekä erotteleminen edellyttivät staattista kuvaa. Lisäksi ohjelmassa yksittäisen lyöntisuorituksen poimiminen tutkimusdatasta vaati huomattavia esitoimintoja.

9.1 Keskeiset tulokset ja niiden pohdinta

Tutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään tarkemmin videoharjoittelun vaikutusta koehenkilöiden ennakointitaidon kehittymiseen, jota selvitettiin reaktioajan ja silmänliikCEDatan perusteella. SilmänliikCEDatan avulla pyrittiin tarkentamaan kehitystä etenkin havainnointitaitojen muutoksen kautta niin ryhmän sisällä kuin ryhmien välilläkin löytäen mahdollisia eroja videoharjoittelun sekä ohjeistuksen vaikutuksesta ennakointitaidon kehittymiseen.

9.1.1 Reaktioaika

Reaktioaikaa pidetään usein tärkeänä tekijänä riittävän nopean ja tarkan päätöksenteon kehittymisen kohdalla. Tässä tutkimuksessa kaikkien ryhmien reaktioaika parani alku- ja loppumittauksen välillä erittäin merkitsevästi sekä hajonta pieneni. Opetusryhmien GD ja EI reaktioajan parannus oli erittäin merkittävä sekä lupaava. Ryhmät pystyivät

reagoimaan jopa 370-370 ms ennen osuma kohtaa, josta on huomattavaa etua omaan päätöksentekoon sekä sitä ennen tapahtuvaan liikkumiseen. Tässä on huomioitava se, että kenttätesteihin verrattuna laboratorio-olosuhteissa saatu reaktioaika ja reaktiotarkkuus ovat yleensä parempia (Mann ym. 2007; Jackson & Farrow 2005). Muilla ryhmillä reaktio tapahtui osumakohdan jälkeen ja KO ryhmän kohdalla tulosta voidaan pitää kohtuullisen hyvänä, koska videotestitilanne itsessään tuotti kehitystä näinkin nopeasti. Tämä voidaan tulkita myös niin sanottuna testiefektinä, jossa muistilla on suuri rooli. Muutoin reaktioaikaerot mukailevat kirjallisuutta ja etenkin kun eksperteillä on havaittu jopa 35% nopeampi reaktioaika (Mann ym. 2007). Ryhmien välillä havaittiin merkitseviä eroja videoharjoitteluryhmien (GD ja EI) sekä muiden koeryhmien välillä ja myös KH ja KO ryhmien välillä. KH ryhmän kohdalla tenniskurssikin tuotti huomattavaa parannusta reaktioajassa, jonka takia kentällä tapahtuvalla lajiharjoittelullakin pystytään kehittämään ennakoitaitoa. Williams ym. (2002b) tutkimuksessa erot olivat samansuuntaisia eli opetusryhmät reagoivat nopeammin. Caserta ym. (2007) tutkimuksessa videoharjoitteluun osallistuneet ikämiestennispelaajat pystyivät huomattavasti parantamaan reaktioaikaansa sekä reaktiotarkkuuttansa (Caserta ym. 2007).

9.1.2 Havainnointitaitojen kehittyminen

Ennakointitaitojen kehitystä pyrittiin selvittämään havainnointitaitoja kuvaavien muuttujien avulla. Tutkimuksissa oli aiemmin pystytty osoittamaan fiksaatioiden määrän pieneneminen sekä keston piteneminen ennakoitaidon kehittymisen seurauksena (esim. jalkapallo: Savelsbergh ym. 2002; ammunta: Williams ym. 2002b; Williams & Ford 2008; kriketti: McRobert ym. 2009.)

Fiksaatioiden määrä: Tässä tutkimuksessa fiksaatioiden määrä pieneni kaikilla ryhmillä alku- ja loppumittausten välillä. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä videoharjoitteluun osallistuneilla GD ja EI ryhmillä. Kuitenkaan muutoksessa ryhmien välillä ei havaittu merkitseviä eroja. Tulos oli osoitus kehittymisestä, koska kaikilla ryhmillä fiksaatioiden määrä pieneni sekä loppumittauksen hajonnat pienenivät alkumittauksesta (erityisesti EI). Tuloksen kautta voidaan olettaa, että oppimista oli tapahtunut siinä, miten valikoidummin katsotaan vihjeitä tarjoaviin kehonosiin tai kohteisiin. Ihmetystä aiheutti GD ja EI ryhmien välinen merkitsevä ero, joka saattoi osaltaan johtua tutkimukseen valikoituneita lyönneistä. Tähän muuttujaan vaikutti myös kokonaiskatseluajan sekä fik-

saatioiden keston piteneminen, koska pienemmässä ajassa tehtyjen fiksaatioiden määrä ei voi rajattomasti pienentyä.

Fiksaatioiden kesto ja viimeisen fiksaation kesto sekä paikka: Tässä muuttujassa EI ja KH ryhmällä yksittäisten fiksaatioiden keskimääräiset kestot pitenevät. Päinvastoin GD ryhmällä fiksaatioiden kesto sekä hajonta pienenevät, joka oli osaksi selitettävissä huomattavana katseluajan lyhentymisenä eri mittauskertojen välillä, josta voidaan myös tulkita, että päätöksen tekemiseen tarvittiin vähemmän aikaa. Tämänkään havainnointitaitoa kuvaavan muuttujan kohdalla ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia, joka oli ehkä seurausta eri lyöntien välisistä eroista, koska erityisesti stopparilyöntien tunnistaminen nähtiin huomattavasti helpommaksi kuin muiden lyöntien. Tätä ilmiötä tuki myös tutkimus, jossa aloitteleville oli helpompaa tunnistaa yleensä lyönnin syvyys kuin sen leveys, jota voitiin parantaa esimerkiksi videoharjoittelun kautta (Hagemann ym. 2006). Viimeisen fiksaation kohdalla ei löydetty merkitsevyyksiä. Oletus oli, että viimeinen fiksaatio olisi keskimääräistä fiksaatiota pidempi (Williams ym. 2002a) ja se keskittyisi tarkastelualueisiin maila-käsi, maila tai osumakohta. Merkitsevyyksien puuttumisesta huolimatta viimeinen fiksaatio oli pidempi kaikilla ryhmillä paitsi KH. Viimeisen fiksaation paikat olivat alkumittauksessa vielä hajallaan, mutta loppumittauksessa etenkin GD ja EI ryhmien paikat olivat kohtuullisen oikeita suhteessa ennakoititaidon kannalta määritettyihin vihjeisiin. KO ryhmän hajonta tarkastelualueissa oli loppumittauksessa edelleen iso, johon vaikutti erityisen paljon analysointiin valikoituneet lyöntitilanteet.

Fiksaatioiden suhteellinen kesto kokonaiskatseluajasta: Videoharjoitteluun osallistuneiden ryhmien suhteellinen katselukesto piteneviin muihin ryhmiin verrattuna. EI ryhmän suhteelliset osuudet loppumittauksessa olivat hieman suurempia GD ryhmään verrattuna. Merkitsevyyksiä ryhmien välillä ei kuitenkaan havaittu. Tulosta voidaan kuitenkin pitää vahvistavana tekijänä videoharjoittelun hyödyistä reaktioajan paranemiseen. Tämä muuttuja huomioi myös katseluajan pituuden ja oli siksi käyttökelpoinen tapa kuvata eroja mittauskertojen sekä ryhmien välillä. Tämän muuttujan avulla voisi jatkossakin tarkemmin selvittää ”katselutehokkuutta”.

Tarkastelualueiden määrä ja jakautuminen: Tämä muuttuja kertoi, mihin koehenkilöt olivat katsoneet ennen omaa päätöstään lyönnin suunnasta, ja siihen voitiin olennaisesti vaikuttaa annetulla ohjeistuksella suoraan tai vihjatusti. Kaikki ryhmät pystyivät vähen-

tämään tarkastelualueitaan ja EI ryhmällä muutos oli myös tilastollisesti melkein merkitsevä. Tästä voidaan löytää yhteys heidän ohjeistukseensa, joka oli hyvin suoraa ja tarkkoihin vihjeisiin perustuvaa. Eli sitä kautta pystyttiin hieman parantamaan ennakoititaitoa, joka ilmeni niin reaktioajan kuin reaktiotarkkuudenkin parantumisena. Tätä tapaa voisi hyödyntää erityisesti aloittelevien harrastajien kohdalla. Hämmästyttävää oli huomata GD ja EI ryhmien suhteellisen suuri alueiden määrä jo alkumittauksessa, joka tosin väheni tutkimuksen aikana. Samaan aikaan KH ryhmällä muutos oli vain pieni. KO ryhmän tarkastelualueiden määrä oli iso niin alussa kuin lopussakin, mutta väheni hieman ja ehkä osaksi testin vaikutuksesta. Tarkastelualueiden tutkiminen ryhmien välillä oli haastavaa, koska koehenkilöiltä analysoitiin erilaisia lyönnejä. Se todennäköisesti vaikutti eniten käytettävien alueiden määrään sekä keston.

9.2 Tutkimukselliset johtopäätökset

Tämän tutkimuksen johtopäätöksinä voidaan todeta, että videoharjoittelu vaikutti tutkimuksessa myönteisesti etenkin reaktioajan parantumiseen. Sitä voidaan pitää tärkeänä tekijä, koska ajan ”säästö” ennakoititaidossa sekä päätöksenteossa lisää yksittäisen pelaajan mahdollisuutta ehtiä oikeaan paikkaan tekemään lajisuoritustaan. Tenniskurssi yksistään myös paransi reaktioaikaa, mutta erot videoharjoitteluryhmiin jäivät vielä isoiksi. Sen sijaan tällä tutkimuksella ei pystytty osoittamaan, että ohjaustavoilla olisi keskenään ollut vaikutusta reaktioajan kohdalla.

Ennakoititaidon kannalta reaktioaika oli yksi tärkeä selittävä muuttuja ja tätä kehitystä pyrittiin kuvaamaan tarkemmin havainnointitaitoja mittaavien muuttujien avulla. Useissa muuttujissa tapahtui myönteistä kehitystä ja keskihajonnat pienenivät. Videoharjoittelulla (GD ja EI) pystyttiin merkitsevästi vaikuttamaan fiksaatioiden määrään, mutta muiden muuttujien kohdalla ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja mittauskertojen tai ryhmien välille. Videoharjoitteluryhmillä keskiarvojen muutokset olivat parempia ja sekä hajonnat pienempiä muihin ryhmiin verrattuna, ja tämä voitiin tulkita myönteisenä vaikutuksena havainnointitaitojen kehittymisestä. Tämän tutkimuksen kautta ohjaustapojen välille ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta monen muuttujan kohdalla suoralla ohjauksella (EI) saavutettiin keskiarvojen myönteistä kehitystä sekä keskihajontojen pienenemistä. Osaltaan tämä tarkoitti sitä, että lyhyessä ajassa saavutettiin no-

peampia muutoksia, mikäli ohjeistus oli tarkkaa. Hiljalleen on kuitenkin hyvä siirtyä enemmän vihjailevampaan ja kokonaisvaltaisempaan ohjeistukseen.

Tutkimuksen yleistettävyyden kannalta otoskoko oli kuitenkin sen verran pieni, että yllä olevia olettamuksia ei voi sellaisenaan yleistää.

9.3 Tutkimuksen rajoitukset ja puutteet

Tutkimuksen tuloksissa oli huomioitu vain yhden koehenkilön yksittäinen lyöntitilanne, jossa kehitys oli suurinta. Tämä heikensi ja vaikeutti analyysimenetelmiä sekä merkittävyyksien löytämistä puhumattakaan tulosten yleistettävyydestä. Osaksi tämän takia lyöntien keskiarvot heittelehtivät ja keskihajonnat olivat suuria.

Käsitteellistäminen englanninkielisen kirjallisuuden perusteella saattoi aiheuttaa kirjallisuuskatsauksen kohdalla puutteita. Osaan käsitteistä ei ollut tarjolla virallista käännöstä vaan kirjoittaja joutui luomaan käsitteen.

Mittausmenetelmänä silmänliikekamera ei ollut täysin tarkka. Se huomioi pitkälti vain fiksaatiopisteen paikkaa ja kestoja, mutta jo teoriassakin oli osoitettavissa parafoven, perifovean sekä perifeerisen näön laajempi merkitys ennakoitaitaidon kohdalla (Schorer ym. 2013). Näitä näköalueita käytetään monipuolisesti myös urheilussa, jolloin pelkän fiksaatiopisteen kautta ei voida eritellä, mihin ja miten koehenkilö kohdistaa katseensa. Lisäksi analysointivaiheessakin piti tulkita, mitä aluetta koehenkilö katsoi, joka saattoi lisätä tulosten epätarkkuutta. Silmien räpsyminen sekä sakkadit aiheuttivat haasteita etenkin fiksaatioiden laskemisessa videolta. Nämä molemmat aiheuttavat teorian mukaan noin 100 ms viivettä näkemiseen (engl. saccadic suppression), joka piti huomioida fiksaatioita ja niiden kestoja laskettaessa (Diamond ym. 2000). Sitä voidaan myös opettaa, jolloin vältetään tahattomat häiriöt tärkeillä hetkillä.

9.4 Tutkimuksen valmennuksellinen soveltaminen ja jatkotutkimusaiheet

Valmennuksellisesti reaktioajan parannus rohkaisee ottamaan harjoitteluun mukaan videot sekä näkemään ne yhtenä harjoitusmuotona kentällä tapahtuvan harjoittelun lisäksi. Siihen liittyy muun muassa havaintokognitiivista harjoittelua, jossa korostetaan näön

valikoivaa tarkkaavaisuutta sekä yleensäkin sensomotorisen tiedon (näkö, kuulo tai tunto) merkitystä oman urheilulajin eri tilanteissa. Näistä on saatavissa merkittävää hyötyä esimerkiksi palautustilanteeseen saatavana ”lisäaikana” (oikeassa paikassa oikeaan aikaan) sekä myös kykynä tunnistaa joukkuepeleissä omien ja vastustajan pelaajien sijaintia mahdollisen jatkopelaaminen kohdalla. Monessa lajissa reaktionopeus ja -tarkkuus ovat merkittävä osa tehokasta pelaamista, joten niitä tulisi enemmän tutkia ja myös kehittää. Jo ymmärrys ennakoititaidon myönteisestä vaikutuksesta moneen eri tekijään urheilussa toivon mukaan lisää sen käyttöarvoa. Lajiharjoittelussa kannattaa lähteä pienistä asioista liikkeelle, esimerkiksi pallopeleissä voisi opettaa seuraamaan vastustajaa ennen osumakohtaa sekä itse palloa osumahetkellä ja hieman sen jälkeen, pallon liikeraata arvioitaessa. Lisäksi joukkuepalloilussa voisi rohkaista nostamaan pään ja katseen pelivälineestä ennen omaa haltuunottoa ja opettaa ”etsimään” tilaa, seuraavia syöttökohteita ja vastustajan pelaajia. Kaikkea tätä voidaan helposti yhdistää harjoitteluun ja ideoita voi kehitellä lähes rajattomasti. Olisi toivottavaa, että pelaajien omat ajatukset huomioitaisiin paremmin sekä heitä rohkaistaisiin kommunikoidaan oman joukkueen sisällä etenkin ennakoititaidon kehittämisen kohdalla.

Myös koulussa voisi opettaa lajitaitojen lomassa havainnointitaitoja, joilla näkisin olevan siirtovaikutusta monen eri lajin, etenkin joukkuepalloilun kohdalla. Samalla tarkkavaisuutta voitaisiin siirtää omasta kehosta havainnoimaan enemmän ulkopuolella tapahtuvaa toimintaa ja täten saataisiin esimerkiksi muut aistit, kuten tunto ja kuulo paremmin hyödynnetyksi. Lisäksi oppiminen edellyttää useassa tilanteessa valikoivaa tarkkavaisuutta, joten ymmärrys sen ominaisuuksista ja rajallisuudesta tehostaa oppimista sekä opettamista. Tarkkavaisuuden lisäksi muistia voisi hyödyntää lajitaitojen oppimisen tukena, vaikkapa omien pelaajien ja vastustajan sijainnin muistamisena, vastustajan pelitavan tunnistamisena tai erilaisten puolustus- ja hyökkäysmuodostelmien muistamisena sekä hyödyntämisenä.

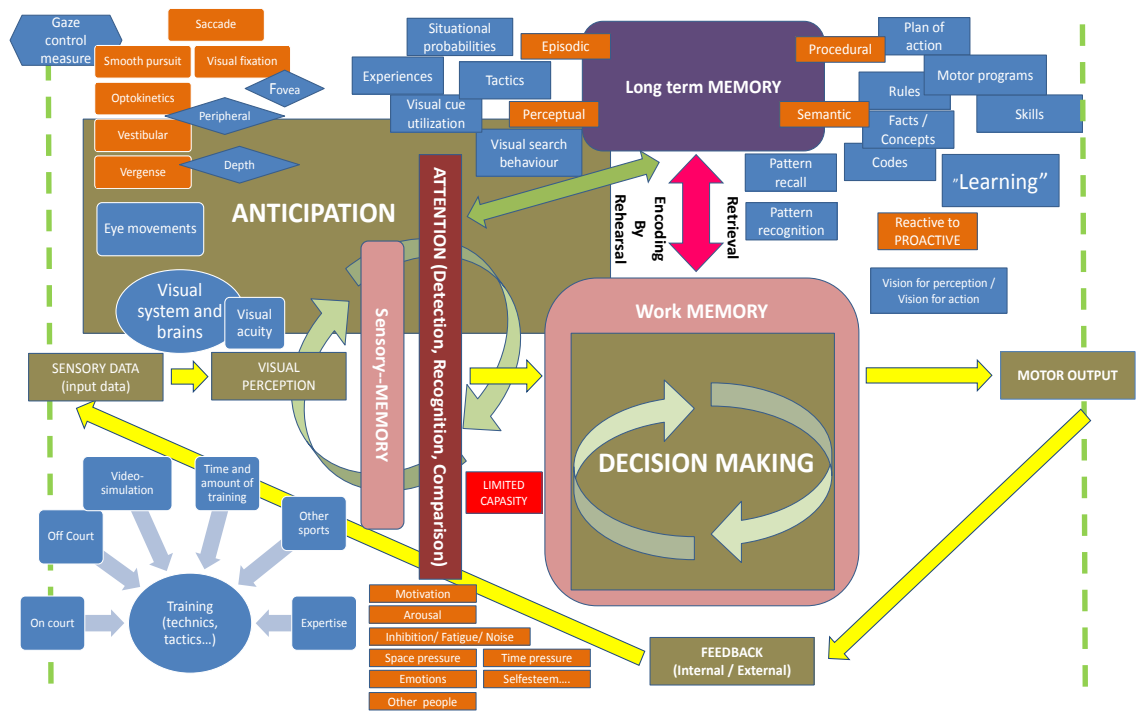
Jatkotutkimuksissa olisi huomioitava lyöntitilanteiden väliset erot, jotka vaikuttivat ainakin tässä tutkimuksessa muun muassa keskihajontojen suuruuteen. Jatkotutkimuksissa tarvitaan selkeästi enemmän analysoitavia lyöntejä. Olisi hyvä myös eritellä ohjeistus ja videoharjoittelu omiin ryhmiinsä, jotta saamme tarkempaa kuvaa niiden eroista sekä vaikutuksesta halutun ominaisuuden kehittymiseen. Harjoitusvaikutuksen pysyvyys olisi myös hyvä mitata uusintamittauksella eri välein parin viikon, kuukauden ja puolen

vuoden päästä, joka samalla toimisi ennakoitaitojakin vahvistavana harjoitteluna. Toivon mukaan sen kautta saisimme tarkempaa tietoa näiden taitojen pysyvyydestä. Tosin tällöin ei voi erotella harjoitusvaikutusta, koska suurin osa todennäköisesti harjoittelee omaa lajiaan. Yleensäkin eri interventioiden (myös harjoittelussa tapahtuvat) vaikutavuutta ottelun tulokseen on haastava mitata urheilussa, koska voittaminen itsessään on monen tekijän kokonaisuus. Tältä kohdin toivon, että löytäisimme paremmin muuttujia, joilla voimme mitata kehitystä ja yksittäisten tilanteiden tehokkaampaa ratkaisukykyä.

Viime vuosina markkinoille on tullut erilaisia äylaseja tai action-kameroita, joita voisi monipuolisesti hyödyntää liikunnassa sekä urheilussa. Niillä saadaan varsin helposti kuvaa päänliikkeistä sekä katseen suunnasta, jota voisi hyödyntää muun muassa ennakointi- ja päätöksentekotaidon kehittämässä. Nämä kamerat antavat kuitenkin varsin karkean kuvan katseen kohdistamisesta, joka itsessään on pääosin silmillä tapahtuvaa ja osaltaan tiedostamatonta toimintaa. Tämän tyyppisille laselle löytyy käyttöä niin mailapeleissä, joukkuepalloilussa kuin luokkaopetuksessakin (ei vain liikunnanopetus). Lisäksi niiden avulla saamme huomion hetkeksi ihmisen näköön sekä sen eri ominaisuuksiin toimintojen aikana.

9.5 Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen täydentyminen

Olen luonut itselleni teoreettisen viitekehyksen (kuva 19, suurennettuna liitteessä 2) teoriaan ja muuhun kirjallisuuteen perustuen helpottamaan sekä selkeyttämään ilmiön eri tekijöitä. Tämä viitekehys mukaillee Wickens ym. (1992) ihmisen tiedonkäsittelyn mallia. Viitekehyksessä havaintojärjestelmä kerää informaatiota vasemmalta oikealle ja keskityn paljolti näköjärjestelmän ominaisuuksiin. Keskeisenä ominaisuutena pidän tarkkaavaisuutta ja sen yhteyttä muistiin, joka on koostunut erilaisista osamuisteista ja niiden sisällöllisistä eroista eri ennakoitaidon osa-alueille. Varsinainen ennakointi- ja päätöksentekoprosessi on varsin nopea ja automaattinen, jota voidaan opettaa niin harjoittelun, pelaamisen kuin ei-kentällä tapahtuvien toimenpiteiden kautta. Tämän taidon tehokas oppiminen edellyttää tietoista harjoittelua, josta osa olisi hyvä olla erillistä, ei-kentällä tapahtuvaa harjoittelua. Lopputuloksena toivon mukaan on varsinaisen motorisen lajisuorituksen toteutuminen oikeaan aikaan oikeassa paikassa, joka sellaisenaankin vaatii huomattavaa harjoittelua ja pitkää taustaa lajin parissa.



KUVA 19. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys mukailien Wickens 1992 ihmisen tiedonkäsittelyn mallia sekä kirjallisuuskatsauksessa esiteltyä kirjallisuutta.

LÄHTEET

- Abernethy, B., Baker, J. & Cote, J. 2005. Transfer of pattern recall skills may contribute to the development of sport expertise. *Applied Cognitive Psychology* 19 (6), 705-718.
- Abernethy, B. & Wollstein, J. 1998. Improving anticipation in racquet sports. *Sport Coach* 98/8-9, 15-18.
- Abernethy, B., Wood, J.M. & Parks S. 1999. Can the anticipatory skills of expert be learned by novices? *Research Quarterly for Exercise and Sport* 70 (3), 313-318.
- ASL. 2001. Eye Tracking System Instruction Manual – Model 501 Head Mounted Optics. Manual version 2.0. Bedford, MA: Applied Science Laboratories.
- Baker, J., Cote, J.& Abernethy , B. 2003a. Learning from the experts: Practice activities of expert decision makers in sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 74 (3), 342-347.
- Baker, J., Cote, J.& Abernethy , B. 2003b. Sport-specific practice and the development of expert decision-making in team ball sports. *Journal of Applied Sport Psychology* 15 (1), 12-25.
- Blomqvist, M. 2007. Developing anticipation skills in tennis. *International Multidisciplinary Conference on Motor Behaviour "The whole is more than the sum of its parts"*, 3-5 May 2007, Jyväskylä, Finland.
- Broadbent, D.P., Causer, J., Williams, A.M. & Ford, P.R. 2015. Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. *European Journal of Sport Science* 15(4), 322-331.
- Carlson, S. 2006. Työmuisti. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen ja A. Revonsuo (toim.). *Mieli ja aivot - Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus, Turun yliopisto, 212-217.

- Caserta, R.J., Young, J. & Janelle, C.M. 2007. Old dogs, new tricks: Training the perceptual skills of senior tennis players. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 29, 479-497.
- Cauraugh, J.H., & Janelle, C.M. 2002. Visual search and cue utilisation in racket sports. Teoksessa Davids, K., Savelsbergh, G., Bennett, S. ja Van der Kamp J. (toim.) *Interceptive actions in sport*. Abingdon: Routledge, 64-89.
- Chase, A. 2006. Optimization of baseball swing parameters for three levels of play. Viitattu 6.3.2011.
<http://physics.stmarys-ca.edu/sitedocuments/annieS2006.pdf>.
- Cross, R. & Pollard, G. 2009. Grand Slam men's singles tennis 1991-2009: Serve speeds and other related data. *ITF Coaching and Sport Science Review* 2009; 16 (49): 8 – 10. Viitattu 27.2.2010. http://www.itftennis.com/shared/medialibrary/pdf/original/IO_46466_original.PDF.
- Diamond, M.R., Ross, J. & Morrone, M.C. 2000. Extraretinal control of saccadic suppression. *The Journal of Neuroscience* 20(9):3449–3455.
- Duchowski, A.T. 2007. *Eye tracking methodology: Theory and Practice*. 2.painos. London, UK:Springer-Verlag.
- Ericsson, K.A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review* 100, 363-406.
- Farrow, D., Abernethy, B. & Jackson, R.C. 2005. Probing expert anticipation with the temporal occlusion paradigm: Experimental investigations of some methodological issues. *Motor Control* 9 (3), 332-351.
- FIR 2010. *The Rules of Racketlon*. Kansainvälisen Racketlon liiton sivustot: <http://www.racketlon.net/content.php?p=5&lang=en>. Luettu 3.2.2010.
- Goldstein, E. 2010. *Sensation and perception*. 8.painos. Belmont, CA: Wadsworth, 50-58.
- Goldstein, R.L. 1998. Perceptual training. *Annual Review of Psychology* 49, 585-612.

- Goodale, M. & Milner, D. 1992. Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neurosci* 15, 20-25.
- Griffiths, G. 2007. Performance, vision and sport. A division of Johnson & Johnson Medical Ltd, UK. Viitattu 16.2.2011. <https://www.thevisioncareinstitute.co.uk/pdf/Clinical%20practice%20-%20Sports%20vision%201.pdf>.
- Hagemann, N. & Memmert, D. 2006. Coaching anticipatory skills in badminton: Laboratory versus field-based perceptual training. *Journal of Human Movement Studies* 50, 381-389.
- Hagemann, N., Strauss, B., Canal-Bruland, R. 2006. Training perceptual skills by orienting visual attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 28, 14-158.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.
- Huurinainen, S. 2008. Havainnointitaidon kehittäminen tenniksessä videoharjoittelun avulla. Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteiden laitos. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 6.4.2015. <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/19308>.
- Häyrinen, M., Huurinainen, S. & Blomqvist, M. 2007. Developing Anticipation skills of junior tennis players. Esitelmä 13.7.2007. 12th Annual Congress of the European College of Sport Science, Jyväskylä.
- Kahle, W. & Frotscher, M. 2003. Color atlas and textbook of human anatomy. Nervous system and sensory organs. 5.painos. Stuttgart: Thieme Medical Publishers.
- Jackson, R.C. & Farrow, D. 2005. Implicit training: How, when, and why. *Human Movement Science* 24, 308-325.
- Koivisto, M. 2006a. Johdatus muistin ja tarkkaavaisuuden käsitteisiin. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen ja A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus, Turun yliopisto, 195-199.

- Koivisto, M. 2006b. Tietoisuus ja tarkkaavaisuus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen ja A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus, Turun yliopisto, 286-292.
- Kolb, B. & Whishaw, I.Q. 2006. *Introduction to brain and behavior*. 2.painos. New York: Freeman-Worth.
- Kolb, B. & Whishaw, I.Q. 2003. *Fundamentals of human neuropsychology*. 5.painos. New York: Freeman-Worth.
- Knudson, D. & Kluka, D.A. 1997. The impact of vision and vision training on sport performance. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 68 (4), 17-24.
- Kuikka, P., Pulliainen, V. & Hänninen, R. 2001 *Kliininen neuropsykologia*. Porvoo:WSOY, 189-203.
- Leigh, R. & Zee, D. 1999. *The neurology of eye Movements*. 3.painos. New York: Oxford University Press.
- Lumela, P. 2002. Pallopelien perusteita. Teoksessa P. Heikinaro-Johansson, T. Huovinen & L. Kytökorpi (toim.) *Näkökulmia liikuntapedagogiikkaan*. Helsinki: WSOY. 184-200.
- Mann, D., Williams, A.M., Ward, P. & Janelle, C.M. 2007. Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 29, 457-478.
- Manor, B. & Gordon, E. 2003. Defining the temporal threshold for ocular fixation in free-viewing visuo cognitive tasks. *Journal of Neuroscience Methods* 128, 85-93.
- Marasso, D., Laborde, S., Bardaglio, G. & Raab, M. 2014. A developmental perspective on decision making in sports. *Journal: International Review of Sport and Exercise Psychology* 7 (1), 251-273.

- MBRU - Motor Behaviour Research Unit. ASL Head-Mounted Eye-tracking System. Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan motorisen oppimisen yksikkö. Viitattu 23.4.2015. <https://www.jyu.fi/sport/en/dept/motorskills/devices/eyetracking>.
- McPherson, S.L. 1994. The development of sport expertise: Mapping the tactical domain. *Quest* 46, 223-240.
- McPherson, S.L., & Kernodle, M.W. 2003. Tactics, the neglected attribute of expertise: Problem representations and performance skill in tennis. Teoksessa J.L. Starkes ja K.A. Ericsson (toim.) *Expert performance in sports: advances in research on sport expertise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 137-168.
- McRobert, A.P., Williams, A.M., Ward, P. & Eccles, D.W. 2009. Tracing the process of expertise in simulated task. *Ergonomics* 52 (4), 474-483.
- Metsämuuronen, J. 2005. Kokeellisen tutkimuksen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus.
- Milner, D. & Goodale, M. 2008. Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia* 46: 774-785.
- Müller, S. & Abernethy, B. 2012. Expert anticipatory skill in striking sports: A review and a model. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 83 (2), 175-187.
- Neuroscience: The Retinotopic Representation of the Visual Field. 2001. D. Purves, G. J. Augustine, D. Fitzpatrick, L. C. Katz, A. S. LaMantia, J. O. McNamara ja S. M. Williams (toim.) 2.painos. Sunderland (MA): Sinauer Associates. Viitattu 8.4.2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10944/>.
- Poulter, D.R., Jackson, R.C., Wann, J.P. & Berry D.C. 2005. The effect of learning condition on perceptual anticipation, awareness, and visual search. *Human Movement Science* 24, 345-361.
- Sanderson F.H. 1981 Dynamic visual acuity and sport performance. Teoksessa I. M. Cockerill & W. W. MacGillivray (toim.) *Vision is Sport*. Cheltenham, England: Stanley Thorne, 64-79.

- Savelsbergh, G.J.P., Williams, A.M., Van Der Kamp, J. & Ward. P. 2002. Visual search, anticipation and expertise in soccer goal-keepers. *Journal of Sport Sciences* 20, 279-287.
- Schorer, J., Rienhoff, R., Fischer, L. & Baker J. 2013. Foveal and peripheral fields of vision influences perceptual skill in anticipating opponents' attacking position in volleyball. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 38 (4), 185-192.
- Schutz, A.C, Braun, D.I. & Gegenfurtner, K.R. 2011. Eye movements and perception: A Selective review. *Journal of Vision* 11 (5):9, 1-30.
- Seiller B.L., Puchalski, K. & Shelton, B. 2004. "The eyes have it" – Tennis Life Magazine, 8. Viitattu 27.2.2010. <http://www.visualfitness.com/publications/TLM.pdf>.
- Squire, L. R. 1992. Declarative and non-declarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience* 4 (3), 232-243.
- Shim, J., Miller, G. & Lutz, R. 2005. Visual Cues and Information Used to Anticipate Tennis Ball Shot and Placement. *Journal of Sport Behavior* 28(2), 186-200.
- Simon, H.A. & Chase, W. 1973. Skill in chess. *American Scientist* 61, 394-403.
- Smeeton, N.J., Williams, M.A., Hodges, N.J. & Ward, P. 2005. The relative effectiveness of various instructional approaches in developing anticipation skill. *Journal of Experimental Psychology* 11 (2), 98-110.
- Smuc, M.; Mayr, E.& Windhager, F. 2010 The Game Lies in the Eye of the Beholder: The Influence of Expertise on Watching Soccer. *Cognitive Science Society, Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Cognitive Science Society*: 1631-1637. Viitattu 15.4.2015. <http://mindmodeling.org/cogsci2010/papers/0421/paper0421.pdf> .
- The Eye: The Physiology of Human Perception. 2011. Teoksessa K. Rogers (toim.) *The Human Body*. Chicago: Britannica Educational Publishing.

- Triplet, C., Benguigui, N., Le Runigo, C. & Williams, A.M. 2013. Quantifying the nature of anticipation in professional tennis. *Journal of Sports Sciences* 31 (8), 820-830.
- Tulving, E. 1985. How many memory systems are there? *American Psychologist* 40, 385–398.
- Vanni, S. 2004. Näkö tiedon käsittely aivokuoressa. *Duodecim* 2004, 120, 2655-2662.
- Vanni, S. 2008 Näköjärjestelmän toiminta. *Tieteessä Tapahtuu* 1, 10-14.
- Vehkalahti, K. 2008. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Vickers, J. N. 2007 Perception, cognition and decision training: The quiet eye in action. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Viviani P. 1990. Eye movements in visual search: Cognitive, perceptual and motor control aspects. Teoksessa E. Kowler (toim.) Eye movements and their role in visual and cognitive processes. Elsevier Science, Amsterdam, 353-394.
- Wade, N. & Swanston, M. 1991 Visual Perception: An Introduction. London: Routledge.
- Ward, P., Hodges, N.J., Williams, A.M. & Starkes J.L. 2004. Deliberate practice and expert performance: Defining the path to excellence. Teoksessa A. M. Williams & N. J. Hodges (toim.) Skill acquisition in sport: Research, theory and practice. London: Routledge, 231-258.
- Wickens, C. 1992. Engineering Psychology and Human Performance. New York: Harper Collins.
- Williams, A.M. & Davids, K. 1998. Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 69 (2), 111–128.
- Williams, A.M. & Ford, P.R. 2008. Expertise and expert performance in sport. *International review of Sport and Exercise Psychology* 1 (1), 4-18.

- Williams, A.M., Singer, R.N. & Frehlich, S.G. 2002a. Quiet eye durations, expertise, and task complexity in near and far aiming tasks. *Journal of Motor Behaviour* 34 (2), 197-207.
- Williams, A. M. & Ward, P. 2003. Perceptual expertise: Development in sport. Teoksessa J. L. Starkes & K. A. Ericsson (toim.), *Expert performance in sports: Advances in research on sport expertise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 219–250.
- Williams, A. M. & Ward, P. 2007. Anticipation and decision making: Exploring new horizons. Teoksessa G. Tenenbaum & R. C. Eklund (toim.) *Handbook of sport psychology*. 3.painos. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 203-223.
- Williams, A. M. & Ward, P. 2008. Expertise and expert performance in sport. *Expert performance in sports: International Review of Sport and Exercise Psychology* 1:(1) 4-18.
- Williams, A.M., Ward, P., Knowles, J.M., & Smeeton, N.J. 2002b. Anticipation skill in real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology*, 8, 259-270.
- Wilson, T.A. & Falkel, J. 2004. *Sports Vision. Training for better performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

LIITTEET

LIITE 1 Tulosten koontitaulukko

Muuttuja	Mittaus- kerta	Ryhmät					
		GD	EI	KH	KO	Kaikki	
Reaktioaika (ms)	Alku	371±304	338±219	530±275	421±189	413±253	
	Loppu	-380±220	-369±137	63±183	149±199	-142±304	
	Muutos	-751±260 ***	-707±108 ***	-	-271±107 ***	-556±262 ***	### a
Fiksaatioiden määrä (kpl)	Alku	5,9±1,4	5,0±1,8	5,0±1,6	6,1±1,7	5,5±1,6	
	Loppu	4,7±1,4	3,1±0,6	4,5±1,1	4,8±0,7	4,3±1,2	
	Muutos	-1,2±1,4 *	-1,9±2,0 *	-0,5±1,4	-1,4±1,7	-1,2±1,6 **	
Fiksaatioiden kesto (ms)	Alku	388±116	471±150	508±160	352±118	429±143	
	Loppu	377±108	535±174	453±117	397±104	439±137	
	Muutos	-11,2±132	64±264	-55±123	44±122	9,9±167	
Viimeisen fiksaation kesto (ms)	Alku	331±274	540±433	542±591	325±326	432±414	
	Loppu	382±214	738±655	373±367	458±270	484±416	
	Muutos	51±320	198±858	-	133±508	52,7±530	
Fiksaatioiden suht.kesto (%)	Alku	82,3±5,2	88,5±5,4	86,5±4,9	82,6±7,0	84,9±6,0	
	Loppu	87,3±4,3	91,6±3,7	86,7±4,3	84,1±3,6	87,4±4,6	
	Muutos	5,0±6,7	3,1±5,4	0,2±4,4	1,5±4,4	2,5±5,4	
Tarkastelu- alueiden määrä (kpl)	Alku	4,6±1,1	4,3±1,2	3,8±0,9	4,9±1,1	4,4±1,1	
	Loppu	3,7±0,9	2,8±0,9	3,5±0,8	4,3±0,7	3,6±0,9	
	Muutos	-0,9±1,5	-1,5±1,3 *	-0,3±1,0	-0,6±1,1	-0,8±1,3	

^a Merkitsevyydet GD vs. KO ###, GD vs. KH #, EI vs. KO ###

p ≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; *** p ≤ 0.001; tilastollisesti merkitsevä ero alku- ja loppumittauksen välillä (t-testi); # p ≤ 0.05; ### p ≤ 0.001; tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä muutoksessa mittausten välillä (ANOVA, Tukey)

LIITE 2. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys mukaillen Wickens 1992 ihmisen tiedonkäsitteilyn mallia sekä kirjallisuuskatsauksessa esiteltyä kirjallisuutta.

