

**ESIMURROSIKÄISTEN, MURROSIKÄISTEN JA MURROSIÄN
OHITTANEIDEN JALKAPALLOILIJOIDEN LAJINOMAINEN
KETTERYYSSUORITUSKYKY JA SIIHEN YHTEYDESSÄ
OLEVAT TEKIJÄT**

Eero Savolainen

Valmennus- ja testausopin Pro-gradu tutkielma

Liikuntabiologian tieteenala ryhmä

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2018

Ohjaajat: Juha Ahtiainen, Tomi Vänttinen

TIIVISTELMÄ

Savolainen, E. 2018. Esimurrosikäisten, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden jalkapalloilijoiden lajinomainen ketteryyssuorituskyky ja siihen yhteydessä olevat tekijät. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 80 s.

Ketteryydellä tarkoitetaan koko kehon äkillistä liikettä, jossa liikkeen suunta ja/tai nopeus muuttuu vasteena ärsykkeelle. Ketteryyssuorituskykyyn vaikuttavat kognitiiviset, fyysiset ja tekniset tekijät, joista aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa kognitiivisia tekijöitä on esitetty merkittävimiksi tekijöiksi selittämään ketteryyssuorituksen kokonaisaika. Lapsilla ja nuorilla lajispesifiä ketteryyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole juurikaan tutkittu. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia eri ikäisten jalkapalloilijoiden ketteryyssuorituskykyä lajinomaisessa videostimulusketteryystestissä, jossa suoritus tehtiin joko ilman palloa tai pallon kanssa. Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten havainnointi- ja päätöksentekotaidot sekä voima- nopeusominaisuudet eroavat eri ikäisten pelaajien välillä ja miten ne ovat yhteydessä pelaajien ketteryyssuorituskykyyn.

Tutkimuksen koehenkilöt jaettiin iän mukaan esimurrosikäisiin (n=14, ikä 11.2 ± 0.3 v, jalkapalloa harrastettu 6.5 ± 1.0 v), murrosikäisiin (n=12, ikä 15.0 ± 0.3 v, jalkapalloa harrastettu 10.2 ± 2.2 v) ja murrosiän ohittaneisiin (n=12, ikä 18.4 ± 0.8 v, jalkapalloa harrastettu 13.0 ± 1.1 v). Tutkittavat osallistuivat kahteen identtiseen testikertaan (testeihin tutustuminen ja viralliset testit), joissa tutkimusta varten kehitetyllä videostimulusta hyödyntäneen testin avulla mitattiin tutkittavien lajispesifiä ketteryyssuorituskykyä ilman palloa ja pallon kanssa. Näiden testien aikana tutkittavien katseen kohdistamista mitattiin silmänliikekameran avulla. Voima- nopeusominaisuuksia mitattiin 10 metrin lähtönopeus-, kevennyshyppy-, pudotushyppy- ja isometrisellä jalkaprässitestillä. Lisäksi koehenkilöt suorittivat reaktioaika-, suunnanmuutos- ja valostimulusketteryystestit sekä heidän biologista kypsyysastettaan arvioitiin antropometrinen mittausten avulla.

Esimurrosikäiset olivat sekä pallottoman että pallollisen ketteryystestin kokonais- ja liikeajassa tilastollisesti merkitsevästi hitaampia kuin murrosikäiset ja murrosiän ohittaneet ($p < 0.05$), mutta päätöksentekoaajoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Katseen kohdistamisessa esimurrosikäisillä havaittiin enemmän katseen siirtymiä verrattuna murrosikäisiin ($p < 0.05$). Voima- nopeusominaisuuksien testeissä esimurrosikäiset suoriutuivat kaikissa mittauksissa heikommin kuin murrosikäiset ja murrosiän ohittaneet ($p < 0.05$). Murrosiän ohittaneet olivat murrosikäisiä merkitsevästi parempia vain 10 metrin lähtönopeustestissä ($p < 0.05$). Lajispesifien ketteryystestien korrelaatio fyysisistä suorituskyyä mitanneiden testien välillä oli kaikilla ryhmillä pääasiassa heikko tai kohtalainen, trendinä korrelaatioiden heikkeneminen sen mukaa mitä vanhemmista tutkittavista oli kyse. Esimurrosikäisillä videostimulusketteryystestien kokonaisaika korreloi voimakkaammin testien liikeajan kanssa kuin päätöksentekoaajan kanssa, murrosiän ohittaneilla päinvastoin.

Tämän tutkimuksen perusteella esimurrosikäisillä fyysisten ominaisuuksien yhteys ketteryyssuorituskykyyn korostuu, kun taas iän karttuessa fyysisten ominaisuuksien yhteys vähenee ja lajispesifien kognitiivisten tekijöiden rooli korostuu. Käytännön valmennuksessa tämä tarkoittaa, että ketteryysharjoittelussa olisi suositeltavaa käyttää lajispesifiä ja vaihtelevaa stimulusta sekä vaihdella motorista suoritusta niin pallollisena kuin pallottomana, sillä se vaikuttaa oleellisesti ketteryyssuorituskykyyn.

Asiasanat: lapset, nuoret, murrosikä, ketteryys, jalkapallo

KÄYTETYT LYHENTEET

CV%	Variaatiokerroin
EM	Esimurrosikäisten pelaajien ryhmä
ICC	Ryhmänsisäinen korrelaatiokerroin
M	Murrosikäisten pelaajien ryhmä
MO	Murrosiän ohittaneiden pelaajien ryhmä
PHV	Peak height velocity = pituuden huippukasvun vaihe

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 KETTERYYS	2
2.1 Ketteryyden määritelmä	2
2.2 Ketteryyteen vaikuttavat fyysiset tekijät	4
2.3 Ketteryyteen vaikuttavat kognitiiviset tekijät	6
2.4 Ketteryyteen vaikuttavat tekniset tekijät	6
2.5 Kasvun ja kehityksen vaikutus ketteryyssuorituskykyä määrittäviin tekijöihin	7
2.5.1 Kasvun vaikutus voima-nopeus-ominaisuuksiin ja motoriseen suorituskykyyn pojilla	8
2.5.2 Havainnoinnin ja päätöksenteon kehitys iän myötä	9
3 JALKAPALLON VAATIMUKSET	11
3.1 Ketteryys jalkapallossa	11
3.2 Jalkapallossa tarvittavat havainnointitaidot	12
3.3 Päätöksenteko jalkapallossa	17
4 KETTERYYDEN TESTAAMINEN	20
4.1 Käytetyt testiprotokollat ja mitatut muuttujat	20
4.2 Valo-, ihmis- ja videostimuluksen reliabiliteetti ja validiteetti	23
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEEESIT	28
6 MENETELMÄT	31

6.1	Tutkittavat.....	31
6.2	Tutkimusasetelma ja mittaukset.....	32
6.3	Nopeus-, suunnanmuutos- ja ketteryysmittaukset.....	32
6.3.1	Nopeus-, suunnanmuutos- ja valostimulusketteryystesti.....	32
6.3.2	Ketteryyden mittaaminen pallottomana.....	35
6.3.3	Ketteryyden mittaaminen pallollisena.....	37
6.3.4	Testeissä käytetyt videot.....	38
6.3.5	Videostimulusketteryystestien analysointi.....	41
6.3.6	Silmänliikkeiden mittaaminen ja analysoiminen.....	42
6.4	Reaktioaika, voima-, teho- ja PHV:n mittaukset.....	45
6.5	Tilastolliset menetelmät.....	47
7	TULOKSET.....	48
7.1	Palloton ketteryys.....	48
7.2	Pallollinen ketteryys.....	49
7.3	Fyysiset ominaisuudet.....	50
7.4	Katseen kohdistaminen ketteryystestissä.....	51
7.4.1	Katseen kohdistus pallottomassa ketteryystestissä.....	51
7.4.2	Katseen kohdistus pallollisessa ketteryystestissä.....	53
7.5	Ketteryys suorituskykyyn yhteydessä olevat tekijät.....	55
7.5.1	Fyysisten ominaisuuksien yhteys ketteryystestien tuloksiin.....	55
7.5.2	Katseenkohdistuksen yhteys ketteryystestien tuloksiin.....	57
7.5.3	Ketteryystestien kokonaisaikojen yhteys testien osatekijöihin.....	58

7.6 Suunnanmuutos- ja ketteryydestien väliset korrelaatiot	59
7.7 Ketteryydestien reliabiliteetti	60
8 POHDINTA.....	62
LÄHTEET	73
LIITE1. HARJOITUSTAUSTAKYSELY	

1 JOHDANTO

Ketteryydellä tarkoitetaan koko kehon äkillistä liikettä, jossa liikkeen suunta ja/tai nopeus muuttuu vasteena ärsykkeelle (Sheppard & Young 2006). Ketteryysasuoritus, kuten mikä tahansa muu motorinen taitosuoritus koostuu kolmesta vaiheesta: havainnoinnista, päätöksenteosta ja motorisesta suorituksesta (Schmidt & Wrisberg 2008, 28-31). Jalkapalloottelun vaihtelevasta luonteesta johtuen pelaajilta vaaditaan ketteryyttä, sillä he joutuvat muuttamaan liikkeen suuntaa ja/ tai intensiteettiä lähes jatkuvasti, vasteena ulkoiselle ärsykkeelle, kuten vastapuolen pelaajaan tai pelivälineeseen (Mohr ym. 2003). Tutkimuksissa korkeamman tason urheilijoiden on havaittu suoriutuvan paremmin ketteryydesteistä verrattuna heikompi tasoihin urheilijoihin (Henry ym. 2011; Young ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2008; Sheppard ym. 2006). Ketteryysasuorituskykyyn vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: kognitiivisiin, fyysisiin sekä teknisiin tekijöihin (Young ym. 2015). Aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa kognitiiviset tekijät (vasteaika ja päätöksentekoaika) on havaittu merkittävimmiten tekijöiksi selittämään kokonaisuutta ketteryydestä (Scanlan ym. 2015; Scanlan ym. 2014a; Young & Willey 2009). Lapsilla ja nuorilla lajispesifiä ketteryyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole juurikaan jalkapallossa tutkittu, mutta murrosiän aikaisen kasvun ja kehityksen tiedetään vaikuttavan positiivisesti moneen ketteryyden osatekijään, kuten voima-nopeusominaisuuksiin (Malina 1991, 189 - 195), motoriseen suorituskäyttöön, jalkapallotaitoihin (Valente-Dos-Santos ym. 2012) ja yleisiin havainnointitaitoihin (Vänttinen ym. 2010).

Tämän työn tarkoituksena on tutkia esimurrosikäisten, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden jalkapallojunioreiden ketteryysasuorituskykyä lajinomaisessa videostimulusketteryydestä. Lisäksi pyritään selvittämään, miten havainnointi- ja päätöksentekotaidot sekä voima-nopeusominaisuudet eroavat eri ryhmien välillä ja miten ne selittävät eri ikäryhmien pelaajien ketteryysasuorituskykyä, kun suoritus tehdään joko ilman palloa tai pallon kanssa.

2 KETTERYYS

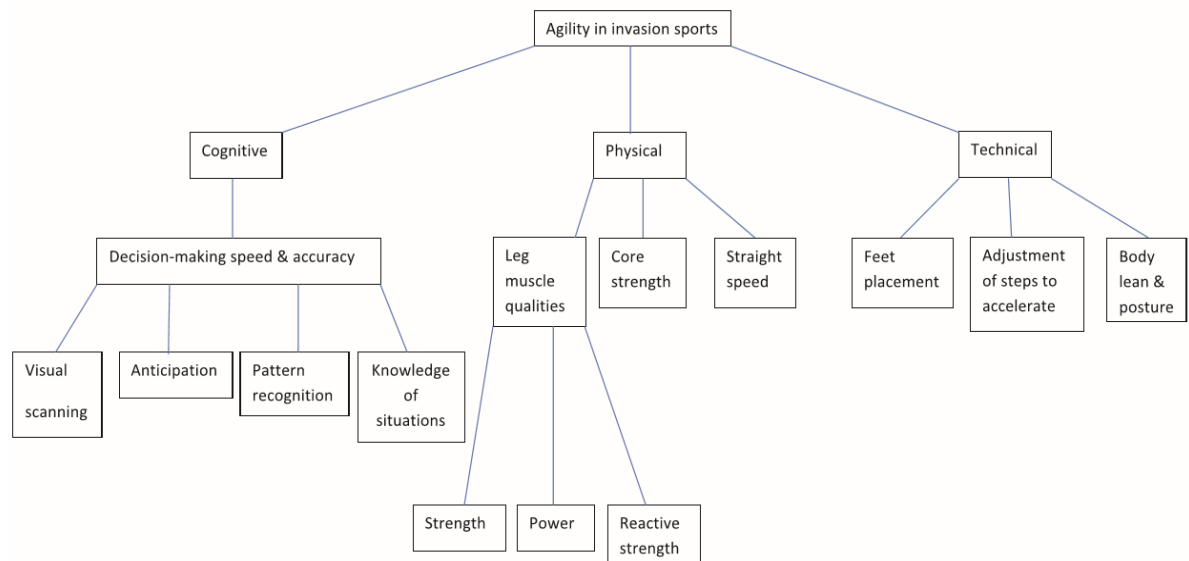
2.1 Ketteryyden määritelmä

Ketteryydelle ei ole olemassa kansainvälisesti yhtä yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Sheppard & Young (2006) ovat määritelleet sen seuraavasti: ”ketteryydellä tarkoitetaan koko kehon äkillistä liikettä, jossa liikkeen suunta ja/tai nopeus muuttuu vasteena ärsykkeelle”. Puhuttaessa ketteryyssuorituksista on syytä korostaa, että ketteryyssuorituksina pidetään yleensä vain maksimaalisella yrityksellä tehtyjä liikkeitä. Kirjallisuudessa on usein käytetty termiä reaktiivinen ketteryys (reactive agility) korostamaan ärsykkeeseen reagointia oleellisena osana ketteryyssuoritusta, mutta viime aikoina sana reaktiivinen on yhä useammin jätetty pois, koska reaktiivisuus itsessään sisältyy Sheppard & Young (2006) ketteryyden määritelmään. (Young ym. 2015.) Ketteryys ja sen reaktiivinen puoli eivät sinällään ole tutkimuksellisesti uusia asioita, sillä muun muassa Chelladurai & Yuhasz (1977) tutkivat reaktiivista ketteryyttä ja erilaisten stimulusten käyttöä ketteryystesteissä jo 1970-luvulla.

Motoriset taidot voidaan luokitella suljettuihin ja avoimiin taitoihin (Schmidt & Wrisberg 2008, 7-10.) Suljetuilla taidoilla tarkoitetaan taitosuorituksia, jotka suoritetaan suhteellisen vakaassa ympäristössä, itse määrättyllä tahdilla ja suhteellisen ennakoitavilla liikevasteilla. Avoimella taidolla puolestaan tarkoitetaan taitosuorituksia, jotka suoritetaan muuttuvassa ympäristössä, jolloin ulkoiset tekijät määrittävät taitosuorituksen tahdin ja pakottavat vaihteleviin liikevasteisiin. (Brady 1995, viitaten Gentile 1975.) Ketteryydestä puhuttaessa on syytä korostaa, että ketteryys (agility) ja suunnanmuutoskyky (change of direction ability), ovat kaksi eri asiaa (Scanlan ym. 2014b; Sheppard & Young 2006). Ketteryyteen kuuluu ärsykkeeseen reagoiminen ja liikkeen suunnan tai nopeuden muuttaminen sen perusteella, jolloin vaaditaan kognitiivisia taitoja määrittämään tarpeenmukainen liike. Tämän perusteella ketteryys voidaan luokitella avoimeksi taidoksi. Vastaavasti suunnanmuutoskyvystä puhuttaessa liikevaste on määritetty etukäteen, jolloin liikkeen suorittamiseen ei tarvita

juurikaan kognitiivisia taitoja. Tämän perusteella suunnanmuutoskyky voidaan luokitella suljetuksi taidoksi. (Sheppard & Young 2006.)

Lisäksi kahden erillisen taidon puolesta puhuvat ketteryys- ja suunnanmuutossuoritusten väliset erot liikkeen biomekaniikassa (Wheeler & Sayers 2010; Besier ym. 2001) sekä vain kohtalainen korrelaatio näiden kahden ominaisuuden välillä aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa ($r = 0.32 - 0.7$) (Scanlan ym. 2014a; Henry ym. 2011; Sheppard ym. 2006; Farrow ym. 2005). Ketteryys- ja suunnanmuutoskyvyn merkitystä urheilijan menestykseen on verrattu useissa tutkimuksissa muun muassa australialaisen jalkapallon pelaajilla (Henry ym. 2011; Young ym. 2011; Sheppard ym. 2006) sekä rugby pelaajilla (Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2008). Näissä tutkimuksissa havaittiin, että korkeamman tason pelaajat olivat matalamman tason pelaajiin verrattaessa tilastollisesti merkitsevästi nopeampia ketteryystesteissä, mutta eivät suunnanmuutostesteissä. (Henry ym. 2011; Young ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2008; Sheppard ym. 2006). Ketteryysuorituskykyyn vaikuttavat useat tekijät, mutta Young ym. (2015) mukaan ne voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: kognitiivisiin, fyysisiin sekä teknisiin tekijöihin. (KUVIO1.)



KUVIO 1. Ketteryysuorituskykyyn vaikuttavat tekijät (Young ym. 2015).

2.2 Ketteryyteen vaikuttavat fyysiset tekijät

Yksistään fyysisten tekijöiden on havaittu selittävän heikosti ketteryyssuorituskykyä aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa (Taulukko 1) (Henry ym. 2016; Scanlan ym. 2014a; Spiteri ym. 2014a; Young ym. 2014). Young ym. (2014) tutkivat fyysisten tekijöiden vaikutusta ketteryyssuorituskykyyn 24 miespuolisella australialaisen jalkapallon pelaajalla. He mittasivat tutkittavilta 10 metrin juoksuajan, puolikykyyn kolmen toiston maksimin, kevennyshypyn sekä pudotushypyn. Ketteryystestinä he suorittivat videostimuluksen sisältävän Y-mallisen testin (Young ym. 2014) ja suunnanmuutostestinä tutkittavat suorittivat saman testin ennalta määritetyllä suunnanmuutoksella. Tulosten mukaan fyysiset tekijät selittivät vain 14.2 % ($p < 0.05$) ketteryyssuorituskyvystä, kun taas suunnanmuutoskyvystä vastaavat tekijät selittävät heidän mukaansa 56.7 % ($p < 0.05$). (Young ym. 2014.) Spiteri ym. (2014a) tutkivat 12 kansallisen tason naiskoripalloilijan konsentrisen, eksentrisen ja isometrisen voimantuoton yhteyttä ketteryyssuorituskykyyn. He havaitsivat kaikkien voimantuottotapojen korreloivan vain heikosti ketteryyssuorituskyvyn kanssa. Henry ym. (2016) tutkivat vertikaali-, horisontaali- ja lateraalisuunnassa tehtyjen hyppyjen yhteyttä ketteryyssuorituskykyyn. He havaitsivat heikon, tilastollisesti ei merkitsevän, korrelaation hyppysuoritusten ja ketteryyssuorituksen kokonaisajan välillä ($r = -0.25 - (-0.33)$). (Henry ym. 2016.) Fyysisten ominaisuuksien yhteyttä ketteryyssuorituskykyyn arvioitaessa on kuitenkin syytä muistaa, että ketteryyssuoritus vaatii henkilöltä eri kehon osien synkronisoituja liikkeitä ja sisältää tavallisesti kaikkia kolmea lihastyötappaa. Tämän vuoksi liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei kannata vetää verrattain yksinkertaisten ja eristettyjen voimamittauksissa käytettyjen menetelmien pohjalta. (Spiteri ym. 2014a.)

Young & Murray (2016) tutkivat australialaisen jalkapallon pelaajien ($n=19$) ketteryyttä hyökkäys- ja puolustustilanteessa kehittämällään kenttätestillä. Lisäksi he mittasivat tutkittavien reaktiivista voimantuottoa pudotushypyn avulla. Tutkijat havaitsivat tilastollisesti merkitsevän, vahvan korrelaation, reaktiivisen voimantuoton ja hyökkäystilanteen ($r=0.731$, $p < 0.001$) välillä sekä kohtalaisen korrelaation reaktiivisen voimantuoton ja puolustustilanteen ($r=0.625$, $p < 0.01$) välillä.

TAULUKKO 1. Ketteryys- ja fyysisten ominaisuuksien väliset korrelaatiot aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa.

Fyysinen ominaisuus	Yhteys ketteryys- ja fyysisten ominaisuuksien välillä	Lähteet
Suora juoksunopeus (10m)	$r = -0.003 - 0.485$	Lockie ym. 2014; Young ym. 2014; Scanlan ym. 2014a; Sheppard ym. 2006
Suunnanmuutoskyky	$r = 0.278 - 0.7$	Lockie ym. 2014; Scanlan ym. 2014a; Henry ym. 2011; Sheppard ym. 2006; Farrow ym. 2005
Konsentrinen maksimivoima	$r = -0.272$	Spiteri ym. 2014a
Eksentrinen maksimivoima	$r = -0.271$	Spiteri ym. 2014a
Eksentrinen huippumomentti	$r^2 = 0.05$	Naylor & Greig 2015
Isometrinen maksimivoima	$r = -0.086$	Spiteri ym. 2014a
Teho (Kevennyshyppy)	$r = -0.280 - (-0.123)$	Spiteri ym. 2014a; Young ym. 2014; Henry ym. 2016
Reaktiivinen voimantuotto	$r = -0.101 - (-0.731)$	Young & Murray 2016; Young ym. 2014

Fiorilli ym. (2016) tutkivat iän vaikutusta suunnanmuutoskykyyn ja ketteryyteen, Y-mallisessa valostimulusketteryystestissä alle 12- (n=39), 14- (n=42), 16- (n=70) ja 18- (n=35) vuotiailla jalkapalloilijoilla. Tutkittavat suorittivat testin valostimuluksen ohjaamana (ketteryys) sekä ennalta määritetysti (suunnanmuutoskyky). Tutkijat löysivät tilastollisesti merkitsevät ($p < 0.01$), vahvat korrelaatiot ($r = 0.835 - 0.981$) kaikilla ikäryhmillä ketteryys- ja ennalta määritetyn suunnanmuutostestin välillä. (Fiorilli ym. 2016.) Aikuisilla tehtyihin, video- tai ihmisstimulus testeihin verrattuna poikkeavaa tulosta voidaan selittää valostimuluksen huonolla validiteetillä, sillä siinä tutkittava ei pääse hyödyntämään lajispesifisiä havainnointitaitoja (Scanlan ym. 2015).

2.3 Ketteryyteen vaikuttavat kognitiiviset tekijät

Kognitiivisia tekijöitä on esitetty tärkeimmiksi ketteryyssuorituskykyä selittäviksi tekijöiksi (Scanlan ym. 2014a). Scanlan ym. (2014a) tutkivat alueellisen tason mieskoripalloilijoita (n=12) ihmisstimulusketteryystestillä ja saivat tutkimuksestaan tulokset, joiden mukaan tutkittavan vasteaika ($r = 0.76$, $p < 0.01$) (aika stimuluksen alkamisen ja tutkittavan liikkeen alkamisen välillä) sekä päätöksentekoaika ($r = 0.58$, $p < 0.05$) korreloivat kohtalaisesti vahvasti ja tilastollisesti merkitsevästi testin kokonaisaikaan. Vastaavasti rakenteellisilla tekijöillä, suoralla tai suunnanmuutos-juoksunopeudella oli vain heikko tai kohtalainen, ei tilastollisesti merkitsevä, korrelaatio ketteryyssuorituskykyyn. (Scanlan ym. 2014a.) Young & Willey (2009) tutkivat australialaisen jalkapallon pelaajien ketteryyssuorituskykyä niin ikään ihmisstimulusketteryystestillä ja havaitsivat vahvan korrelaation päätöksentekoaajan ja testin kokonaisajan välillä ($r = 0.77$, $p < 0.001$).

Lajinomaisissa testeissä päätöksentekoaajoissa on havaittu selkeitä eroja tutkittavien tason mukaan (Scanlan ym. 2014a; Gabbett ym. 2011; Gabbett ym. 2008; Gabbett & Benton 2007). Eroja on selitetty, sillä että korkeamman tason urheilijat ovat parempia havaitsemaan tilanteen kannalta kaikkein oleellisimpaa informaatiota, kun taas matalamman tason urheilijat kiinnittävät huomiotaan enemmän tilanteen kannalta epäoleellisempiin kohteisiin (Scanlan ym. 2015; Roca ym. 2013; Roca ym. 2011; Williams & Davids 1998). Lisäksi korkeamman tason pelaajilla on harjoittelusta johtuen enemmän tilannespesifejä muistirepresentaatioita, jonka perusteella he kykenevät tekemään arvioita ja löytämään tilanteen kannalta parempia ratkaisumalleja verrattuna heikompi tasoisiin pelaajiin (Roca ym. 2013).

2.4 Ketteryyteen vaikuttavat tekniset tekijät

Tutkimustietoa suoritustekniikan vaikutuksesta ketteryyssuorituskykyyn on vielä melko vähän ja suurin osa tutkimuksista on lähestynyt aihetta vammojen ennaltaehkäisyn näkökulmasta (Paul ym. 2016). Spiteri ym. (2014b) tutkivat miesten ja naisten välisiä

suorituskykyeroja sekä hyökkäys- että puolustustilanteissa ihmisstimulukseen perustuneella ketteryydestillä. He havaitsivat miesten tuottavan suuremman vertikaalisen jarrutusvoiman ja impulssin, suuremman polvinivelen ja selän fleksion (etutaivutuksen) sekä lonkkanivelen abduktion (loitonnuksen) ja suuremman askelnopeuden verrattuna naisiin niin hyökkäys- kuin puolustustilanteissakin. (Spiteri ym. 2014b.) Wheeler & Sayers (2010) tutkivat ihmisstimulukseen perustuvalla ketteryydestillä suoritustekniikkaa rugby pelaajilla ja vertasivat sitä ennalta määritetysti tehtyyn suunnanmuutostestin suoritustekniikkaan. He havaitsivat, että ketteryydestissä suuntaa muuttavan askeleen tutkittavien lateraalinen liike (sivuttaisliike) väheni tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$), joka puolestaan muutti jalan asettamistekniikkaa verrattuna suunnanmuutostestiin. Lisäksi he havaitsivat, että ketteryydestistä nopeammin suoriutuneet tekivät suuntaa muuttavan askeleen aiemmin ja saavuttivat suuremman lateraalisen liikenopeuden verrattuna testissä heikommin suoriutuneisiin. (Wheeler & Sayers 2010.)

Besier ym. (2001) vertasivat valostimulukseen perustuvan ketteryydestin ja ennalta määritetyn suunnanmuutostestin polviin aiheuttamia kuormituksia. He havaitsivat, että reaktiivisessa testissä liikesuuntaa muuttavalla askeleella liikenopeus oli 0.15 m/s ($p < 0.05$) pienempi verrattuna ennalta määritettyyn suunnanmuutostestiin. Lisäksi reaktiivisessa suunnanmuutoksessa polviniveleen kohdistui lähes kaksi kertaa suurempi ulkoinen varus/ valgus- ja sisäinen/ ulkoinen kiertomomentti. Tutkijoiden mukaan nämä saattavat nostaa loukkaantumisriskiä reaktiivisessa suunnanmuutoksessa. (Besier ym. 2001.)

2.5 Kasvun ja kehityksen vaikutus ketteryyssuorituskykyä määrittäviin tekijöihin

Ihmisen kasvuun vaikuttavat henkilön perintö- ja ympäristötekijät. Nämä ohjaavat ihmisen yleistä kasvua ja hermolihasjärjestelmän kehitystä erityisesti elämän kahden ensimmäisen vuosikymmenen aikana. Ihmisen yleisen kasvun (pituus, paino, kehon mittasuhteet, luusto, lihasmassa, hengitys- ja verenkiertoelimistö ja ruuansulatuselimistö) kehitystahti elämän ensimmäisten 20 vuoden aikana voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen. Kehitys on nopeaa

syntymästä varhaislapsuuteen, jonka jälkeen kehitys tasaantuu keskilapsuudessa. Murrosiässä kehitysvauhti kiihtyy nopeasti tasaantuen taas kohti aikuisuutta. Hermokudoksen määrä kasvaa nopeasti lapsuudessa, saavuttaen 7- vuotiaana noin 95 % tason aikuisiän kokonaismäärästä. (Malina ym. 1991, 8-10.)

Pituuden huippukasvun vaihe (Peak height velocity = PHV) tarkoittaa ikää, jolloin pituuskasvu on murrosiän aikana nopeimmillaan. Määrittämällä henkilön PHV voidaan arvioida hänen biologista kehitysvaihettaan. Eurooppalaisilla tytöillä PHV ajoittuu keskimäärin 12 - ja pojilla 14 - ikävuoden molemmin puolin, yksilöllisten vaihteluiden ollessa kuitenkin suurta. Tytöt kasvavat PHV: n aikana keskimäärin noin 7-9 cm ja pojat 8-10 cm vuodessa. (Malina ym. 1991.) PHV: n ajoittumisen määrittämiseen on käytetty useita tapoja, jotka ovat perustuneet muun muassa kehon antropometriin mittasuhteisiin, luustoikään (röntgenkuvaus) ja erilaisiin laskennallisiin kaavoihin. Näistä menetelmistä luustoikään perustuvaa menetelmää pidetään tarkimpana, mutta myös antropometriin menetelmiin perustuvat määrittystavat pystyvät ennustamaan PHV: n hyvin. Laskennallisilla menetelmillä PHV: n ajoittuminen on havaittu määritettävän monesti todellisuutta myöhäisemmäksi. (Mills ym. 2016.)

2.5.1 Kasvun vaikutus voima-nopeus-ominaisuuksiin ja motoriseen suorituskykyyn pojilla

Pojilla voima-nopeus-ominaisuudet sekä motorinen suorituskyky paranevat kasvun myötä (Vänttinen ym. 2013; Valente Dos-Santos ym. 2012; Malina 1991, 189 - 195). Staattinen voima kasvaa melko lineaarisesti 13-14 ikävuoteen asti, jonka jälkeen voiman kasvu kiihtyy murrosiän kasvupyrähdyksessä. Tämä johtuen murrosiän aiheuttamista hormonaalisista muutoksista, lähinnä lisääntyneestä testosteronin erityksestä ja sitä seuraavasta lihasmassan kasvusta. Vauhdittomassa pituushypyssä, sekä vertikaalihypyssä poikien suorituskyky kasvaa lineaarisesti noin 12-13 –vuotiaaksi asti, jonka jälkeen suorituskyky kasvaa vauhdittomassa pituushypyssä entistä jyrkemmin, ja vertikaalihypyssä hieman entistä jyrkemmin. Juoksunopeus kasvaa pojilla lineaarisesti 5 -vuotiaasta 17-vuotiaaksi, eikä siinä ole

havaittavissa murrosiän kasvupyrähdysen vaikutusta. Suunnanmuutoksia sisältävässä sukkulajuoksussa suorituskyky paranee iän myötä pojilla huomattavasti 5-8 -vuotiaana, jonka jälkeen kehitys tapahtuu hitaammin 18-vuotiaaksi asti (Malina, 1991, 189-195.)

Vänttinen ym. (2013) analysoivat 9-17 -vuotiaiden poika- ja tyttöjalkapalloilijoiden kansallisissa taitokisoissa vuosien 2000 ja 2011 välillä suorittamien yli 30 000 jalkapallon suljetun taidon syöttö- ja kuljetustestien tulokset. He havaitsivat molempien testisuoritusten kehittyvän noin 30 % 9 -vuotiaasta 17-vuotiaaksi mennessä sekä tytöillä, että pojilla. Molemmilla sukupuolilla kehitys oli suurimmillaan molemmissa testeissä 9-11 -vuotiaana, jonka jälkeen kehitysvauhti vaihteli sukupuolen, pelaajien tason ja testin mukaan. (Vänttinen ym. 2013.) Valente Dos-Santos ym. (2012) seurasivat tutkimuksessaan 83: a 11-17 -vuotiaita jalkapalloilijoita vuosittain viiden vuoden ajan. He havaitsivat pelaajien tulosten kehittyvän iän myötä sekä suorituskyky- että suljettujen jalkapallotaitojen testeissä. Suoritukset suljetun taidon jalkapallotesteissä havaittiin olevan riippuvaisia pelaajan iästä seuraavasti: laukaisutestin tulos kehittyi 11-13 vuotiaana suuresti, jonka jälkeen kehitys hidastui. Pallokontrolli-, kuljetus- ja syöttötestin tulokset puolestaan kehittyivät tasaisemmin 11-16 vuotiaana, jonka jälkeen kehitys hidastui. (Valente Dos-Santos ym. 2012.)

2.5.2 Havainnoinnin ja päätöksenteon kehitys iän myötä

Hermokudoksen määrä kasvaa nopeasti lapsuudessa, saavuttaen 7- vuotiaana noin 95 % tason 20-ikävuoteen kertyneestä kokonaismäärästä (Malina ym. 1991, 8). Murrosiässä hermoston toiminta uudelleen organisoituu aivoissa tapahtuvien muutosten myötä, jotka myöhemmin johtavat aivojen synapsien tehokkaampaan toimintaan (McGivern ym. 2002). Murrosiässä tapahtuvia aivojen ja hermoston rakenteellisten ja toiminnallisten muutoksien on selitetty johtuvan miehillä lisääntyvästä testosteronin erityksestä (Cahill 2006).

Yleiset havainnointitaidot paranevat murrosiässä 10- ikävuodesta 16-ikävuoteen, kehityksen ollessa suurinta vaativimmissa tehtävissä (Vänttinen ym. 2010). Vänttinen ym. (2010) tutkivat yleisiä havainnointitaitoja 10-16 -vuotiailla jalkapalloilijoilla ja iältään täsmäävällä

verrokkiryhmällä. Molemmat ryhmät yhdessä analysoituna havaittiin, että 16-vuotiaat olivat yksinkertaisessa reaktioajassa 10.2 %, perifeerisessä tietoisuudessa 22.3 % ja silmä-käsi – koordinaatiossa 37.5 % parempia kuin 10-vuotiaat. Ero oli siis suurempi perifeerisen tietoisuuden- ja silmä-käsi-koordinaatiotesteissä, jotka vaativat enemmän informaation prosessointia kuin yksinkertainen reaktioaikatesti. Tutkijat selittivät tämän johtuvan mahdollisesti aikuisuuteen asti jatkuvasta aivojen kehittymisestä sekä iän myötä tapahtuneesta oppimisesta ja kokemuksesta. Verrattaessa jalkapalloilijoita verrokkeihin tutkijat havaitsivat 14- ja 16-vuotiaiden jalkapalloilijoiden olevan verrokkejaan merkittävästi parempia yleisissä havainnointitaidoissa, mutta 10- ja 12 –vuotiailla vastaavaa eroa ei ollut havaittavissa. (Vänttinen ym. 2010.) Tutkijat esittivät mahdolliseksi selitykseksi jatkuvaa havainnointia vaativan jalkapalloharjoittelun, joka iän karttuessa johtaa myös parempiin yleisiin havainnointitaitoihin. (Vänttinen ym. 2010, viitaten Reilly 2005)

Vaikka jalkapallon lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen kehitystä ei ole tutkimuksissa kyetty suoranaisesti osoittamaan, on korkeamman tason jalkapalloilijoiden osoitettu olevan kaikissa ikäryhmissä matalamman tason jalkapalloilijoita parempia kyseisissä taidoissa (Roca ym. 2013; Roca 2011; Ward & Williams 2003). Ward & Williams (2003) vertasivat tutkimuksessaan 9-, 11-, 13-, 15- ja 17 –vuotiaiden jalkapalloakatemiapelaajien ja harrastetason pelaajien taitoa ennakoita videolta näytetyn 1 v 1, 3 v 3 tai 11 v 11 pelitilanteen seuraava tapahtuma, tunnistaa tilanteen kannalta oleellisimmat pelaajat sekä muistaa tietyn pelaajien sijainti kentällä. He havaitsivat, että tutkittavien iällä ei ollut yhteyttä mitattuihin muuttujiin, mutta akatemiapelaajat olivat harrastepelaajia merkittävästi parempia tunnistamaan oleellisimmat pelaajat sekä ennakoimaan tulevat tapahtumat oikein kaikissa ikäryhmissä. Tutkijat selittivät tuloksien johtuvan mahdollisesti siitä, että vaikka alle 10 -vuotiaiden ongelmien prosessointi- ja ratkaisukyky sekä muististrategiat ovat vielä puutteellisia verrattuna aikuisiin, niitä voidaan kuitenkin kehittää jo lapsena tarkoituksenmukaisen valmennuksen avulla. Toisaalta he myös korostivat, että huipputasoon saavuttaminen ei tapahdu hetkessä vaan vaatii vuosien ajan intensiivistä ja laadukasta harjoittelua. (Ward & Williams 2003.)

3 JALKAPALLON VAATIMUKSET

Yksittäinen pelaaja liikkuu aikuisten kansainvälisen tason jalkapallo-ottelun aikana noin 11 kilometriä. Kokonaismatkastaan pelaaja liikkuu pallon kanssa noin 1 - 2 %. Liikuttu matka vaihtelee kuitenkin suuresti pelipaikkojen välillä. (Mallo ym. 2015; Clark ym. 2010.) Palloon yksittäinen pelaaja koskee ottelun aikana keskimäärin 53 - 71 kertaa pelipaikasta, joukkueen tasosta ja ottelun luonteesta riippuen (Liu ym. 2016). Pelaajalla on jalkapallo-ottelussa keskimäärin 37 - 64 pallonhallintaa (Russell ym. 2013; Carling ym. 2010; Clark 2010) ja ottelun aikana pelaajalla on pallo hallussa noin 53 sekuntia (Carling ym. 2010). Yksittäisessä pallonhallinnassa pelaaja koskee palloon keskimäärin kaksi kertaa ja se kestää keskimäärin 1,1 sekuntia. Pallonhallinnassa pelaajan keskinopeus on keskimäärin 12.9 km/h ja huippunopeus 24.7 km/h. Pelaajan saadessa pallon haltuunsa lähin vastustaja on keskimäärin neljän metrin etäisyydellä pelaajasta. (Carling ym. 2010.) Pelaaja syöttää ottelun aikana keskimäärin 34 -52 kertaa ja syötöistä keskimäärin 75 - 83 % onnistuu (Liu ym. 2016; Barnes ym. 2014; Russel ym. 2013). Syötön keskipituus on noin 10 metriä (Russell ym. 2013).

3.1 Ketteryys jalkapallossa

Jalkapallossa pelaajat muuttavat liikesuuntaa ja -nopeutta siten, että he pyrkivät liikkeellään saavuttamaan hyötyä joukkueelleen. Nopeuden muutos voi olla kiihdytys tai jarrutus, jonka pelaaja suorittaa kentällä vasteena ulkoiselle stimulukselle (ottelun tapahtumat). Joukkuepeleissä liikkeet voivat liittyä ennalta arvaamattomasti muuttuviin pelitapahtumiin tai olla pelitaktiikan mukaan ennalta suunniteltuja. Molemmissa tapauksissa pelaajan täytyy kuitenkin lopulta reagoida ulkoiseen ärsykkeeseen, joten häneltä vaaditaan lajinomaista ketteryyttä kaikissa pelitilanteissa. (Young ym. 2015.)

Jalkapallo-ottelussa muutos liikkeen intensiteetissä tapahtuu keskimäärin 4 - 5 sekunnin välein (Mohr ym. 2003.). Liikkeen intensiteettijakaumissa on eroavaisuuksia pelaajien ja pelipaikkojen välillä (Mallo ym. 2015.), mutta keskimäärin pelaaja liikkuu kokonaismatkasta

noin 70 %, matalalla intensiteetillä joko kävellen (0.7-7.1 km/h) tai hölkkäen (7.2 - 14.3 km/h), juosten (14.4 - 19.7 km/h) noin 16 % ja korkean intensiteetin juoksuilla (19.8 - 25.1 km/h) ja sprinteillä (> 25.1 km/h) molemmilla noin 4 %. Spurtteja (> 25.1 km/h) suoritetaan ottelun aikana noin 50 - 60 kappaletta ja niiden keskimääräinen pituus on noin kuusi metriä (Barnes ym. 2014). Vaikka korkean intensiteetin juoksua on melko vähän, niiden merkitys ottelun lopputuloksen kannalta on ratkaisevaa (Mohr ym. 2003). Korkeaintensiteettisten juoksujen määrä huippujalkapallossa onkin viimeisen vuosikymmenen aikana lisääntynyt noin 30 % (Barnes ym. 2014). Englannin valioliigan otteluiden analyysissä Bloomfield ym. (2007) havaitsivat pelaajan muuttavan liikesuuntaa ottelun aikana noin 700 kertaa, joista selvästi suurin osa (>80 %) oli alle 90 asteen suunnanmuutoksia. Noin 80 %:ssa tapauksista suunnanmuutos sisälsi myös liikenopeuden muutoksen. (Bloomfield ym. 2007.)

Bloomfield ym. (2007) havaitsivat, että pelaajan ottelun aikaisesta liikkeestä noin 50% tapahtui suorana juoksuna eteenpäin, 7% suorana juoksuna taaksepäin ja 10% sekä lateraalisesti (sivuttaissuunnassa) että diagonaalisesti (vinosti). Osgnach ym. (2010) tutkivat Italian Serie A: n pelaajien liikkumista ja havaitsivat, että pelaajat liikkuvat ottelun aikana matalalla intensiteetillä (0-1 m/s²) kiihdyttäen keskimäärin 3587 m ja jarruttaen 3821 m, keskikovalla intensiteetillä (1-2 m/s²) sekä kiihdyttäen että jarruttaen 1176 m, korkealla intensiteetillä (2-3 m/s²) sekä kiihdyttäen että jarruttaen 411 m ja maksimaalisella intensiteetillä (> 3 m/s²) kiihdyttäen 180 m ja jarruttaen 188 m. (Osgnach ym. 2010.)

3.2 Jalkapallossa tarvittavat havainnointitaidot

Stine ym. (1982) osoittivat, että urheilijoilla on paremmat yleiset havainnointitaidot kuin ei-urheilijoilla ja, että yleiset havainnointitaidot ovat harjoiteltavissa olevia taitoja. Kuitenkin jalkapallosuorituksen kannalta pelaajan vanhenemisen myötä yleiset havainnointitaidot tulevat vähemmän merkityksellisiksi ja lajispesifien havainnointitaitojen merkitys korostuu (Vänttinen ym. 2010). Yleisen käsityksen mukaan eksperttien ja vähemmän taitavien yksilöiden väliset erot havainnointitaidoissa eivät selity eroilla näköjärjestelmän yleisissä ominaisuuksissa (visual hardware), kuten staattisella tai dynaamisella näön tarkkuudella,

syvyys- tai värinäöllä tai näkökentän laajuudella. Sen sijaan ekspertit käyttävät näköjärjestelmäänsä (visual software) tehtävän kannalta tehokkaammin suuntaamalla huomionsa oikeisiin kohteisiin sekä tunnistamalla ja analysoimalla tehtävän kannalta oleellisinta informaatiota. (Williams 2000.)

Katseen kontrolli voidaan jakaa motorisen tehtävän mukaan kolmeen pääkategoriaan: tähtäystehtävät (targeting tasks), ajoitusta ja osumista vaativat tehtävät (interceptive timing tasks) ja taktiset tehtävät (tactical tasks). Usein yhdestä lajista löytyy kaikkien kategorioiden tehtäviä. Katseen kontrolli eroaa luonnollisesti eri kategorioiden tehtävien välillä, mutta myös saman kategorian sisällä visuaalinen etsintästrategia voi olla erilainen. Etsintästrategiaan vaikuttaa neljä tekijää: visuomotoristen työtilojen (avaruudellinen ympäristö jossa henkilön katsetta ja huomiota määrittävät objektit ja sijainnit ovat) määrästä, objektien ja sijaintien määrästä visuomotorisessa työtilassa, huomiota vaativat objektit/ tapahtumat visuomotorisessa työtilassa sekä katseen ja toiminnan yhdistämisestä. (Vickers ym. 2007, 68-72.)

Vickers (2007, 70) mukaan joukkuepalloilulajien pelitilanne voidaan määritellä kuuluvaksi katseen kontrollin osalta pääasiassa taktiseksi tehtäväksi, mutta ottelussa esiintyy myös sekä tähtäys- että ajoitusta ja osumista vaativia tehtäviä. Pelaajan katseen kontrolli, eli mihin kohteisiin, kuinka pitkäksi ajaksi ja millä hetkellä pelaaja kohdistaa katseensa kerätäkseen informaatiota tilanteesta, vaikuttaa pelaajan päätöksentekoon ja mahdollisuuteen ennakoida ottelun tapahtumia (Roca ym. 2013). Tutkimuksissa on havaittu, että visuaalinen etsintästrategia vaihtelee tilanteen ja tehtävän mukaan. (Maarseveen ym. 2016; Roca ym. 2013; Dicks ym. 2010; Williams & Davids 1998). On myös havaittu, että korkeammalla tasolla pelaavien jalkapalloilijoiden visuaalinen etsintästrategia eroaa matalammalla tasolla pelaavista pelaajista (Krzepota ym. 2016; Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013; North ym. 2009; Williams & Davids 1998). Myös pelaajien fyysisen kuormittuneisuuden on havaittu vaikuttavan jalkapallospesifiin visuaaliseen etsintästrategiaan (Casanova ym. 2013)

Katseen kontrollin liittyviä tutkimuksia jalkapallosta on tehty pääasiassa videosimulaatioiden avulla (Krzepota ym. 2016; Maarseveen ym. 2016; Roca ym. 2013; Casanova ym. 2013; North ym. 2009; Vaeyens ym. 2007a; Vayens 2007b; Williams & Davids 1998), mutta joitain tutkimuksia on tehty luonnollisessa ympäristössä. (Taulukko 2). (Piras & Vickers 2011; Dicks ym. 2010; Nagano ym. 2006). Tutkimuksissa on havaittu eroja katseen kontrollissa verrattaessa video- ja luonnollisen ympäristön tilanteita. (Afonso ym. 2014; Dicks ym. 2010.) Videostimuluksen sekä luonnollisen ympäristön tilanteiden eroja on tutkittu jalkapallon rangaistuspotkussa (Dicks ym. 2010) sekä lentopallon puolustustilanteessa (Afonso ym. 2014). Afonso ym. (2014) havaitsivat, että luonnollisen ympäristön tilanteissa tutkittavan fiksaatiot olivat keskimäärin pidempiä verrattuna videostimulukseen (728 ms v 659 ms) sekä niiden kohteet vaihtelivat tilanteiden välillä. Dicks ym. (2010) puolestaan havaitsivat jalkapallomaalivahtien torjuntaprosentin olevan parempi luonnollisen ympäristön -tilanteessa verrattuna videostimulukseen.

Roca ym. (2013) vertasivat tutkimuksessaan ammattilais- ja puoliammattilaispelaajien (n=12) ja amatöörien (n=12) katseen kohdistusta pelaajan näkökulmasta kaukana ja lähellä tapahtuvissa puolustustilanteissa videosimulaation avulla. Ammattilaispelaajilla havaittiin enemmän fiksaatioita, ne kohdistuivat useampaan kohteeseen sekä kestivät keskimäärin lyhyemmän aikaa verrattuna amatööreihin, sekä kaukana että lähellä tapahtuvissa tilanteissa. Tasosta riippumatta pelaajat katsoivat suurimman osan ajasta palloa hallitsevaa pelaajaa. Taitavat pelaajat kohdistavat katseensa seuraavaksi pisimmäksi ajaksi vastajoukkueen pelaajiin, tyhjään tilaan, oman joukkueen pelaajiin ja vähiten itse palloon. Vähemmän taitavat pelaaja puolestaan kohdistivat katseensa toiseksi pisimmäksi ajaksi palloon ja vähiten tyhjään tilaan. (Roca ym. 2013.) North ym. (2009) saivat tutkimuksessaan vastaavanlaisia tuloksia verratessaan Englannin valioliigapelaajien (n=11) ja harrastetasonpelaajien (n=15) visuaalista etsintästrategiaa videosimulaatiolla niin ikään 11 v 11 puolustustilanteissa.

Vaeyes ym. (2007a) tutkivat 40, 13-16 -vuotiaiden jalkapalloilijoiden katseen kohdistusta 2 vs. 1, 3 vs. 1, 3 vs. 2, 4 vs. 3 sekä 5 vs. 3 videosimulaatioilla toteutetuissa hyökkäystilanteissa. Tutkittavat jaettiin kahteen tasoryhmään taktista osaamista mitanneen kirjallisen testin

tulosten perusteella. Taktista osaamista mitanneessa testissä paremmin pärjänneillä pelaajilla oli kaikissa tilanteissa suurempi määrä fiksaatioita ja 2 vs. 1, 3 vs. 1, 3 vs. 2 niiden keskimääräiset kestot olivat lyhyempiä kuin heikompien ryhmällä. Paremmen ryhmän pelaajat käyttivät enemmän aikaa fiksaatioihin, jotka kohdistuivat palloa hallitsevaan pelaajaan ja siirsivät katsettaan useammin palloa hallitsevan pelaajan ja muiden alueiden välillä verrattuna matalampi tasoisten ryhmään. (Vaeyens ym. 2007a.)

TAULUKKO 2. Jalkapallon parissa tehdyt tutkimukset katseen kontrollista.

Tutkijat	Tutkittavat		Tutkinusasetelma	Tulokset
	Suku- puoli n	Taso		
Krzepota ym. 2016	24 M	Pääsarja (n=8) Akatemiat (n=8) ei- jalkapalloilijat (n=8)	Katseen kontrolli 1 vs 1 videosisimulaatio puolustustilanteessa	Pääsarjapelaajilla fiksaatioita lukumäärältään vähemmän, kestoltaan pidempää ja keskittyen enemmän jalkaan ja palloon kuin akatemiapelaajilla ja ei-jalkapalloilijoilla
Maarseveen ym. 2016	22 N	Kansallinen talentiryhmä	3vs3 videosisimulaation ennakoiminen, tilanteen tunnistamisen ja katseenkontrollin yhteys in situ 3vs3 pelin suorittamiseen (tutkijat pisteyttivät in situ tilanteen omalla menetelmällään)	Videosimulaatiotestin ja in situ testin välillä ei korrelaatiota. Katseen kontrollissa eroja ennakoiti ja tilanteen tunnistamistehtävien välillä.
Timmis ym. 2014	12 M	Yliopiston joukkue	Laukaisijan katseen kontrolli voimalla tai tarkkuudella laotussa rangaistuspotkussa	Tarkkuudella laotussa potkussa fiksaatioiden kokonaismäärästä prosentuaalisesti enemmän maaliin ja maalin reunoihin ja vähemmän palkoon kuin voimalla laotussa potkussa.
Cananova ym. 2013	16 M	Ammattilaiset ja puoliammattilaiset (n=8) Amatöörit (n=8)	Kuormituksen vaikutus katseenkontrolliin ja ennakoitiin hyökkäystilanne videosisimulaatioissa	Ammattilaiden ennakoiti paempaa kuin amatööreillä koko testin ajan, kuormituksen myötä lasi molemmilla. Katseen kontrollissa ammattilaisilla puoliaikojen alussa enemmän lyhyempiä fiksaatioita useampaan kohteeseen ja puoliaikojen lopulla pidempiä fiksaatioita, vähemmän ja vähempiin kohteisiin
Roca ym. 2013	24 M	Ammattilaiset ja puoliammattilaiset (n=12) Amatöörit (n=12)	Tasoryhmien väliset erot 11 vs 11 lähellä ja kaukaa tapahtuvien puolustustilanteiden videosisimulaatioiden katseenkontrollissa, verbaalisissa kommentissa ja ennakoimissa	Ammattilaiset tarkempia ennakoimissa, fiksaatioita enemmän, lyhyempiä ja useampaan kohteeseen sekä enemmän verbaalisia kommentteja tehtäviä kuin amatööreillä. Kaikissa muuttujissa eroja lähellä ja kaukana tapahtuvien tilanteiden välillä.
Piras & Vickers 2011	7 M	Harrastetaso	Maalivahtien katseen kontrolli rintapotkulla ja sisäterällä laotussa rangaistuspotkussa, in situ vision in action	Potkujen välillä eroa fiksaatioiden transitoissa sekä quiet-eyen pituudessa
Roca ym. 2011	20 M	Ammattilaiset ja puoliammattilaiset (n=10) Amatöörit (n=10)	Tasoryhmien väliset erot 11 vs 11 puolustustilanteiden videosisimulaatioiden katseenkontrollissa, verbaalisissa kommentissa ja ennakoimissa	Korkeamman tason pelaajilla enemmän, kestoltaan lyhyempiä fiksaatioita useampaan kohteeseen kuin heikompiatasoisilla.
Dicks ym. 2010	8 M	Pääsarja	Maalivahtien katseenkontrolli in situ rangaistuspotkuissa sekä rangaistuspotkun	Katseen kontrollissa eroja tilanteiden välillä.
North ym. 2009	26 M	Vaihtoliga (n=11) Harrastetaso (n=15)	Erot ammattilaiden ja harrastajien katseen kontrollissa, ennakoimissa ja tilanteen tunnistamisessa 11vs11 videosisimulaatioissa	Ammattilaisilla enemmän fiksaatioita ja ennakoiti sekä tilanteentunnistus parempaa kuin harrastajilla. Katseenkontrollissa eroja ennakoiti ja tilanteentunnistus tehtävissä.
Vaeyens ym. 2007	40 M	Nuorten akatemia- ja seurataso	Erot katseen kontrollissa päätöksentekotehtävissä hyvin ja huonosti menestyneillä pelaajilla 2vs1, 3vs1, 3vs2, 4vs3, and 5vs3 hyökkäystilanne videosisimulaatioissa	Yleisesti paremmalla ryhmällä fiksaatioita määrällisesti enemmän, kestoltaan lyhyempiä ja kohdistuivat enemmän palloa hallitsevaan pelaajaan.
Nagano ym. 2006	8 M	Yliopiston joukkue	Katseen kontrolli sisäterällä suoritettussa tarkkuuspotkussa, vision in action	Kolmella tarkimmalla laukojalla pidempi quiet-eye (360 ms. vs 180 ms.) ja aiemmassa vaiheessa verrattuna kolmeen heikompaan.
Williams & Davids 1998	24 M	Ammattilaiset ja puoliammattilaiset (n=12) Amatöörit	Tasoryhmien väliset erot 1 vs 1 ja 3 vs 3 puolustustilanteiden videosisimulaatioiden katseenkontrollissa ja ennakoimissa	Ammattilaisilla parempi ennakoitukyky molemmissa tilanteissa ja 1vs1 tilanteissa enemmän ja lyhyempi fiksaatioita kohdistuen enemmän lantion alueelle

3.3 Päätöksenteko jalkapallossa

Korkeamman tason pelaajien on tutkimuksissa havaittu olevan parempia ennakoimaan ottelun tulevia tilanteita (Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013; Roca ym. 2011; North ym. 2009; Ward & Williams 2003) sekä tunnistamaan pelin rakenteita (Maarseveen ym. 2016; North ym. 2009) verrattuna heikompi tasoisiin pelaajiin. Pelaajien päätöksentekoprosessia on tutkittu yleisimmin videosimulaatioiden avulla. Tutkimusasetelmasta riippuen, eri tasoisten pelaajien on pyydetty videon aikana ajattelemaan ääneen (Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013) tai video on katkaistu tietyssä kohdassa, jonka jälkeen tutkittavan on tietyn ajan kuluessa pyydetty kertomaan, miten tilanne tulisi jatkumaan ja/ tai miten olisi itse tilanteessa toiminut (Casanova ym. 2013; Roca ym. 2011). Ääneen ajattelua käytettäessä ajatukset on luokiteltu omiin kategorioihin. (Roca ym. 2013; Roca ym. 2011). Roca ym. (2013) käyttivät tutkimuksessaan seuraavaa kategorisointia (a) *monitoring statements*, eli tilanteen tapahtumien kertaaminen; (b) *evaluations*, eli tilanteen, tehtävän tai ympäristön arvioiminen; (c) *predictions*, eli tulevien tapahtumien ennakoiminen; (d) *planning statements*, eli tilanteeseen sopivan ratkaisun suunnitteleminen.

Ammattilais- ja puoliammattilaisipelaajien havaittiin tutkimuksessa kykenevän ennustamaan 11 v 11 puolustustilanteen jatkuminen oikein noin 70 % tarkkuudella, mutta amatöörien vain noin 35 % tarkkuudella (Roca ym. 2013; Roca ym. 2011). Korkeamman tason pelaajat olivat myös parempia valitsemaan oikean ratkaisun (noin 80 %), miten he itse toimisivat tilanteessa verrattuna matalamman tason pelaajiin (noin 50-60 %) (Roca ym. 2013; Roca ym. 2011.) Pelaajien ääneen ajattelua analysoidessa havaittiin, että taitavat pelaajat muodostivat enemmän tilanteeseen liittyviä lausuntoja niin kokonaismäärältään kuin kaikissa kategorioissa erikseenkin tarkasteltuna. Tutkijat selittivät tuloksia sillä, että taitavilla pelaajilla on harjoittelusta johtuen enemmän muistirepresentaatioita, jotka mahdollistavat heidän palauttaa mieleen tilannespesifiä informaatiota. Tämän perusteella he kykenevät arvioimaan ja löytämään tilanteen kannalta parempia ratkaisumalleja verrattuna heikompi tasoisiin pelaajiin. (Roca ym. 2013; Roca ym. 2011.)

Casanova ym. (2013) tutkivat jalkapallospesifin juoksumattokuormituksen (2*52 minuutin intensiteetiltään vaihteleva kuormitus) vaikutusta jalkapallon hyökkäystilanteiden videosimulaatoiden seuraavan tapahtuman ennakointiin ja päätöksentekoon ammatti- tai puoliammattilaisjalkapalloilijoilla (n=8) ja amatööreillä (n=8). Korkeamman tason pelaajilla ennakointitaito oli parempaa läpi kuormituksen verrattuna heikompi tasoisiin pelaajiin, mutta ennakointitarkkuus huononi molemmilla ryhmillä kuormituksen edetessä. Korkeamman tason pelaajilla oli koko kuormituksen ajan suhteellisesti enemmän lausuntoja tilanteen arvioimisesta, tilanteen tapahtumien ennakoinnista sekä tilanteeseen sopivan ratkaisun suunnittelusta. Vastaavasti heikompi tasoilla pelaajilla oli suhteellisesti enemmän pinnallisia ajatuksia tilanteen tapahtumista. Kuormitus vaikutti lausuntojen sisältöön siten, että molempien kuormitusjaksojen lopulla parempi tasoilla pelaajilla lausunnot tapahtumien ennakoinnista lisääntyivät. Heikompi tasoilla puolestaan tilanteen arviointi lisääntyi ja pinnalliset ajatukset vähenivät. (Casanova ym. 2013.)

Bishop ym. (2013) tutkivat jalkapallon ennakointitaidon neuraalisia mekanismeja. Tutkimuksessa 41 taustaltaan vaihtelevaa jalkapalloilijaa kuvattiin MRI - kuvantamislaitteella, kun he katsoivat videolta hyökkäystilanteita. Video pimennettiin eri vaiheissa ja tutkittavan tuli ennustaa tuleva tapahtuma. Analyysiä varten tutkittavat jaettiin kolmeen tasoryhmään ennakoinnin vastaustarkkuuden mukaan. Vastaustarkkuus parani ja vasteaika pieneni mitä myöhemmin video pimettiin. Paremman ennakoinnin vastaustarkkuuden tutkittavilla havaittiin suurempi aktivaatiotaso aivojen kortikaalisissa ja subkortikaalisissa rakenteissa verrattuna heikomman ennakointitarkkuuden tutkittaviin. (Bishop ym. 2013.)

Tutkimuksissa on havaittu positiivista siirtovaikutusta päätöksenteossa samoja rakenteita noudattavien lajien välillä (Causer & Ford 2014). Causer ja Ford (2014) vertasivat jalkapalloilijoiden (n=106), muiden tilanhallintapelien (n=43) (esim. koripallo, maahockey, rugby) urheilijoiden ja yksilölajiturheilijoiden (n=58) (esim. tennis, golf, yleisurheilu) päätöksentekoa jalkapallospesifin hyökkäystilanteen videosimulaation avulla. Tutkimuksessa havaittiin, että vastausten oikeellisuudessa jalkapalloilijat (72 ± 10 %) ja muiden

tilanhallintapelien pelaajat (70 ± 9 %) eivät eronneet toisistaan, mutta saivat huomattavasti enemmän oikeita vastauksia kuin yksilölajien urheilijat (53 ± 8 %). Lisäksi havaittiin, että pelaajien taso vaikutti jalkapalloilijoilla ja tilanhallintapelien urheilijoilla heidän saavuttamiinsa tuloksiin, mutta yksilölajien urheilijoilla vastaava yhteyttä ei havaittu. Mekanismit päätöksenteon positiivisen siirtovaikutuksen takana eivät ole täysin selvät. Syyksi on ehdotettu, että samoja rakenteita sisältävissä lajeissa informaation kerääminen ja käsittely tapahtuvat samankaltaisilla prosesseilla ja toisaalta pelaajilla on mahdollisuus hyödyntää toisen lajin parissa hankittuja muistirepresentaatioita tilanteiden tunnistamisessa ja ratkaisemisessa. Vaikka rakenteiltaan vastaavien lajien välillä on havaittu siirtovaikutusta päätöksenteossa, on myös samalla todennäköistä, että on olemassa sellaisia lajispesifejä elementtejä, joita voidaan oppia vain kyseisessä lajissa. (Causar & Ford 2014.)

4 KETTERYYDEN TESTAAMINEN

4.1 Käytetyt testiprotokollat ja mitatut muuttujat

Ketteryyden testaamiseen käytetyt testiprotokollat vaihtelevat suuresti tutkimusten välillä, niin suunnanmuutosten määrän ja suuruuden, stimuluksen ja testiasetelman (Hyökkääjä vs. puolustaja), liikutun matkan kuin ajan suhteen. Tutkimuksissa (Taulukko 3) on edellä mainittuja muuttujia manipuloimalla pyritty kehittämään ketteryydestejä, jotka mittaavat mahdollisimman hyvin laji- ja tilannespesifiä ketteryyttä, esimerkiksi rugbyssä (Serpell ym. 2009), verkkopallossa (Farrow ym. 2005), Australialaiseen jalkapallossa (Henry ym. 2013) ja maahockeyssä (Morland ym. 2013).

Ketteryydestin kokonaisaika kuvaa yhteen testisuoritukseen kulunutta aikaa, yleensä valokennoilla mitattuna. (Young & Rogers 2014). Kokonaisajan lisäksi tutkimuksissa on yleisimmin analysoitu vaste-, päätöksenteko- ja liikeaika. Vasteaika (response time tai tester time) kuvaa sitä aikaa, joka tutkittavalta kuluu stimuluksen alkamisesta liikkeen aloittamiseen (Scanlan ym. 2014a; Young & Rogers 2014; Young & Willey 2009). Päätöksentekoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka tutkittavalta kuluu stimuluksen vihjeestä siihen hetkeen, jolloin hänen liikkeestään huomataan ratkaisu, joka muuttaa liikettä vasteena stimulukselle. Yleensä tämä tarkoittaa sitä hetkeä, jolloin tutkittava asettaa jalkansa maahan muuttaakseen liikesuuntaansa sivuaskeleella. (Scanlan ym. 2014a; Young & Rogers 2014; Henry ym. 2011; Young & Willey 2009; Gabbett & Benton 2007.) Päätöksentekoaika saattaa olla myös negatiivinen, jolloin tutkittava on pystynyt ennakoimaan oikean ratkaisun tilanteeseen liittyvien vihjeiden avulla, ennen varsinaista stimulusta (Farrow ym. 2005). Liikeajalla tarkoitetaan aikaa, joka tutkittavalta kuluu suuntaa muuttavan sivuaskeleen asettamisesta maahan siihen hetkeen, kun hän läpäisee testin maalilinjan (Henry ym. 2011; Young & Willey 2009).

Useassa tutkimuksessa on lisäksi analysoitu tutkittavien stimulusen tekemien oikeiden valintojen lukumäärä tai pyydetty arvioimaan kuinka varma hän on liikkeensä oikeellisuudesta suhteessa videostimulusen tapahtumiin (Henry ym. 2013; Gabbett & Benton 2007; Serpell ym. 2009; Serpell ym. 2011).

TAULUKKO 3. Ketteryystesteissä muunnellut tekijät.

Muuttuja	Yleisimmin käytetty	Ääriarvot	Lähteet
Reaktiivisten suunnanmuutosten määrä	Yleisin ketteryystestimalli on Y-mallinen testi, jossa tutkittava suorittaa yhden suunnanmuutoksen vasemmalle tai oikealle stimuluksen ohjaamana	Video- ja ihmisstimuluksella 1-2, valostimuluksella 1-11	Fiorilli ym. 2016; Sattler ym. 2014; Henry ym.2013; Serpell ym.2009; Sheppard ym. 2006;
Reaktiivisten suunnanmuutosten suuruus	Yleisimmässä Y-mallisessa testissä noin 45 asteen suunnanmuutos. Yleisesti käytetyssä Sheppard ym. (2006) ihmisstimulusketteryystestissä suunnanmuutos noin 60-80 astetta	Video- ja ihmisstimuluksella 45-90 astetta, valostimuluksella 45-180 astetta	Fiorilli ym. 2016; Henry ym. 2013; Benevenuti ym. 2010; Veale ym. 2010; Serpell ym. 2009; Sheppard ym. 2006
Yhdessä testisuorituksessa liikuttu matka	Yleisimmin testissä liikuttu kokonaismatka on noin 10 metriä	Liikuttu matka vaihtelee testien välillä 8-51 metrin välillä	Fiorilli ym. 2016; Trecroci ym. 2016; Young ym. 2013; Benevenuti ym. 2010; Veale ym. 2010; Wheeler & Sayers 2010; Oliver & Mayers 2009; Sheppard ym. 2006
Yhteen testisuorituksen kulunut aika	Video- ja ihmisstimulustesteissä aikaa yhteen testisuoritukseen on kulunut testimallista ja tutkittavista riippuen noin 2-4 sekuntia. Valostimuluksella variaatio suurempaa johtuen testiprotokollien suuremmasta vaihtelusta	Ihmisstimulustestin n. 1,6 sekunnista valostimulusketteryys testin noin 18 sekuntiin.	Trecroci ym. 2016; Scanlan ym. 2014a; Spiteri ym. 2014a; Young & Rogers 2014; Morland ym. 2013; Benevenuti ym. 2010; Sheppard ym. 2006.
Tutkittavan rooli	Video- ja ihmisstimulustesteissä tutkittava on yleensä puolustajan roolissa, jolloin hänen tulee liikkua samaan suuntaan, kuin videon hyökkääväpelaaja tai hyökkääjää simuloiva tutkija.	Tutkittava hyökkääjän roolissa vain muutamissa tutkimuksissa. Valostimuluksella roolia ei voida määrittää.	Young & Murray 2016; Trecroci ym. 2016; Spiteri ym. 2014; Morland ym. 2013; Young ym. 2011; Veale ym. 2010; Serpell ym. 2009; Sheppard ym. 2006
Testisuoritusten määrä	Yleensä 8-12, joissa suunnanmuutos satunnaisessa järjestyksessä yhtä monta kertaa vasemmalle ja oikealle	Vähimmillään neljä suoritusta, enimmillään 12.	Trecroci ym. 2016; Scanlan ym. 2014; Spiteri ym. 2014; Morland ym. 2013; Veale 2010; Sheppard ym. 2006; Farrow ym. 2005
Lämmittelysuoritusten määrä	Yleensä videostimulustestissä tutkittavalla 3-4 lämmittelysuoritusta ennen testisuorituksia.	Valo- ja ihmisstimulustesteissä ei mainintaa lämmittelysuorituksista, videostimuluksella 3-4	Chalaal ym. 2016; Fiorilli ym. 2016; Young & Rogers 2014; Young ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2008; Sheppard ym. 2006

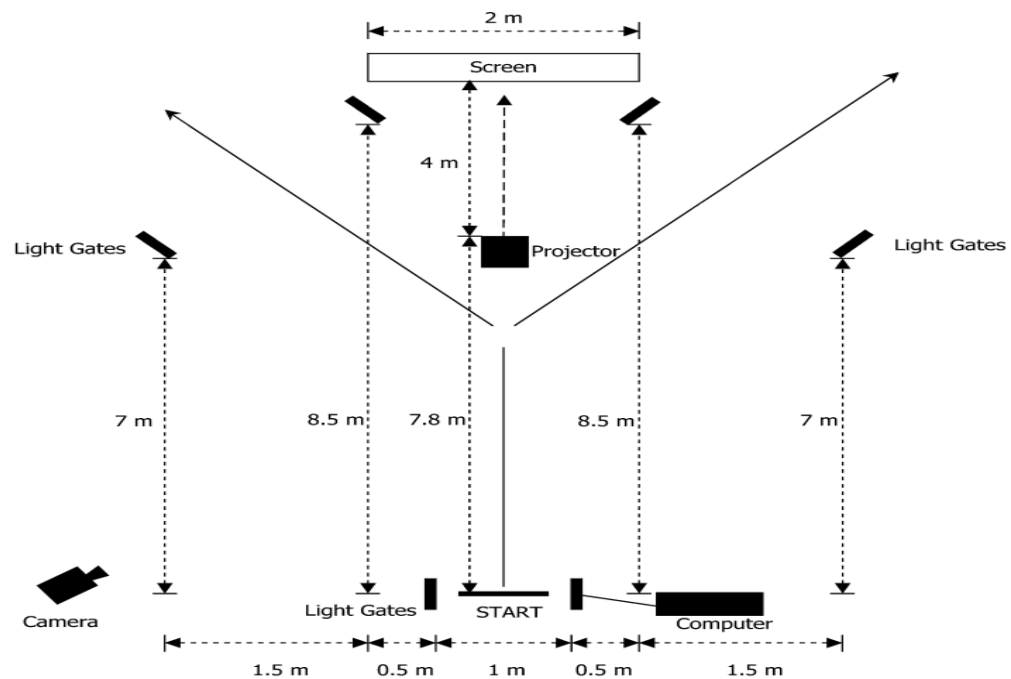
4.2 Valo-, ihmis- ja videostimuluksen reliabiliteetti ja validiteetti

Testiprotokollissa tutkittavan tulee reagoida stimuluskeeseen (=ärsykkeeseen) ja liikkua sen mukaan. Stimulus voi olla joko valo, videokuva tai ihminen (Paul ym. 2016). Valoärsykkeeseen perustuvissa testeissä tutkittavan tehtävänä on havainnoida kahta tai useampaa valonlähdetä ja muuttaa liikesuuntaansa, kun valo jossain niissä syttyy (Lockie ym. 2014; Fiorilli ym. 2016; Scanlan ym. 2015; Oliver & Meyers 2009). Suhteellisen yksinkertaisten valoärsykkeeseen perustuvien protokollien lisäksi joissakin tutkimuksissa on pyritty valoärsykkeen avulla luomaan lajispesifimpi ärsyke. Esimerkiksi Benevenuti ym. (2010) käyttivät neljä pyöreää, jalkapalloa simuloivaa, valoärsykkeen synnyttävää laitetta tutkiessaan naisjalkapalloilijoiden ja futsalpelaajien ketteryysominaisuuksia.

Ihmisstimulusta käytetään ketteryystestissä siten, että tutkittavan täytyy reagoida oikean ihmisen (tutkijan) liikkeeseen. Yleisimmin käytetyn ihmisstimuluskeeseen perustuvan ketteryystestin kehittivät Sheppard ym. (2006) tutkiessaan Australialaisen jalkapallon pelaajia. Testissä tutkittavan tuli puolustajan roolissa reagoida hyökkääjän (tutkijan) liikkeeseen suorittamalla suunnanmuutoksen siihen suuntaan, johon hyökkääjä (tutkija) liikkui. Hyökkääjän roolissa tutkija valitsi satunnaisesti yhden neljästä ennalta suunnitellusta liikemallista (Sheppard ym. 2006). Chalaali ym. (2016) sekä Chaouachi ym. (2014) käyttivät tutkimuksessaan Sheppard ym. (2006) ihmisstimulusta hyödyntävää testiasetelmaa jalkapallospesifisti siten, että 14-vuotiaat eliittitason jalkapalloilijat suorittivat testin ilman palloa sekä palloa kuljettamalla. Molempien tutkimusten kaikkien ryhmien alku- ja lopputestien keskiarvoista laskettuna tutkittavat suorittivat pallollisen testin noin 15 % hitaammin. Kummassakaan tutkimuksessa pallottoman ja pallollisen testin välistä korrelaatiota ei raportoitu (Chalaali ym. 2016; Chaouachi ym. 2014.)

Videostimulus toimii yleensä siten, että tutkittavan juoksu valokennoportin läpi käynnistää valkokankaalle heijastetun videon, johon tutkittavan on reagoitava videon tapahtumien mukaan liikkeen suuntaa muuttamalla (Spiteri ym. 2014a; Henry ym. 2012; Henry ym. 2011; Serpell ym. 2011; Young ym. 2011; Serpell ym. 2009). Kuviossa 2 esitetään esimerkiksi

Serpell ym. (2009) käyttämästä rugbyyn lajispesifistä ketteryystestistä. Kyseissä testissä tutkittavan juoksu ensimmäisen valokennoportin (Start) läpi käynnisti valkokankaalla pelitilannevideon, jonka perusteella tutkittava teki 45 asteen suunnanmuutoksen oikealle tai vasemmalle ja juoksi sen jälkeen suoritusajan pysäyttävän valokennoportin läpi (Light Gates). (Serpell ym. 2009.) Vastaavanlaista testimallia on käytetty useassa muussa tutkimuksessa (Spiteri ym. 2014a; Young & Rogers 2014; Young & Talpey 2014; Henry ym. 2012; Henry ym. 2011; Serpell ym. 2011; Young ym. 2011). Videostimulustestien etu verrattuna ihmisstimulustesteihin on siinä, että ne mahdollistavat useampien ja monipuolisempien tilanteiden käyttämisen ilman, että testin toistettavuus kärsii (Gabbett ym. 2007; Farrow ym. 2005; Serpell ym. 2009). Taulukkoon 5 koottu yhteenveto videostimulusta hyödyntäneistä ketteryystestiprotokollista.



KUVIO 2. Videostimuluksen käyttö ketteryystestissä (Serpell ym. 2009).

Sekä valo-, ihmis- että videostimuluksen reliabiliteetin on havaittu aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa olevan kohtalainen (Paul ym. 2016). Ihmisstimuluksen reliabiliteetti on havaittu korkeimmaksi (Scanlan ym. 2014a; Scanlan ym. 2014b; Gabbett ym. 2011; Gabbett ym. 2008; Veale ym. 2010; Sheppard ym. 2006), eikä ihmisstimulukseksi toimivan tutkijan

ole havaittu vaikuttavan tuloksiin tilastollisesti merkitsevästi (Sheppard ym. 2006). Valostimuluksen reliabiliteetti on havaittu olevan hieman ihmisstimulusta heikompi (Sekulic ym. 2014; Henry ym. 2011; Benevenuti ym. 2010). Videostimuluksen reliabiliteetti on havaittu hieman valo- ja ihmisstimulusta heikommaksi aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa (Taulukko 4) (Spiteri ym. 2014; Serpell ym. 2009; Gabbett & Benton 2007; Farrow ym. 2005.)

TAULUKKO 4. Valo-, video- ja ihmisstimuluksen reliabiliteetti ja validiteetti (muokattu Paul ym. 2016).

Stimulus	Reliabiliteetti	Validiteetti
Valo	Kohtalainen (ICC=0.80-0.91)	Matala
Video	Kohtalainen (ICC=0.33-0.83)	Kohtalainen
Ihminen	Kohtalainen (ICC=0.87-0.99)	Korkea

Huomattavasti heikoimman reliabiliteetin (ICC 0.33) videostimulukselle saivat Young ym. (2011) tutkimuksessaan, jossa he tutkivat 15-17 -vuotiaiden australialaisen jalkapallon pelaajien ketteryyssuorituskykyä. He suorittivat tyypillisen y-mallisen testin, jossa videon hyökkääjä oli joko rintamasuunta kohtisuoraan tutkittavaa päin, 45 asteen kulmassa tai kohtisuoraan selin puolustajaa päin. Tutkimuksessa koehenkilöt suorittivat ensin neljä harjoitustilannetta, jonka jälkeen he suorittivat satunnaisessa järjestyksessä yhteensä kuusi testisuoritusta, kaksi jokaisesta hyökkääjän asennosta. Tutkijat esittivät mahdolliseksi syiksi heikolle reliabiliteetille eroja suoritustekniikassa, vaihtelua suunnanmuutosta lähestymisessä, vähäistä perehdytystä, pelaajien nuorta ikää ja videon kuvaamista eri kuvakulmasta aiempiin vastaaviin verrattuna. (Young ym. 2011.)

Video- ja ihmisstimuluksen validiteetti on parempi kuin valostimuluksen (Paul ym. 2016). Scanlan ym. (2015) vertasivat koripalloilijoiden ketteryyssuorituskykyä ihmisstimuluksella

(Sheppard ym. 2006) ja valostimuluksella mitattuna, eivät löytäneet testien välillä tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Suurin syy valostimuluksen heikolle validiteetille on erot päätöksentekoprosessissa verrattaessa yleistä valostimulusta lajispesifiin video- tai ihmisstimulusiin (Scanlan ym. 2015). Video- ja ihmisstimulus tarjoavat joukkuelajin urheilijalle lajispesifejä vihjeitä, joiden avulla korkeamman tason urheilijat kykenevät reagoimaan tilanteisiin matalamman tason urheilijoita nopeammin. (Scanlan ym. 2015; Farrow ym. 2005). Tätä ominaisuuttaan korkeamman tason urheilija ei voi hyödyntää lajiympäristöstään irrotetulla yleisellä valostimuluksella.

TAULUKKO 5. Videostimulusketteryystestiprotokollien reliabiliteetti ja validiteetti.

Tutkijat	Tutkittavat			Ketteryysesti	Testin Realibiteetti	Testin Validiteetti
	n	Suku-puoli	Laji			
Spiteri ym. 2014a	12	N	Koripallo	Kansallinen liiga	Kaksi suunnanmuutosta, matka n. 13.5m, videolla palloa kuljettava pelaaja liikkui kameraa kohti ja suoritti 45 asteen suunnanmuutoksen ja sitä ennen mahdollisesti harhautuksen	ICC = 0.81, CV = 3.3 % Ei raportoitu
Henry ym. 2012	28	M	Australia-lainen jalkapallo	Puoliammatillaiset (KTR) Amatöörit (HTR)	Y-malli, noin 10m, videossa hyökkäävä pelaaja juoksee selin pois päin tehden suunnanmuutoksen ja sitä ennen mahdollisesti harhautuksen.	Tilanteissa, joissa harhautus KTR 5.5 % nopeampia kuin HTR Tilanteissa joissa ei harhautusta KTR 2.1% nopeampi kuin HTR.
Henry ym. 2011	42	M	Australia-lainen jalkapallo	Kansallinen liiga (KTR) Amatööri (HTR) Eipelaaja (VR)	Y-malli, noin 10m, videossa hyökkäävä pelaaja juoksee selin pois päin tehden suunnanmuutoksen	ICC = 0.81, CV = 1.4 % Kokonaisajassa KTR ja HTR tilastollisesti merkitsevästi nopeampia kuin VR
Young ym. 2011	50	M	Australia-lainen jalkapallo	Kansallinen liiga (KTR) Koulun sarja (HTR)	Y-malli, noin 8m, videon hyökkääjä kuvattu kolmesta kuvakulmasta: kohtisuoraan edestä ja takaa, sekä noin 45 asteen kulmasta.	ICC = 0.33, CV = 2.7 % Kokonaisajassa KTR 8.5 % nopeampi kuin HTR
Serpell ym. 2009	30	M	Rugby	Kansallinen liiga(KTR) Alle 20-vuotiaiden sarja (HTR)	Y-malli, matka n.10m, videostimuluksessa hyökkäävä pelaaja juoksi pallon kanssa kameraa kohti ja teki suunnanmuutoksen johon tutkittavan tuli puolustajana.reagoida	ICC = 0.82 Kokonaisajassa KTR 9.6 % nopeampia kuin HTR. Päätöksenteko ajassa KTR 101% nopeampi kuin HTR.
Gabbett ym. 2007	40	M	Softball	Kansallinen taso (KTR) Alueellinen taso (MTR) Aloittelijat (HTR)	Tutkittaville näytettiin videoita lyönnistä, johon heidän tuli reagoida liikkumalla siten, että he saisivat lyödyn pallon kiinni.	Päätöksenteko tarkkuus ICC=0.74, Päätöksentekoajan ICC=0.99 Päätöksenteon tarkkuudessa KTR 4.9-21.6 % parempia kuin MTR ja HTR. Päätöksentekoajassa 48 % nopeampia kuin MTR ja HTR.
Farrow ym. 2005	32	N	Verkkopallo	Australian Institute of sport (KTR) Kansallinen taso (MTR) Seurataso (HTR)	Testissä ensin 6 metriä sivuttaissuuntaista liikettä sisältäen kaksi ennalta määritettyä suunnanmuutosta. Lisäksi Y-mallinen loppu, matka yhteensä n. 11m, videolla hyökkäävä pelaaja syötti pallon oikealle tai vasemmalle, johon tutkittavan tuli reagoida.	ICC = 0.83 Kokonaisajassa KTR 0.8 % nopeampi kuin MTR ja 7.0 % nopeampi kuin HTR.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESEIT

Ketteryyssuorituskykyyn vaikuttavat kognitiiviset, fyysiset ja tekniset tekijät, joista aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa kognitiiviset tekijöitä on esitetty merkittävimiksi tekijöiksi selittämään ketteryyssuorituksen kokonaisaikaa. Lapsilla ja nuorilla lajispesifiä ketteryyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole juurikaan tutkittu. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia esimurrosikäisten, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden jalkapallojunioreiden ketteryyssuorituskykyä lajinomaisessa videostimulusketteryystestissä. Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten havainnointi- ja päätöksentekotaidot sekä voima-nopeusominaisuudet eroavat eri ikäryhmien välillä ja miten ne selittävät eri ikäryhmien pelaajien ketteryyssuorituskykyä, kun suoritus tehdään joko ilman palloa tai pallon kanssa.

Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuskysymys 1: Onko junioripelaajan iällä vaikutusta ketteryyssuorituskykyyn jalkapallospesifissä videostimulusketteryystestissä?

Hypoteesi 1: Kyllä. Olettaen, että pelaajien harjoitushistoria on samankaltainen, jolloin vanhempien pelaajien suurempi harjoitustuntimäärä on yhteydessä suoritustasoon.

Teoriatausta 1: Tutkimuksia iän vaikutuksesta lajispesifiin ketteryyssuorituskykyyn ei ole tiedossa, mutta korkeamman tason pelaajien on havaittu suoriutuvan ketteryystesteistä paremmin kuin heikomman tason pelaajien (Henry ym. 2011; Young ym. 2011; Sheppard ym. 2006). Fyysisen kehityksen, harjoittelun ja siitä johtuvan oppimisen myötä ketteryyssuorituskykyyn yhteydessä olevat yleiset havainnointitaidot (Vänttinen ym. 2010), motoriset taidot (Vänttinen ym. 2013) ja voima-nopeusominaisuudet kehittyvät elämän kahden ensimmäisen vuosikymmenen aikana (Malina, 1991).

Tutkimuskysymys 2: Ovatko kognitiiviset tekijät vahvemmin yhteydessä lasten ja nuorten ketteryyssuorituskykyyn kuin voima-nopeusominaisuudet?

Hypoteesi 2: Aikuisilla tehdyssä tutkimuksissa kognitiiviset tekijät (vasteaika ja päätöksentekoaika) ovat olleet vahvemmin yhteydessä ketteryyssuorituskykyyn kuin voima-nopeusominaisuudet. Lapsilta ja nuorilta ei tutkimustietoa aiheesta ole tiedossa

Teoriatausta 2: Aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa kognitiiviset tekijät (vasteaika ja päätöksentekoaika) on havaittu merkittävimmäksi ketteryyssuorituskykyä määrittäviksi tekijöiksi (Scanlan ym. 2014; Young & Willey 2009). Voima-nopeusominaisuudet puolestaan korreloivat heikosti tai kohtalaisesti ketteryyssuorituskyvyn kanssa (Henry ym. 2016; Scanlan ym. 2014a; Spiteri ym. 2014a; Young & Talpey 2014). Vääntinen ym. (2010) esittivät että pelaajan iän karttuessa yleisten havainnointitaitojen rooli pienenee ja lajispesifien havainnointitaitojen rooli korostuu.

Tutkimuskysymys 3: Onko lajispesifissä havainnoinnissa eroa ikäryhmien välillä?

Hypoteesi 3: Kyllä. Lajispesifit havainnointitaidot kehittyvät harjoittelun myötä lapsuudessa ja nuoruudessa.

Teoriatausta 3: Yleiset havainnointitaidot kehittyvät iän myötä (Vääntinen ym. 2010). Jalkapallon lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen kehitystä iän myötä ei ole tutkimuksissa kyetty suoranaisesti osoittamaan (Ward & Williams 2003), mutta tutkimuksissa korkeamman tason pelaajien on lajispesifien havainnointi- ja/tai päätöksentekotaitojen on havaittu poikkeavan heikompien vastaavista taidoista (Krezevota ym. 2016; Maarseveen ym. 2016; Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013; North ym. 2009; Vayens ym. 2007, Williams & Davids 1998), ero on havaittu jo 9 –vuotiailla (Ward & Williams 2003). Jos oletetaan, että iältään vanhemmat ja enemmän harjoitelleet pelaajat ovat tasoltaan parempia kuin nuoremmat ja vähemmän harjoitelleet, voidaan odottaa ryhmien välillä olevan eroa lajispesifissä havainnoinnissa.

Tutkimuskysymys 4: Korreloivatko suoritukset jalkapallospesifissä videostimulusketteryystestissä ilman palloa, pallon kanssa, ketteryystesti valostimuluksella ja ennalta määritetty suunnanmuutostesti keskenään?

Hypoteesi 4: Yleiset ja lajinomaiset ketteryystestit mittaavat osittain eri taitoja, joten niiden välillä ei havaita vahvoja korrelaatioita.

Teoriatausta 4: Korrelaatio ennalta määritetyn suunnanmuutoksen ja valostimulusketteryystestin välillä on tutkimuksissa havaittu lapsilla ja nuorilla vahvaksi (Fiorilli ym. 2016). Korrelaatio ennalta määritetyn suunnanmuutoksen, valostimuluksen ja ihmis- tai videostimulusketteryystestin välillä on aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa havaittu heikoksi tai kohtalaiseksi (Scanlan ym. 2014a; Henry ym. 2011; Sheppard ym. 2006; Farrow ym. 2005). Testien vaatimukset havainnoinnille ja päätöksenteolle sekä motoriselle suoritukselle ovat erilaisia, jolloin lajinomaisissa ketteryysteesteissä taitavat pelaajat pystyvät tekemään oikeat ratkaisut nopeemmin kuin havainnointi- ja päätöksenteko taidoiltaan heikommat pelaajat. Näitä taitoja he eivät pysty hyödyntämään yleisellä valostimuluksella tai ennalta määritetyllä suunnanmuutoksella. (Scanlan ym. 2015.)

Tutkimuskysymys 5: Paraneeko tutkimusta varten kehitettyjen ketteryystestien reliabiliteetti sen mukaan mitä vanhemmista tutkittavista on kyse?

Hypoteesi 5: Kyllä. Testien reliabiliteetti paranee sitä mukaan mitä vanhempia ja kokeneempia tutkittavat ovat.

Teoriatausta 5: Aikuisilla tehdyissä ketteryystutkimuksissa, joissa on käytetty videostimulusta, on testin reliabiliteetti havaittu kohtalaiseksi (ICC 0.74-0.83) (Spiteri ym. 2014a; Henry ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2007 ja Farrow ym. 2005). Young ym. (2011) käyttivät tutkimuksessaan videostimulusta 15-17 -vuotiaille australialaisen jalkapallon pelaajille ja saivat heikon reliabiliteetin (ICC=0.33) ketteryystestilleen.

6 MENETELMÄT

6.1 Tutkittavat

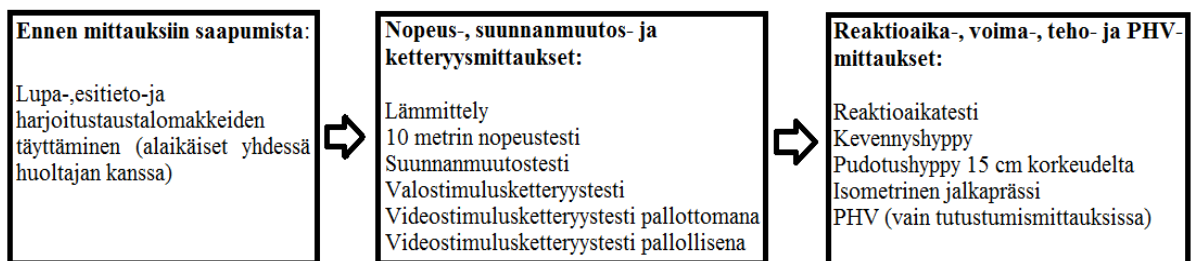
Tutkimukseen osallistui paikallisesta jalkapalloseurasta kolme eri ikäluokan poikajoukkuetta, 11-, 15- sekä alle 19- vuotiaat. Kyseiset ikäryhmät edustavat iän mukaan esimurrosikäisiä, murrosikäisiä ja murrosiän ohittaneita. Joukkueista 11- ja 15 -vuotiaat olivat seuran ikäluokkansa edustusjoukkueita, joiden tavoitteena oli menestyä kansallisella tasolla. Alle 19 -vuotiaiden joukkue oli seuran ikäluokan haastajajoukkue, jonka tavoite oli menestyä alueellisella tasolla. Koska 15-vuotiaiden edustusjoukkueen pelaajia osallistui tutkimukseen eri syiden vuoksi vain kahdeksan, niin koehenkilöjoukkoa täydennettiin neljällä 15-vuotiaiden haastajajoukkueen pelaajalla. Tarkemmat ryhmäkohtaiset perustiedot tutkittavista on esitelty taulukossa 6. Tutkittavilla ei saanut olla kuormitusta tai harjoittelua häiritseviä sairauksia. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi tutkimuksesta myönteisen eettisen lausunnon.

TAULUKKO 6. Tutkittavien perustiedot

Ryhmä	Esimurrosikäiset (n=14)	Murrosikäiset (n=12)	Murrosiän ohittaneet (n=12)
Ikä (v)	11.2 ± 0.3	15.0 ± 0.3	18.4 ± 0.8
Pituus (cm)	147.5 ± 4.4	174.3 ± 7.4	178.8 ± 7.6
Paino (kg)	37.7 ± 3.5	60.6 ± 9.2	69.9 ± 8.6
Laskennallisesti määritetty aika pituuden huippukasvuun (v)	-2.3 ± 0.5	0.95 ± 0.7	3.5 ± 0.7
Jalkapalloa harrastettu vuosina (v)	6.5 ± 1.0	10.2 ± 2.2	13.0 ± 1.1
Laskennallinen arvio harrastetun jalkapallon määrästä tunteina subjektiivisesti raportoituna (ohjatusti ja omatoimisesti)	2870 ± 910	4200 ± 2490	6110 ± 1790

6.2 Tutkimusasetelma ja mittaukset

Tutkimus oli poikkileikkaustutkimus. Tutkimuksen mittaukset koostuivat tutustumismittauksista sekä varsinaisista mittauksista, joiden välillä oli keskimäärin 4.7 ± 1.6 vuorokautta. Yksi mittaustapahtuma koostui kahdesta eri tiloissa peräjälkeen suoritetusta osiosta: nopeus-, suunnanmuutos- ja ketteryysmittauksista sekä reaktioaika-, voima-, teho- ja PHV-mittausten osiosta (Kuvio 3). Ennen tutkimusmittauksia alaikäiset koehenkilöt täyttivät lupa-, esitieto- ja harjoitustaustakysely yhdessä huoltajansa kanssa (Liite 1). Nopeus-, suunnanmuutos- ja ketteryysmittaukset suoritettiin sisällä tekonurmialustalla jalkapalloharjoitteluun tarkoitettussa tilassa. Näitä mittauksia varten tutkittavat ohjeistettiin pukeutumamaan vapaavalintaiseen urheiluvarustukseen ja käyttämään nappulakenkiä. Voima-, teho- ja PHV-mittaukset suoritettiin samalla alueella sijaitsevassa mittaustalossa. Tutkittavan vaatetus oli muuten sama kuin edeltävissä mittauksissa, paitsi nappulakengät vaihdettiin lenkkikengiksi. Yhteensä yhden mittaustapahtuman suorittamiseen tutkittavalta kului aikaa 90-120 minuuttia.



KUVIO 3. Tutkimuksen asetelma

6.3 Nopeus-, suunnanmuutos- ja ketteryysmittaukset

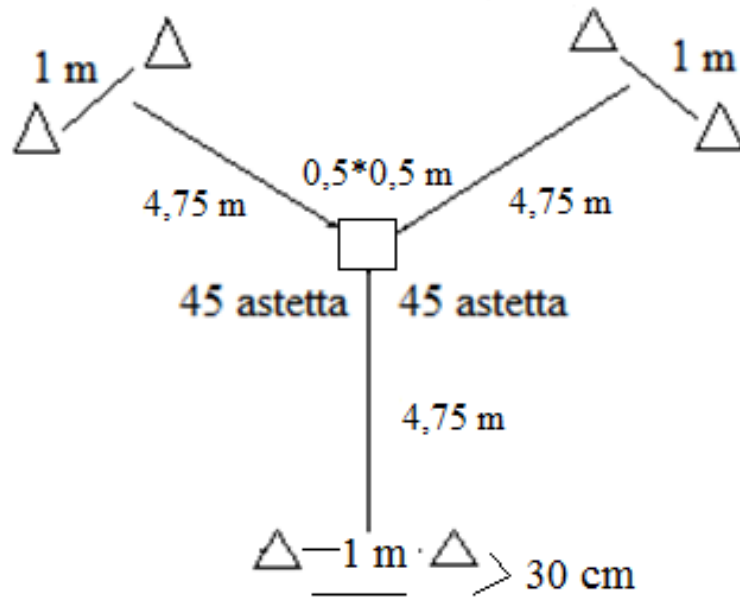
6.3.1 Nopeus-, suunnanmuutos- ja valostimulusketteryystesti

Lämmittely. Ennen testien alkua tutkittavat suorittivat valvotusti vakioidun lämmittelyn. Lämmittely sisälsi viiden minuutin aerobisen osion juosten, dynaamisen venyttelyn osion

(askelkyykkäkävely, sivukyykyt ja jalanheilautukset) sekä kiihtyvät juoksut (2*15m). Vakiolämmittelyn jälkeen tutkittavalla oli mahdollisuus tehdä halutessaan henkilökohtaisia lämmittelyliikkeitä. Yhteensä lämmittelyyn kului aikaa noin 10 minuuttia.

10 metrin nopeustesti. Testissä tutkittava asetti etummaisen jalan varpaansa 30 cm lähtövalokennoportin (Panasonic SUNX beam sensor VF2-RM5, Japani; Digitest 2000, Muurame, Suomi) taakse teipatulle viivalle. Tutkittava ohjeistettiin juoksemaan suoraan 10 metrin päässä olevan valokennoportin läpi mahdollisimman nopeasti. Tutkittava suoritti yhden lämmittelysuorituksen ja kolme testisuoritusta, joista nopein aika kirjattiin viralliseksi suoritukseksi. Palautus suoritusten välillä oli 45 sekuntia.

Suunnanmuutostesti. Testissä käytettiin samaa laitteistoa kuin nopeustestissä. Lähdössä tutkittava asetti etummaisen jalan varpaansa 30 cm lähtövalokennoportin taakse teipatulle viivalle. Tutkija kertoi ennen suorituksen alkua, kumman puolen valokennoportista tutkittavan tulee juosta. Tutkittavaa ohjeistettiin juoksemaan ensin suoraan ja suorittamaan suunnanmuutoksen halutulle puolelle siten, että suuntaa muuttavalla askeleella hänen jalkansa osuu lähtöviivasta 4,75 metrin päähän maahan teipattuun, sivultaan 0,5 metriä kokoiseen neliöön. Suunnanmuutoksen jälkeen tutkittavan tuli juosta neliön reunasta 45 asteen kulmassa 4,75 metrin päässä olevan valokennoportin läpi, jolloin testissä liikutuksi kokonaismatkaksi tuli 10 metriä, jos suunnanmuutos tapahtui neliön keskipisteestä (Kuvio 4). Tutkittavalle painotettiin, että suunnanmuutos tulee tehdä leikkaavasti, eikä kaarrejuoksulla. Testissä tutkittava suoritti ensin lämmittelysuoritukset molemmin puolin, jonka jälkeen hän suoritti neljä suunnanmuutostekniikaltaan hyväksytyä testisuoritusta, järjestyksessä vasen, oikea, vasen ja oikea. Tulokseksi kirjattiin tutkittavan kaikkien neljän suoritusten keskiarvo. Palautusta suoritusten välillä oli 45 sekuntia.

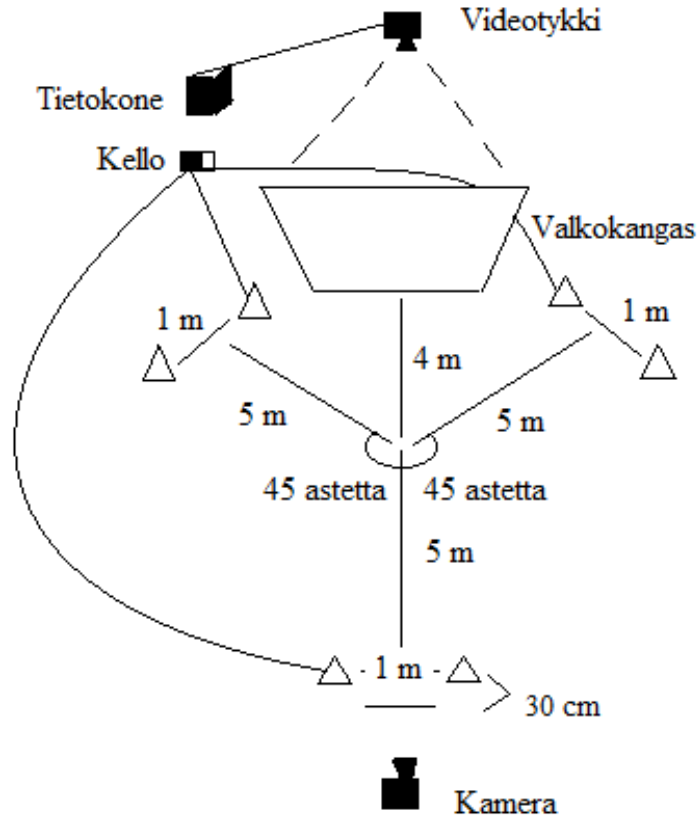


KUVIO 4. Suunnanmuutos- ja valostimulusketteryystestissä käytetty testiasetus

Valostimulusketteryystesti. Testissä käytettiin samaa laitteistoa ja asettelua kuin suunnanmuutostestissä, joiden lisäksi valokennoportteihin teipattiin kiinni langattomasti toimivat reaktiovalot (Fitlight trainer 8-light system, Ontario, Kanada) 80 cm korkeudelle. Testissä tutkittava asetti etummaisensa jalan varpaansa 30 cm lähtövalokennoportin taakse teipatulle viivalle. Kun hän juoksi ensimmäiseen valokennoporttiin teipatun reaktiovalon ohi (reaktiovalo määritettiin aktivoitumaan liikkeen perusteella kohtisuoraan 40 cm päästä tapahtuvasta liikkeestä), niin 500 ms:n viiveellä tästä joko oikean tai vasemman puoleiseen valokennoporttiin teipattuun fitlight -valoon syttyi sininen valo, joka toimi ärsykkeenä suunnanmuutokselle. Tutkittavaa ohjeistettiin tekemään suunnanmuutos heti, kun hän havaitsi valon syttyvän joko oikean tai vasemman puoleisessa portissa ja juoksemaan mahdollisimman nopeasti kyseisen valokennoportin läpi. Testissä tutkittava suoritti ensin kaksi lämmittelysuoritusta ja tämän jälkeen neljä testisuoritusta. Tutustumismittausten testisuorituksissa valot oli ohjelmoitu syttymään järjestyksessä vasen, oikea, oikea, vasen ja varsinaisissa mittauksissa järjestyksessä oikea, vasen, vasen, oikea. Tulokseksi kirjattiin tutkittavan kaikkien neljän suorituksen keskiarvo. Palautus suoritusten välillä oli 45 sekuntia.

6.3.2 Ketteryyden mittaaminen pallottomana

Pallottoman ketteryyden testissä tutkittavan tuli lähteä liikkeelle etummaisen jalan varpaat 30 cm lähtövalokennoportin (Panasonic SUNX beam sensor VF2-RM5, Japani) taakse teipatulta viivalta. Juoksu lähtövalokennoportin läpi käynnisti 2 vastaan 1 tilannetta simuloivan videon tietokoneella (Lenovo ideapad S510p, Japani), joka heijastettiin yhdeksän metrin päässä lähtöviivasta olevalle valkokankaalle videotykiltä (Viewsonic, Kalifornia, Yhdysvallat, resoluutio, kirkkaus ja kontrasti 100, kuvasuhde auto), joka oli sijoitettu valkokankaan taakse. Valkokankaalle heijastetun kuvan koko oli 270 cm * 165 cm. Videolla esitettyjen pelaajien ja pallon liikkeiden mukaan (selitetty tarkemmin kohdassa 6.3.3 testeissä käytetyt videot, pallottoman testin videot) tutkittavan tuli tehdä suunnanmuutos ja juosta joko oikean tai vasemman puoleisen valokennoportin läpi sen mukaan kummalle puolelle videon hyökkäävä pelaaja pallon tilanteessa syöttää (Kuvio 5). Suoritukseen käytetty aika mitattiin Digitest 2000 –kellolaitella (Muurame, Suomi). Suoritukset kuvattiin 1.5 metriä lähtövalokennoportin takaa videokameralla (Sony HXR-NX80, Japani) 1920 ×1080 pikselin tarkkuudella, nopeudella 50 fps, kameran ollessa 165 cm korkeudella. Testin ajaksi tilasta sammutettiin valot, jotta video valkokankaalla näkyi mahdollisimman hyvin. Ainoa valo suorituspaikalle tuli takana olevasta tilasta, jolloin valaistus suorituspaikalla oli paras mahdollinen kompromissi videoiden näkyvyyden, silmänliikedian mittaamisen sekä suoritusten kuvausten kannalta.



KUVIO 5. Pallottoman ja pallollisen ketteryuden mittaamisessa käytetty testiasetus kaaviokuvana.

Testissä tutkittavat ohjeistettiin liikkumaan valokennoporttien väli mahdollisimman nopeasti ja tekemään suunnanmuutoksen heti, kun he pystyvät videon tapahtumien perusteella päättelemään/ ennakoimaan kummalle puolelle videon hyökkääjä tulee pallon syöttämään. Tutkittavaa ohjeistettiin tekemään korjausliike, jos hän jo suunnanmuutoksen tehtyään havaitsi tehneensä väärän valinnan liikkeen suunnan suhteen. Ennen varsinaisia suorituksia tutkittava suoritti neljä lämmittelysuoritusta, joiden perään seurasi kahdeksan testisuoritusta. Testisuorituksissa suunnanmuutokset tuli ennalta määrättyllä kaavalla satunnaisessa järjestyksessä siten, että yhteensä neljä tuli oikealle ja neljä vasemmalle puolelle. Testissä käytettiin videostimulusena kolmea eri tilannetta sekä niistä tehtyjä peilikuvavideoita. Tämän lisäksi yksi video ja sen peilikuva esitettiin testissä kahdesti. Virallisissa mittauksissa

videot esitettiin päinvastaisessa järjestyksessä kuin tutustumismittauksissa. Palautus suoritusten välillä oli 45 sekuntia. Testisuoritusten aikana tutkija ei antanut palautetta tutkittaville suunnanmuutosten valintojen oikeellisuudesta. Analyysivaiheessa pallottoman ketteryystestin aika laskettiin niiden suoritusten keskiarvona, joissa tutkittava oli tehnyt videon tapahtumiin nähden oikean valinnan liikesuunnalleen.

6.3.3 Ketteryyden mittaaminen pallollisena

Pallon kanssa suoritettun ketteryydestin laitteisto, sen asettelu ja olosuhteet olivat samat kuin pallottomassa ketteryydestissä. Tutkittavan tuli lähteä kuljettamaan palloa etummaisen jalan varpaat ja pallo 30 cm lähtövalokennoportin taakse teipatulta viivalta. Lähtöportin läpäisy käynnisti valkokankaalle 2 vastaan 1 tilannetta simuloivan videon, jonka tapahtumien mukaan (selitetty tarkemmin kohdassa 6.3.3 testeissä käytetyt videot, pallollisen testin videot) tutkittavan tuli joko kuljettaa pallo oikean tai vasemman puoleisen portin läpi tai syöttää pallo jommankumman portin läpi. Jos tutkittava päätti syöttää pallon, tuli hänen syötön jälkeen juosta välittömästi sen portin läpi, minne hän ei palloa syöttänyt.

Testissä tutkittavat ohjeistettiin liikkumaan valokennoporttien väli mahdollisimman nopeasti ja tekemään pallollisena joko suunnanmuutoksen tai syötön mielestään oikeaan suuntaan heti, kun he pystyvät videon tapahtumien perusteella päättämään tilanteen kannalta oikean ratkaisun. Ennen varsinaisia suorituksia tutkittava suoritti viisi lämmittelysuoritusta, joiden perään seurasi 16 testisuoritusta. Testisuorituksissa kuljetuksia ja syöttöjä oikealle tai vasemmalle tuli ennalta määrätyllä kaavalla satunnaisessa järjestyksessä, yhteensä neljä kutakin. Testissä käytettiin videostimulusena kolmea eri syöttötilannetta ja kolmea eri kuljetustilannetta sekä niistä tehtyjä peilikuvavideoita. Tämän lisäksi yksi syöttö- ja yksi kuljetusvideo ja niiden peilikuvavideot esitettiin testissä kahdesti. Virallisissa mittauksissa videot esitettiin päinvastaisessa järjestyksessä kuin tutustumismittauksissa. Palautus suoritusten välillä oli 45 sekuntia. Testisuoritusten aikana tutkija ei antanut palautetta tutkittaville hänen tilanteeseen tehtyjen valintojen oikeellisuudesta.

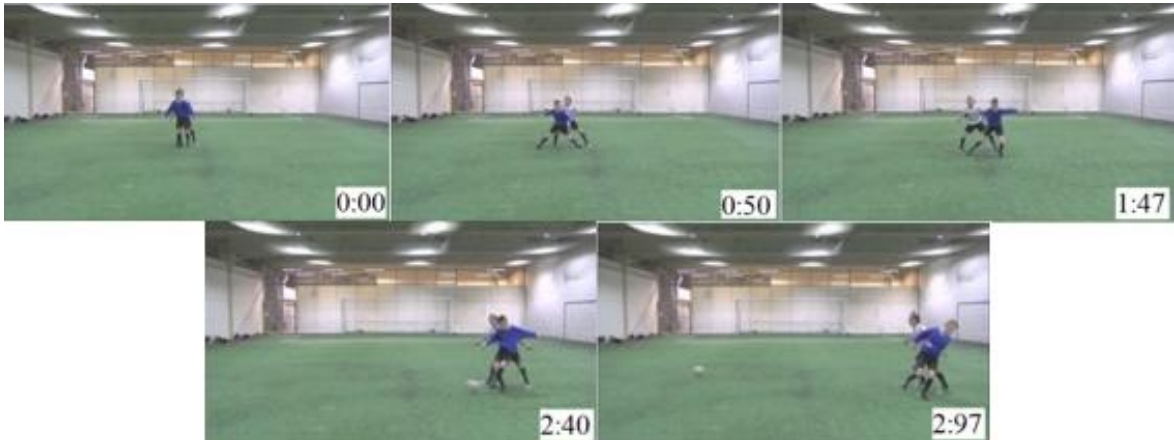
Analyysivaiheessa yksi pallollisen testin kuljetusstimulusena toimineen videon sekä siitä tehdyn peilikuvavideon tulokset poistettiin analyysistä, sillä kyseisten videostimulusten väärin vastausten osuus oli yli 55 %, kun muilla videostimuluksilla väärää ratkaisuja oli alle 10 %. Lopulta siis pallollisen ketteryystestin tulosten analyysi tehtiin 14 suoritusten keskiarvoista (8 syöttötilannetta ja 6 kuljetustilannetta). Analyysivaiheessa pallollisen ketteryystestin aika laskettiin niiden suoritusten keskiarvona, joissa tutkittava oli tehnyt videon tapahtumiin nähden oikean valinnan syötön tai kuljetuksen ja tämän suunnan suhteen.

6.3.4 Testeissä käytetyt videot

Pallollista ja pallotonta ketteryystestiä varten kuvatuilla videoilla pyrittiin simuloimaan 2 vastaan 1 hyökkäystilannetta. Videoilla esiintyy kaksi 15-vuotiasta alueellisen tason pelaajaa. Videot kuvattiin (Sony HXR-NX80, Japani, 50fps, 1920×1080 pikseliä) samassa tilassa, jossa testit myöhemmin suoritettiin. Kamera oli kuvattaessa 165 cm korkeudella ja pelaajat lähtötilanteessa noin kahdeksan metrin päässä kamerasta. Myöhemmin videot muokattiin vielä tutkimusta varten muotoon 1280×720 pikseliä 25 fps, kuvasuhde 16:9. Tilanteita kuvattiin useita kymmeniä, joista testejä varten valittiin jokaiseen kategoriaan (palloton, kuljetus ja syöttö) kolme pelinomaisinta sekä liikkeiden ajoitusten suhteen vakioiduinta suoritusta. Testiä varten kolmesta kategoriastaan valitusta videosta tehtiin myös peilikuvavideot, jolla varmistettiin, ettei stimulusten välillä tule puolieroja. Videoiden kokonaiskesto vaihteli 2.6 – 3.0 sekunnin välillä. Kaikki videot vakioitiin siten, että stimulusena toimineen hyökkäävän pelaajan jalka osui suuntaa muuttavalla askeleella maahan 0.5 sekunnin kohdalla.

Pallottoman testin videot. Videoissa sinipaitainen pelaaja on hyökkääjä (samalla puolella kuin testin suorittaja) ja valkopaitainen pelaaja puolustaja (eri puolella kuin testin suorittaja). Videoiden lähtötilanteessa pelaajat ovat perätysten. Pallottoman testin videossa sinipaitainenhyökkääjää liikkui, pelitilanteen omaisesti, vastaan (kohti kameraa) viistosti joko oikealle tai vasemmalle puolustajan seurattessa hyökkääjää. Kaikissa videoissa hyökkääjä aloitti liikkeensä vastaan, kun videota oli toistettu 500 ms. Videon hyökkääjälle syötettiin

pallo kameran takaa ja hän syötti sen yhdellä kosketuksella tekemänsä tyhjän tilan puolelle. Tälle tyhjän tilan puolelle, johon pallo lopulta syötettiin, tutkittavan tuli liikkeensä suunnata (Kuva 1).



KUVA 1. Esimerkki pallottoman ketteryuden testissä käytetyn videon tapahtumista, oikeassa alakulmassa videon aika sekunteina. Tutkittavalle stimuluksen oikea vaste on tehdä suunnanmuutos vasemmalle (syötön puolelle).

Pallollisen testin videot. Lähtötilanne ja videon pelaajien roolit olivat samat kuin pallottomassa testissä, mutta heidän liikkeensä erilaiset. Kaikissa videoissa hyökkääjä (sininen paita) aloitti suuntaa muuttavan liikkeen 500 ms: n jälkeen, tehden liikkeen joko oikealle tai vasemmalle. Puolustaja (valkoinen paita) liikkui joko seuraten hyökkääjää (Kuva 2a) tai liikkuen kohti kameraa (Kuva 2b). Puolustajan liikkeiden perusteella testiä suorittanut pelaaja joutui päättämään, tuleeko hänen kuljettaa palloa tyhjän tilan puoleisesta portista (Kuva 2a) vai syöttää pallo vapaana olevan hyökkääjän puoleisen portin läpi ja tämän jälkeen juosta itse vastakkaisen puolen portin läpi (Kuva 2b).



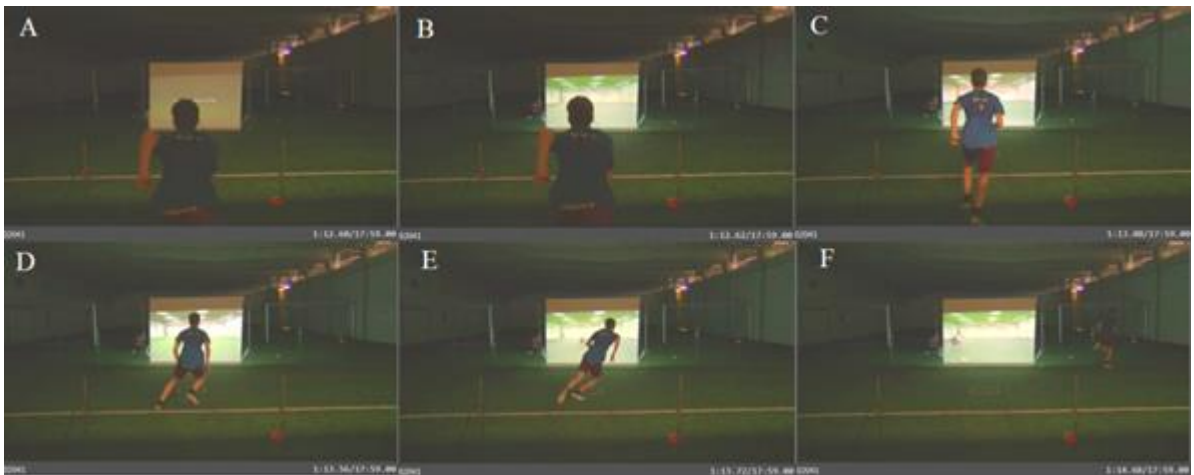
KUVA 2A. Esimerkki pallollisen ketteryyden testissä käytetyn videon tapahtumista, jossa oikeana ratkaisuna kuljettaa pallo itse (oikean puoleisen) valokennoportin läpi, oikeassa alakulmassa videon aika sekunteina.



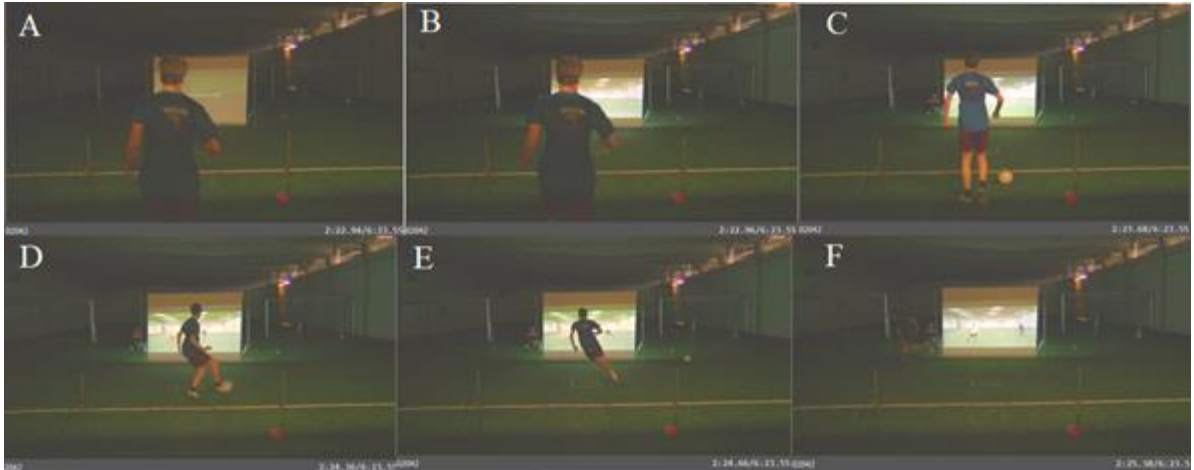
KUVA 2B. Esimerkki pallollisen ketteryyden testissä käytetyn videon tapahtumista, jossa oikeana ratkaisuna syöttää pallo (vasemman puoleisen) valokennoportin läpi ja sen jälkeen juosta itse vastakkaisen (oikean puoleisen) valokennoportin läpi, oikeassa alakulmassa aika sekunteina.

6.3.5 Videostimulusketteryystestien analysointi

Videostimulusketteryysteistä taltioitiin suorituksen kokonaisaika, eli lähtövalokennoportin läpäisemisestä joko oikean tai vasemman puoleisen valokennoportin läpäisemiseen kulunut aika (Kuva 3B-3F & Kuva 4B-4F) ja ratkaisun onnistuminen (ilman palloa suunnanmuutos oikealle tai vasemmalle, pallollisena syöttö vai kuljetus, oikealle vai vasemmalle). Jälkikäteen suorituksista analysoitiin (Dartfish 9 Team pro, Fribourg, Sveitsi) päätöksentekoon kulunut aika videolta, joka kuvattiin suorituksesta lähtövalokennoportin takaa. Pallottoman ketteryystestin päätöksentekoaika laskettiin alkamaan siitä kuvasta, jossa video näkyi ensimmäistä kertaa valkokankaalla (Kuva 3B) ja päättyi siihen kuvaan, jossa tutkittava asettaa jalkansa maahan suuntaa muuttavalla askeleella (Kuva 3D). Pallollisen ketteryuden videossa päätöksentekoaajan määrittämisessä aika alkoi niin ikään siitä kuvasta, jolloin video näkyy ensimmäistä kertaa valkokankaalla (Kuva 4B) ja loppuu siihen hetkeen, jossa tutkittavan jalka osuu palloon hänen joko syöttäessä (Kuva 4D) tai tehdessä suunnanmuutoksen palloa kuljettaessaan. Tämän lisäksi pallollisen testin suorituksista laskettiin pallokosketusten lukumäärä suorituksen aikana ja kohdevalokennoportin läpi osuvien syöttöjen prosentuaalinen osuus (Kuva 4E).



KUVA 3A-F. Päätöksentekoaajan määrittäminen pallottoman ketteryuden testissä



KUVA 4A-F. Päätöksentekoaajan määrittäminen pallollisen ketteryyden testissä

6.3.6 Silmänliikkeiden mittaaminen ja analysoiminen

Tutkittavien katseen kohdistamista (fiksaatioiden kohteet, kestot, määrä ja etsintäaajuus) mitattiin pallottoman ja pallollisen ketteryystestin aikana silmänliikekameralla (Tobii pro glasses 2, Ruotsi). Silmänliikekamera koostui laseista, joissa molempien silmien liikkeitä kuvasi kaksi kameraa, ympäristöä kuvanneesta Full HD-kamerasta (1920 ×1080, 25 fps, kuvasuhde 16:9) sekä tallennusyksiköstä, johon data tallentui SD-muistikortille. Tallennusyksikkö sijoitettiin mittauksen ajaksi liiveihin tutkittavan selkäpuolelle ja yhdistettiin langallisesti laseihin, joiden paikallaan pysyminen varmistettiin kiinnittämällä ne remmillä tutkittavan pään ympäri (Kuva 5). Lasit ja tallennusyksikkö yhdistettiin Wi-Fi:n avulla tablettiin (Dell, Austin, Yhdysvallat), josta tutkija ohjasi tallennusta Tobii Glasses Controller- ohjelman avulla. Silmänliikekamera kalibroitiin ennen jokaisen tutkittavan mittauksia laitteen oman kalibrointiprotokollan mukaan ja lasien nenäkappale valittiin jokaiselle tutkittavalle sopivaksi kolmesta eri kokovaihtoehdosta. Silmänliikedata kerättiin kaikilta tutkittavilta, mutta analyysivaiheessa karsittiin pois tutkittavat, joiden kalibroinnissa oli ollut ongelmia tai data oli puutteellista mittausvaiheen yhteysongelmien takia. Tämän jälkeen pallottoman ketteryystestin aikaista katsedataa saatiin 26 tutkittavalta (9 esimurrosikäistä, 9 murrosikäistä ja 8 murrosiän ohittanutta) ja pallollisen ketteryystestin

aikaista katsedataa 24 tutkittavalta (8 esimurrosikäiseltä, 8 murrosikäiseltä ja 8 murrosiän ohittaneelta).

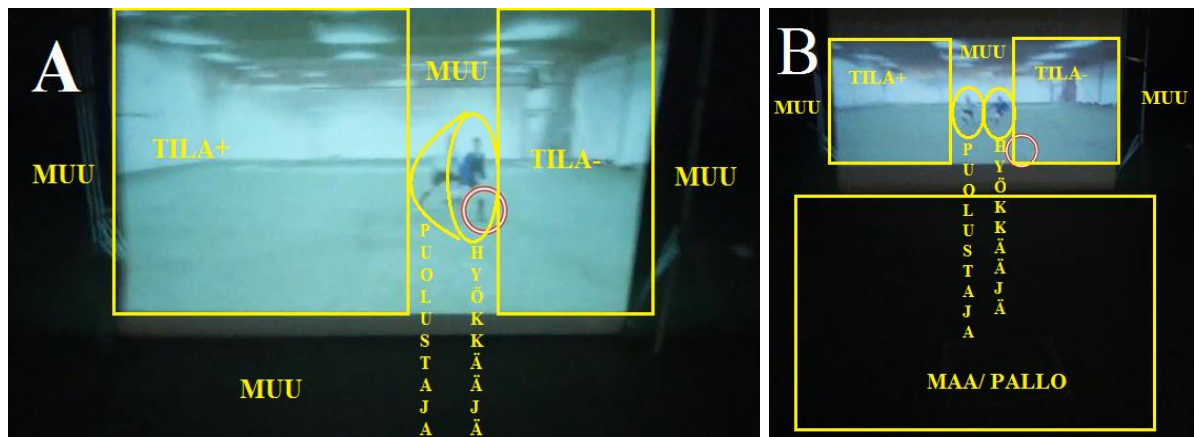


KUVA 5. Silmänliikekamera ja sen asettelu.

Silmänliikedata analysoitiin manuaalisesti kuva kuvalta videoanalyysiohjelmalla (Dartfish 9, Fribourg, Sveitsi). Analyysissä fiksaatioksi laskettiin vähintään 120 ms samassa kohteessa noin 1-1.5 asteen alueella näkökentässä vietetty fiksaatiopisteen pysähtyminen. Jos katse pysähtyi kohteeseen lyhyemmäksi aikaa kuin 120 ms, luokiteltiin tämä katseen siirtymäksi, jotka ovat raportoitu tuloksissa erillään fiksaatioista. Sekä pallottoman että pallollisen ketteryystestin suorituksen analyysi määritettiin alkamaan siitä kuvasta, jolloin valkokankaan video näkyi ensimmäistä kertaa tutkittavan näkökentässä. Pallottoman ketteryyden testissä suorituksen analyysi lopetettiin siihen kuvaan, jolloin fiksaatiopiste oli viimeistä kertaa valkokankaalla. Pallollisen ketteryystestin analyysi lopetettiin siihen kuvaan, jolloin syöttötilanteissa pallo irtosi tutkittavan jalasta tai kuljetustilanteissa tapahtui pallokosketus, jolla havaittiin selkeä suunnanmuutos.

Pallottomassa testissä katseen kohteet jaettiin viiteen kategoriaan hyökkääjä, puolustaja, tila+, tila- sekä muu. (Kuva 6A). Fiksaatiopisteen pysähtyminen alle 120 ms: n ajaksi kohteeseen luokiteltiin siirtymäksi, joiden prosentuaalinen osuus otettiin huomioon katseen kohteiden prosentiosuuksien laskennassa. Hyökkääjään kohdistuneiksi fiksaatioiksi laskettiin ne

fiksaatiot, jotka kohdistuivat hyökkääjän vartaloon tai jalkoihin. Puolustajaan kohdistuneet fiksaatiot kohdistuivat puolustajan vartaloon tai jalkoihin. Tila+ kohdistuneet fiksaatiot kohdistuivat valkokankaalla sen puolen tyhjään tilaan, jolle hyökkääjä synnytti tyhjän tilan ja vastaavasti tila- fiksaatiot kohdistuivat sille puolelle tyhjään tilaan, jonne hyökkääjä teki liikkeensä. Muu kategoriaan laskettiin fiksaatiot, jotka kohdistuivat muihin kuin edellä mainittuihin kohteisiin, lähinnä valkokankaan sivujen ulkopuolelle tai maahan. Pallollisen ketteryyden testissä oli käytössä näiden kategorioiden lisäksi maa/ pallo, joiksi luokiteltiin kaikki palloa kuljettaessa tai syöttäessä maahan tai palloon kohdistuneet fiksaatiot (Kuva 6B). Pallottoman ja pallollisen ketteryydestin aikaisen katseen kohdistuksen tulostaulukoissa raportoidulla motorisella ajalla tarkoitetaan suorituksen päätöksentekoaajan, fiksaatioiden yhteenlasketun keston ja siirtymien yhteenlasketun keston erotusta. Käytännössä siis sitä, kuinka kauan tutkittavalta kului aikaa siitä hetkestä, kun he siirsivät katseen pois valkokankaalta siihen hetkeen, kun he suorittivat suunnanmuutoksen pallottomana tai pallollisena tai syöttivät pallon.



KUVA 6AB. 6A Fiksaation kohteen määrittäminen pallottoman ketteryydestin aikana. 6B Fiksaation kohteen määrittäminen pallollisen ketteryydestin aikana.

6.4 Reaktioaika, voima-, teho- ja PHV:n mittaukset

Reaktioaika: Reaktioaika mitattiin Reaction Time V4.03- tietokoneohjelmalla. Testiä suorittaessa tutkittava asettui seisomaan tietokoneen eteen oikean käden etusormi hiiren oikeanpuoleiselle painikkeelle. Tutkittavaa ohjeistettiin painamaan hiiren oikeanpuoleista painiketta mahdollisimman nopeasti aina kun keskelle tietokoneen valkoista näyttöä ilmestyi halkaisijaltaan noin 5 cm oleva sininen ympyrä. Testin aikana ympyrä ilmestyi näytölle viisi kertaa satunnaisesti 3-8 sekunnin välein. Ohjelma laski tutkittavan reaktioajan jokaiseen viiteen ärsykkeeseen. Nopein ja hitain reaktioaika suljettiin pois ja tulokseksi kirjattiin kolmen keskimmäisen reaktioajan keskiarvo.

Kevennyshyppy: Kevennyshyppyt suoritettiin liikuntabiologian tieteenalaryhmän laboratorion voimalevyllä (Liikuntabiologian tieteenalaryhmä, Jyväskylä, Suomi). Ennen testisuorituksia tutkittavat suorittivat 1-2 lämmittelyhyppyä. Tutkittavia ohjeistettiin menemään alasenossa noin 90 asteen polvikulmaan, pitämään kädet lantiolla koko suorituksen ajan ja hyppäämään niin korkealle kuin mahdollista. Polvia ei saanut koukistaa hypyn aikana ja alastulo ohjeistettiin tekemään päkiävoittoisesti. Kevennyshyppyjä tehtiin kolme kertaa, suoritusten välillä pidettiin minuutin palautus. Kevennyshypyn nousukorkeus määritettiin voimalevyn tuotetun impulssin perusteella. Kevennyshypyn analyysit tehtiin Signal 4.10-ohjelmalla (Cambridge Electronic Design Ltd, Cambridge, UK), ja lopulliseksi tulokseksi valittiin hyppykorkeudeltaan paras tulos.

Pudotushyppy: Pudotushyppyt suoritettiin samassa tilassa ja samalla laitteistolla kuin kevennyshyppyt. Kaikki tutkittavat suorittivat pudotushyppyt 15 cm korkeudelta (Keiner ym. 2013). Ennen testisuorituksia tutkittavat suorittivat 1-2 lämmittelyhyppyä. Tutkittavaa ohjeistettiin pitämään kädet lantiolla koko suorituksen ajan, astumaan korokkeelta alas ja ponnistamaan voimalevyllä päkiöillä mahdollisimman nopeasti mahdollisimman korkealle (Kuva 10). Pudotushyppyjä tehtiin kolme kertaa, suoritusten välillä pidettiin minuutin palautus. Jos tutkittava ei kolmella yrityksellä päässyt alle 200 ms: n kontaktiaikaan hän sai tarvittavan määrän lisäsuorituksia. Jos lisäsuorituksetkaan eivät auttaneet, lopulliseksi

valittiin suoritus, jossa kontakti aika oli lyhin (kuusi tutkittavaa, kontaktiaika 203-237 ms). Pudotushypyn nousukorkeus määritettiin voimalevyyn tuotetun impulssin perusteella. Pudotushypyn analyysit tehtiin Signal 4.10- ohjelmalla (Cambridge Electronic Design Ltd, Cambridge, UK), ja lopulliseksi tulokseksi valittiin hyppykorkeudeltaan suurin tulos, jossa hypyn kontaktiaika oli alle 200 ms tai lyhyin mahdollinen.

Isometrinen jalkaprässi: Testi suoritettiin isometrisellä jalkaprässillä 107 asteen polvikulmalla (Holviala ym. 2014) (Liikuntabiologian tieteenalaryhmä, Jyväskylä, Suomi). Testissä tutkittavaa pyydettiin tuottamaan prässin voimalevyä vasten mahdollisimman suuri voima mahdollisimman nopeasti ja ylläpitämään voimantuottoa siihen asti, kunnes tutkija antoi luvan lopettaa. Tutkittavaa muistutettiin olemaan tarkkana, että pakarat ja selkä pysyvät kiinni penkissä ja kädet kiinni kahvoissa koko suorituksen ajan (Kuva 7). Ennen varsinasta testiä tutkittava suoritti yhden lämmittelysuorituksen ja tämän jälkeen kolme testisuoritusta. Lopulliseksi suoritukseksi valittiin se hyväksyty suoritus, jossa maksimivoima oli suurin. Isometrisen jalkaprässin analyysit tehtiin Signal 4.10- ohjelmalla (Cambridge Electronic Design Ltd, Cambridge, UK), jonka avulla voimadatasta määritettiin suorituksen maksimivoima.



KUVA7.Pudotushyppy ja isometrinen jalkaprässi

PHV: Tutkittavien PHV (aika murrosiän pituuden huippukasvuun) mitattiin vain tutustumismittauksissa. PHV:n määrittämistä varten tutkittavalta mitattiin seisomapituus, paino sekä istumapituus. Istumapituuden mittauksessa tutkittava istui 64 cm korkuisella jakkaralla selkä suorana ja kiinni seinässä. Istumapituus laskettiin vähentämällä jakkaran

korkeus istumapituudesta. Kaavaan sijoitettu jalan pituus saatiin vähentämällä istumapituus seisomapituudesta. Seisoma- ja istumapituus mitattiin 0,1 cm: n ja paino 0,1 kg: n tarkkuudella. Nämä muuttujat mitattiin kahteen kertaan ja kahden mittaustuloksen keskiarvo sijoitettiin laskukaavaan yhdessä henkilön iän kanssa (mittauspäivä – syntymäpäivä). Arvioitu PHV laskettiin kaavalla (Mirwald ym. 2002):

$$PHV = -9,236 + (0.0002708 * (jalan\ pituus) * (istumapituus)) - (0.001663 * (ikä) * (jalanpituus)) + (0.007216 * (ikä) * (istumapituus)) + (0.02292 * (paino) / (pituus)) - 9.236$$

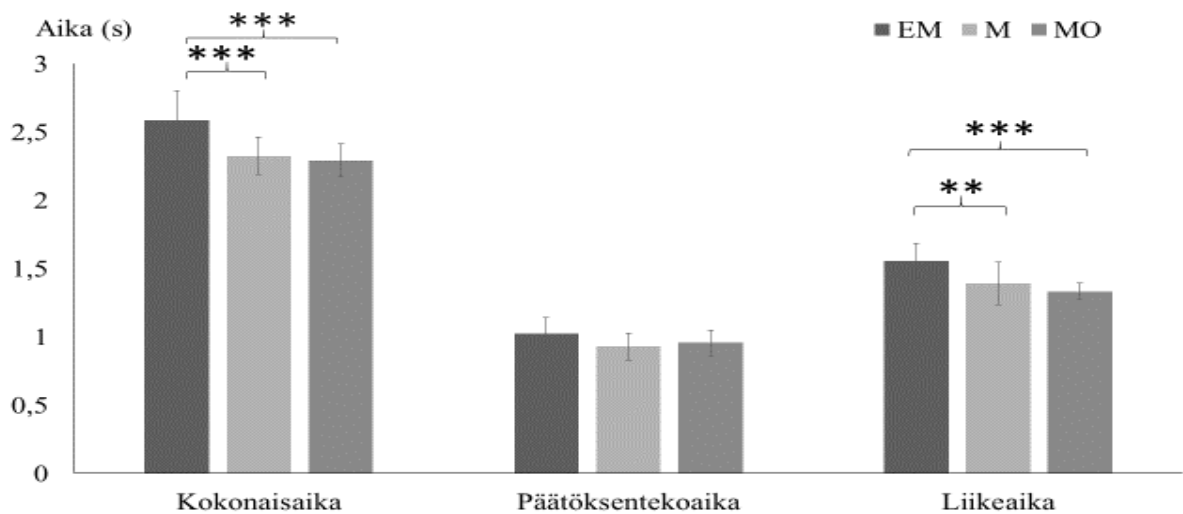
6.5 Tilastolliset menetelmät

Tuloksissa on esitetty keskiarvot sekä keskihajonnat ryhmäkohtaisesti. Koko aineiston sekä ryhmien sisäinen normaalijakautuneisuus tarkastettiin Shapiro-Wilk -testillä. Normaalijakaumaa noudattaneiden suorituskykymuuttujien (nopeus, suunnanmuutoskyky, palloton ja pallollinen ketteryys, maksimivoima, hyppyjen nousukorkeus sekä reaktioaika) sekä antropometristen muuttujien (pituus, paino, aika pituuden huippukasvuun) ero ikäryhmien välillä analysoitiin käyttämällä yksisuuntaista ANOVA: a. Post Hoc -testinä käytettiin Bonferroni -testiä. Katseenkohdistusdata ei noudattanut normaalijakaumaa ja sen tilastolliseen analyysiin käytettiin nonparametrasta Kruskal-Wallis -testiä. Pearsonin korrelaatiota käytettiin muuttujien välisten yhteyksien selvittämiseen. Pallottoman ja pallollisen ketteryystestin reliabiliteetin arviointi suoritettiin määrittämällä ryhmäsisäinen korrelaatiokerron (ICC, two-way mixed alpha model), sekä variaatiokerroin (CV%) (keskihajonnan ja keskiarvon osamäärä) testien kokonaisajoista ryhmäkohtaisesti tutustumismittausten ja varsinaisten mittausten välillä. Rajaksi tilastolliselle merkitsevyydelle asetettiin $p \leq 0.05^*$. Muut raja-arvot tilastollisille merkitsevyyksille olivat $p < 0.01^{**}$ sekä $p < 0.001^{***}$. Tulokset analysoitiin käyttämällä Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) sekä IBM SPSS Statistics v.24 -ohjelmia (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

7 TULOKSET

7.1 Palloton ketteryys

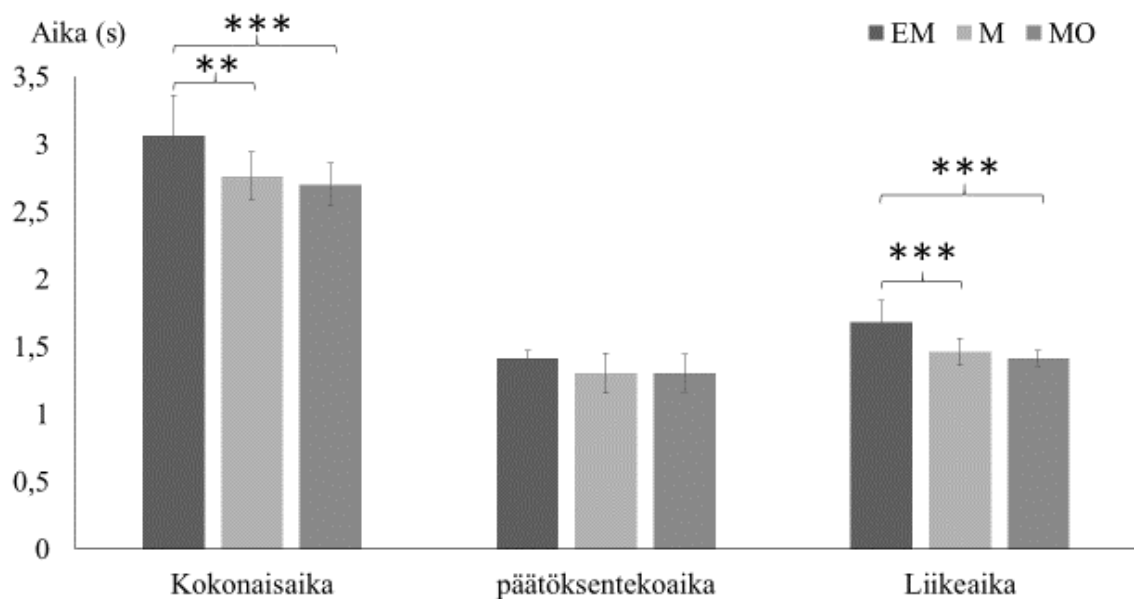
Pallottoman ketteryuden testissä esimurrosikäisten kokonaisaika oli tilastollisesti merkitsevästi hitaampi kuin murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden. Esimurrosikäisten liikeaika oli myös tilastollisesti merkitsevästi hitaampi kuin murrosikäisten sekä murrosiän ohittaneiden. Päätöksentekoaajassa esimurrosikäisten, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Esimurrosikäiset tekivät testissä suunnanvalinnan videon tapahtumiin nähden 100 ± 0 % oikein, murrosikäiset 98.0 ± 6.9 % sekä murrosiän ohittaneet 96.9 ± 7.4 %. Erot ryhmien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



KUVIO 6. Pallottoman ketteryystestin kokonaisaika, päätöksentekoaika ja liikeaika ryhmäkohtaisesti esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) sekä murrosiän ohittaneilla (MO). Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.

7.2 Pallollinen ketteryys

Pallollisen ketteryyden testissä esimurrosikäisten kokonaisaika oli tilastollisesti merkitsevästi hitaampi kuin murrosikäisten sekä murrosiän ohittaneiden. Esimurrosikäisten liikeaika oli myös tilastollisesti merkitsevästi hitaampi kuin murrosikäisten sekä murrosiän ohittaneiden. Päätöksentekoajassa esimurrosikäisten, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Kuvio 7.



KUVIO 7. Pallollisen ketteryydestin kokonaisaika, päätöksentekoaja ja liikeaika ryhmäkohtaisesti esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) sekä murrosiän ohittaneilla (MO). Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.

Pallollisessa ketteryydestissä esimurrosikäiset tekivät oikean ratkaisun videon tapahtumiin nähden 97.4 ± 3.5 % tilanteissa, murrosikäiset 92.3 ± 8.9 % ja murrosiän ohittaneet 94.0 ± 10.5 %. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Niissä suorituksissa joissa tutkittavat ($n=17$) tekivät videostimuluksen kannalta väärän ratkaisun, heidän päätöksentekoajojen

keskiarvo oli 0.12 ± 0.17 sekuntia (9.0 %) ($p=0.012$) nopeampi kuin heidän onnistuneiden suoritusten päätöksentekoaikojen keskiarvo.

Testin aikana murrosiän ohittaneet ottivat eniten pallokosketuksia 3.21 ± 0.48 , murrosikäiset 2.89 ± 0.39 ja esimurrosikäiset 3.18 ± 0.56 . Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Syöttötilanteissa esimurrosikäisten syötöistä onnistui 56.0 ± 17.5 %, murrosikäisten 41.7 ± 15.4 % ja murrosiän ohittaneiden 64.6 ± 21.9 %, mikä oli tilastollisesti merkitsevästi paremmin kuin murrosikäisillä ($p=0.013$).

7.3 Fyysiset ominaisuudet

10 metrin nopeustestissä esimurrosikäiset olivat tilastollisesti merkitsevästi hitaampia kuin murrosikäiset ja murrosiän ohittaneet. Lisäksi murrosikäiset olivat tilastollisesti merkitsevästi hitaampia kuin murrosiän ohittaneet. Esimurrosikäisten suunnanmuutostestin aika oli tilastollisesti merkitsevästi hitaampi verrattuna murrosikäisten sekä murrosiän ohittaneiden aikoihin. Esimurrosikäisillä valostimulusketteryystestin aika oli myös tilastollisesti merkitsevästi hitaampi verrattuna murrosikäisiin ja murrosiän ohittaneisiin.

Esimurrosikäisten maksimivoima oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi verrattuna murrosikäisten, sekä murrosiän ohittaneiden maksimivoimaan. Esimurrosikäisten kevennyshypyn sekä pudotushypyn nousukorkeudet olivat myös tilastollisesti merkitsevästi pienempiä kuin murrosikäisten sekä murrosiän ohittaneiden. Reaktioaikojen keskiarvo oli hitain esimurrosikäisillä ja ero oli tilastollisesti merkitsevä esimurrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä. Fyysisten testien tulokset ryhmäkohtaisesti on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Ryhmien väliset erot fyysistä suorituskkyä mitanneissa testeissä.

	Esimurrosikäiset	Murrosikäiset	Murrosiän ohittaneet
Nopeus 10m (s)	2.18 ± 0.09 ^{***, ###}	2.02 ± 0.08 ^{***, †††}	1.86 ± 0.07 ^{###, †††}
Suunnanmuutoskyky (s)	2.29 ± 0.09 ^{***, ###}	2.06 ± 0.08 ^{***}	1.99 ± 0.09 ^{###}
Valostimulus ketteryystesti (s)	2.41 ± 0.13 ^{** , ###}	2.26 ± 0.09 ^{**}	2.18 ± 0.07 ^{###}
Maksimivoima (N)	1546 ± 340 ^{*, ##}	2042 ± 384 [*]	2435 ± 409 ^{###}
Kevennyshyppy (cm)	22.3 ± 4.4 ^{** , ###}	30.3 ± 6.0 ^{**}	36.1 ± 7.7 ^{###}
Pudotushyppy (cm)	16.0 ± 3.6 ^{** , ###}	22.3 ± 5.5 ^{**}	26.1 ± 5.7 ^{###}
Reaktioaika (ms)	256 ± 34 [#]	229 ± 29	221 ± 30 [#]

* = tilastollisesti merkitsevä ero esimurrosikäisten ja murrosikäisten välillä * p< 0.05, ** p< 0.01, *** p< 0.001. # = tilastollisesti merkitsevä ero esimurrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä # p< 0.05, ## p< 0.01, ### p< 0.00. † = tilastollisesti merkitsevä ero murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ††† p< 0.00.

7.4 Katseen kohdistaminen ketteryystestissä

7.4.1 Katseen kohdistus pallottomassa ketteryystestissä

Pallottomassa ketteryystestissä (Taulukko 8.) esimurrosikäiset erosivat tilastollisesti merkitsevästi murrosikäisistä fiksaatioiden yhteenlasketun keston ja siirtymien lukumäärän ja murrosiän ohittaneista motorisen ajan suhteen. Murrosiän ohittaneiden siirtymien yhteenlaskettu kesto oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi verrattuna murrosikäisiin.

TAULUKKO 8. Yhden suorituksen keskiarvoinen katseen kohdistaminen pallottoman ketteryystestin aikana ryhmittäin.

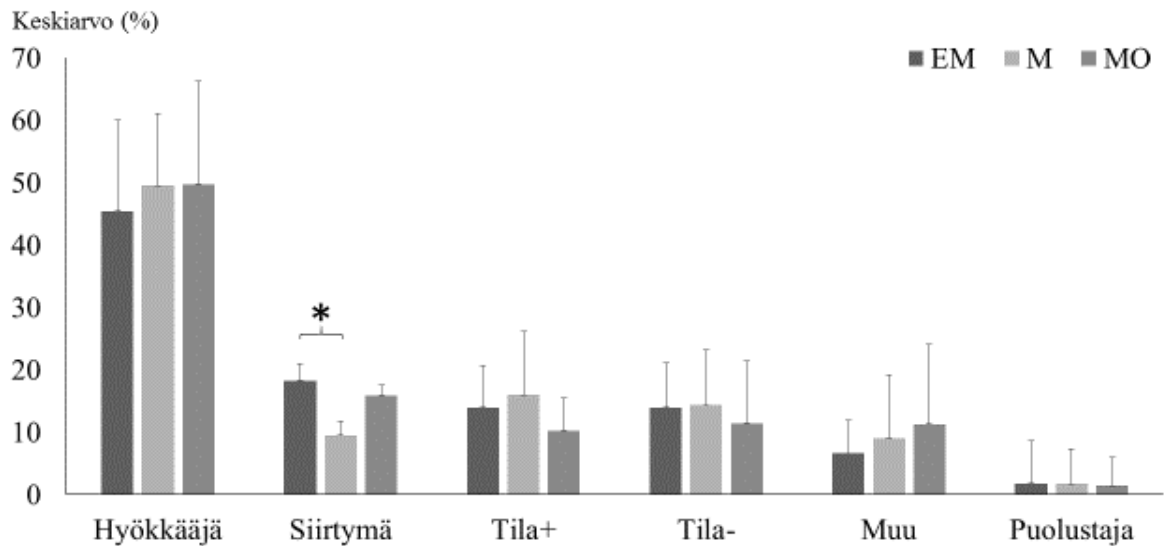
	Esimurrosikäiset	Murrosikäiset	Murrosiän ohittaneet
Fiksaatioiden kesto yhteensä (ms)	717 ± 74 *	889 ± 128 *	883 ± 161
Fiksaatioiden määrä (kpl)	3.1 ± 0.5	3.5 ± 0.7	3.1 ± 0.9
Etsintätaajuus (fiksaatioiden määrä/s)	4.4 ± 0.9	4.0 ± 0.7	3.6 ± 0.9
Yhden fiksaation keskimääräinen kesto (ms)	234 ± 48	257 ± 41	295 ± 74
Siirtymien määrä (kpl)	2.7 ± 1.0 *	1.5 ± 0.8 *	2.6 ± 0.6
Siirtymien kesto (ms)	162 ± 64	89 ± 48 †	168 ± 45 †
Motorinen aika (ms)	115 ± 116 ##	-20 ± 80	-102 ± 119 ##

* = tilastollisesti merkitsevä ero esimurrosikäisten ja murrosikäisten välillä * p< 0.05.

= tilastollisesti merkitsevä ero esimurrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ## p< 0.01.

† = tilastollisesti merkitsevä ero murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä † p< 0.05.

Pallottomassa ketteryystestissä kaikilla ryhmillä fiksaatioiden kokonaisajasta selkeästi suurin osa kohdistui hyökkääjään (Kuvio 8). Ryhmästä riippuen seuraavaksi suurimman osan ajasta fiksaatiot luokiteltiin katseen siirtymiin, tila+, tila- ja muu fiksaatioihin. Kaikilla ryhmillä katse kohdistui vähiten puolustajaan. Suhteellisissa osuuksissa ainoa tilastollisesti merkitsevä ero oli esimurrosikäisten ja murrosikäisten siirtymiin käyttämässä ajassa.



KUVIO 8. Katseenkohteiden prosentuaaliset osuudet pallottoman ketteryystestin aikana esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) sekä murrosiän ohittaneilla (MO). Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. * $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.

7.4.2 Katseen kohdistus pallolisessa ketteryystestissä

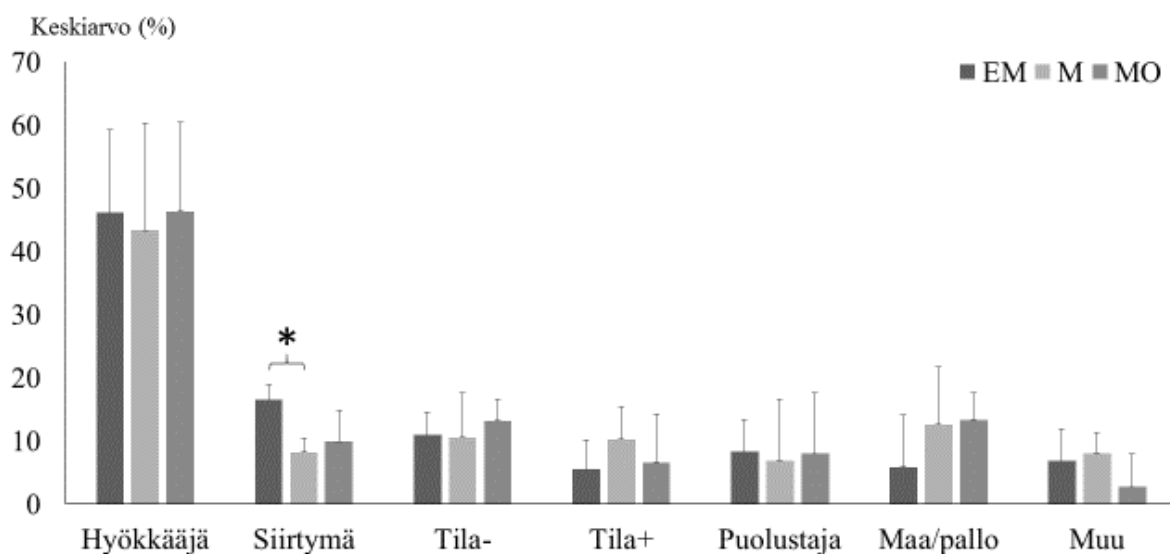
Pallolisessa ketteryystestissä (Taulukko 9.) esimurrosikäiset erosivat tilastollisesti merkitsevästi murrosikäisistä siirtymien lukumäärän ja keston suhteen. Murrosikäiset erosivat murrosiän ohittaneista fiksaatioiden keston suhteen. Esimurrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia missään analysoidussa muuttujassa.

TAULUKKO 9. Yhden suorituksen keskiarvoinen katseen kohdistaminen pallottoman ketteryystestin aikana ryhmittäin.

	Esimurrosikäiset	Murrosikäiset	Murrosiän ohittaneet
Fiksaatioiden kesto yhteensä (ms)	712 ± 36	790 ± 109 †	712 ± 121 †
Fiksaatioiden määrä (kpl)	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.4	3.0 ± 0.5
Etsintätaajuus (fiksaatioiden määrä/s)	4.2 ± 0.6	3.8 ± 0.7	4.3 ± 0.7
Yhden fiksaation keskimääräinen kesto (ms)	240 ± 39	269 ± 46	240 ± 38
Siirtymien määrä (kpl)	2.1 ± 0.9 *	1.1 ± 0.4 *	1.3 ± 0.8
Siirtymien kesto (ms)	160 ± 72 *	71 ± 27 *	80 ± 45
Motorinen aika (ms)	536 ± 122	436 ± 190	489 ± 127

* = tilastollisesti merkitsevä ero esimurrosikäisten ja murrosikäisten välillä * $p < 0.05$, † = tilastollisesti merkitsevä ero murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä † < 0.05 .

Pallollisessa ketteryystestissä (Kuvio 9) kaikilla ryhmillä fiksaatioiden kokonaisajasta suurin osa kohdistui hyökkääjään. Muihin kohteisiin (siirtymä, tila+, tila-, puolustaja, maa/ pallo ja muu) kohdistuneiden fiksaatioiden prosentuaaliset osuudet vaihtelivat ryhmien välillä. Esimurrosikäisillä katseen siirtymien prosentuaalinen osuus oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin murrosikäisillä.



KUVIO 9. Katseenkohteiden prosentuaaliset osuudet pallollisen ketteryydestin aikana esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) sekä murrosiän ohittaneilla (MO). Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. * $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.

7.5 Ketteryyssuorituskykyyn yhteydessä olevat tekijät

7.5.1 Fyysisten ominaisuuksien yhteys ketteryydestin tuloksiin

Tarkasteltaessa kaikkien testattujen tuloksia, niin valostimulusketteryydestin kokonaisajan ja fyysistä suorituskkyä kuvaavien muuttujien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä vahvokorrelaatio nopeuden ja suunnanmuutoskyvyn kanssa sekä kohtalainen korrelaatio maksimivoiman, kevennyshypyn nousukorkeuden, pudotushypyn nousukorkeuden sekä reaktioajan kanssa. Ryhmäkohtaisesti tarkasteltua tilastollisesti merkitsevä kohtalainen tai vahva korrelaatio valostimulustestin kokonaisajan ja fyysisen suorituskkyvyn muuttujien välillä havaittiin esimurrosikäisillä nopeuden, suunnanmuutoskyvyn sekä pudotushypyn

nousukorkeuden kanssa. Murrosikäisillä valostimulustestin kokonaisaika korreloi tilastollisesti merkitsevästi vain nopeuden kanssa.

Kaikkien tutkittujen tulosten kohdalla pallottoman ketteryyden testin kokonaisajan ja fyysisten muuttujien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä kohtalaisia korrelaatiota nopeuden, suunnanmuutoskyvyn, maksimivoiman, kevennyshypyn nousukorkeuden sekä pudotushypyn nousukorkeuden välillä. Ryhmäkohtaisesti tarkasteltuna tilastollisesti merkitsevä, kohtalainen korrelaatio pallottoman ketteryydestin kokonaisajan ja fyysisten muuttujien välillä löytyi vain esimurrosikäisillä maksimivoiman kanssa sekä murrosiän ohittaneilla reaktioajan kanssa.

Tarkasteltaessa kaikkien testattujen tuloksia, niin pallollisen ketteryydestin kokonaisajan ja fyysistä suorituskyyä kuvaavien muuttujien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä kohtalainen korrelaatio nopeuden, suunnanmuutoskyvyn, maksimivoiman, kevennyshypyn nousukorkeuden sekä pudotushypyn nousukorkeuden kanssa. Ryhmäkohtaisesti tarkasteltua tilastollisesti merkitsevä kohtalainen tai vahva korrelaatio pallollisen ketteryydestin kokonaisajan ja fyysisen suorituskyyvyn muuttujien välillä havaittiin esimurrosikäisillä nopeuden ja pudotushypyn nousukorkeuden kanssa sekä murrosikäisillä pudotushypyn nousukorkeuden kanssa. Kaikki tulokset esitetty taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Suorituskykymuuttujien korrelaatio valostimulus-, pallottoman sekä pallollisen ketteryydestin kokonaisaikaan

	Valostimulus ketteryys				Palloton ketteryys				Pallollinen ketteryys			
	Kaikki	EM	M	MO	Kaikki	EM	M	MO	Kaikki	EM	M	MO
Nopeus 10m	.768***	.578*	.597*	.208	.695***	.159	.453	.193	.584***	.603*	-.145	-.223
Suunnan- muutoskyky	.762***	.749**	.450	.004	.717***	.407	.313	.405	.519***	.159	-.309	.224
Maksimivoima	-.520***	.175	-.173	-.424	-.468***	-.624*	-.073	.134	-.321**	.020	.174	.344
Kevennyshyppy	-.611***	-.339	-.347	-.170	-.453**	-.324	-.033	.299	-.339*	-.151	.482	.143
Pudotushyppy	-.634***	-.590*	-.209	-.308	-.521**	-.352	.056	-.056	-.372**	-.606*	-.635*	.174
Reaktioaika	.350*	.058	.026	.137	.273	-.234	-.206	.655*	0.291	-.123	.105	.344

Kaikki tutkittavat (Kaikki, n=38), esimurrosikäiset (EM, n=14), murrosikäiset (M, n=12) ja murrosiän ohittaneet (MO, n=12). * p< 0.05, ** p< 0.01, *** p< 0.001.

7.5.2 Katseenkohdistuksen yhteys ketteryydestien tuloksiin

Kaikkien tutkittavien otoksessa pallottoman ketteryydestin kokonaisajan ja motorisen ajan välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä kohtalainen positiivinen korrelaatio ($r=0.443$, $p=0.023$). Tilastollisesti merkitsevä kohtalainen positiivinen korrelaatio havaittiin myös pallottoman ketteryydestin päätöksentekoaajan ja motorisen ajan välillä ($r=0.449$, $p=0.021$).

Kaikkien tutkittavien otoksessa pallollisen ketteryydestin kokonaisajan ja motorisen ajan välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä kohtalainen positiivinen korrelaatio ($r=0.554$, $p=0.005$). Tilastollisesti merkitsevä vahva korrelaatio havaittiin pallollisen ketteryydestin päätöksentekoaajan ja motorisen ajan välillä ($r=0.734$, $p=0.000$). Pallollisessa testissä valintojen oikeellisuuden ja puolustajaan kohdistuneiden fiksaatioiden prosentuaalisen osuuden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä kohtalainen positiivinen korrelaatio ($r=0.428$, $p=0.037$). Pallollisen testin syöttöjen onnistumisprosentin havaittiin korreloivan

kohtalaisesti, tilastollisesti merkitsevästi, hyökkääjään kohdistuneiden fiksaatioiden prosentuaalisen osuuden kanssa ($r=0.469$, $p=0.021$) sekä negatiivisesti yhden suorituksen fiksaatioiden keskimääräisen lukumäärän ($r= -0.501$ $p=0.013$) ja positiiviseen tilaan kohdistuneiden fiksaatioiden prosentuaalisen osuuden kanssa ($r=-0.424$, $p=0.039$).

7.5.3 Ketteryystestien kokonaisaikojen yhteys testien osatekijöihin

Pallottoman ketteryystestin kokonaisaika korreloi kaikkien tutkittavien otoksessa vahvasti testin liikeajan ja kohtalaisesti testin päätöksentekoajan kanssa. Esimurrosikäisillä pallottoman ketteryystestin kokonaisaika korreloi vahvasti sekä testin päätöksentekoajan, että liikeajan kanssa. Murrosikäisillä pallottoman ketteryystestin kokonaisajan kanssa vahvasti korreloi vain testin liikeaika, mutta päätöksentekoaja vain heikosti. Murrosiän ohittaneilla pallottoman ketteryystestin kokonaisaika korreloi vahvasti testin päätöksentekoajan kanssa ja kohtalaisesti liikeajan kanssa. Valintojen oikeellisuudella ja testin kokonaisajalla havaittiin vain heikko korrelaatio kaikilla otoksilla.

Pallollisen ketteryystestin kokonaisaika korreloi vahvasti sekä testin liikeajan, että päätöksentekoajan kanssa kaikkien tutkittavien otoksessa kuin myös ryhmäkohtaisesti tarkasteltuna esimurrosikäisillä sekä murrosiän ohittaneilla. Murrosikäisillä pallollisen ketteryystestin kokonaisaika korreloi vahvasti testin päätöksentekoajan kanssa ja kohtalaisesti testin liikeajan kanssa. Valintojen oikeellisuuden ja testin kokonaisajan välillä havaittiin kohtalainen korrelaatio esimurrosikäisillä sekä murrosikäisillä ja heikko korrelaatio murrosikäisillä sekä kaikkien tutkittavien otoksessa. Taulukko 11.

TAULUKKO 11. Pallottoman ja pallollisen ketteryydestin kokonaisaikojen korrelaatio testien osatekijöihin kaikilla tutkittavilla, sekä ryhmä kohtaisesti esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) ja murrosiän ohittaneilla (MO).

	Pallottoman ketteryydestin kokonaisaika			
	Kaikki (n=38)	EM (n=14)	M (n=12)	MO (n=12)
Päätöksentekoaika	.691**	.837**	.150	.870**
Liikeaika	.859**	.875**	.778**	.641*
Valinnan onnistuminen	.271	.232	.316	.254
	Pallollisen ketteryydestin kokonaisaika			
	Kaikki (n=38)	EM (n=14)	M (n=12)	MO (n=12)
Päätöksentekoaika	.803**	.733**	.842**	.944**
Liikeaika	.839**	.826**	.486	.742**
Valinnan onnistuminen	.293	.411	.551	-.162

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

7.6 Suunnanmuutos- ja ketteryydestien väliset korrelaatiot

Kaikkien tutkittavien otoksessa pallottoman ketteryydestin kokonaisaika korreloi vahvasti valostimulusketteryydestin sekä suunnanmuutostestin kanssa ja kohtalaisesti pallollisen ketteryydestin kokonaisajan kanssa. Pallollinen ketteryydesti korreloi kohtalaisesti valostimulusketteryydestin sekä suunnanmuutostestin kanssa. Valostimulusketteryydestin ja suunnanmuutostestin välillä havaittiin vahva korrelaatio.

Esimurrosikäisillä tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä testien välillä havaittiin vain vahvasti korreloineet suunnanmuutos- ja valostimulusketteryydestit sekä kohtalaisesti korreloineet palloton ketteryydesti sekä valostimulusketteryydesti. Murrosikäisillä ainoa tilastollisesti merkitsevä vahva korrelaatio oli pallottoman ketteryydestin ja valostimulusketteryydestin välillä. Murrosiän ohittaneilla ainoa tilastollisesti merkitsevä korrelaatio testien välillä oli

myös pallottoman ketteryystestin ja valostimulusketteryystestin välillä havaittu kohtalainen korrelaatio. Taulukko 12

TAULUKKO 12. Pallottoman-, pallollisen- ja valostimulusketteryystestien sekä ennalta määritetyn suunnanmuutostestin väliset korrelaatiot kaikilla tutkittavilla sekä ryhmittäin

		Palloton ketteryys	Pallollinen ketteryys	Valostimulus	Suunnanmuutos
Kaikki (n=38)	Palloton ketteryys	1			
	Pallollinen ketteryys	.662**	1		
	Valostimulus	.722**	.525**	1	
	Suunnanmuutos	.717**	.519**	.762**	1
Esimurros- ikäiset (n=14)	Palloton ketteryys	1			
	Pallollinen ketteryys	.475	1		
	Valostimulus	.632*	.402	1	
	Suunnanmuutos	.522	.159	.749**	1
Murrosikäi- set (n=12)	Palloton ketteryys	1			
	Pallollinen ketteryys	.288	1		
	Valostimulus	.781**	0.114	1	
	Suunnanmuutos	0.309	-0.316	.456	1
Murrosiän ohittaneet (n=12)	Palloton ketteryys	1			
	Pallollinen ketteryys	.587*	1		
	Valostimulus	-.194	-.343	1	
	Suunnanmuutos	.405	.224	.004	1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

7.7 Ketteryystestien reliabiliteetti

Taulukossa 13 esitetään eri ketteryystestien reliabiliteettia kuvaavat tilastolliset tunnusluvut. Kaikkien tutkittavien otoksessa pallottoman ketteryystestin kokonaisaika parani tutustumismittausten ja virallistenmittausten välillä keskimäärin 4.5 ± 3.8 %. Ryhmäkohtaisesti tarkasteltuna kokonaisaika parani esimurrosikäisillä 4.6 ± 6.7 %, murrosikäisillä 2.2 ± 3.8 % ja murrosiän ohittaneilla 6.7 ± 6.4 %. Esimurrosikäisillä pallottoman testin reliabiliteetti havaittiin heikoksi ja kahdella muulla ryhmällä kohtalaiseksi.

Pallollisen ketteryystestin tulos parani keskimäärin tutustumismittausten ja virallisten mittausten välillä kaikkien tutkittavien otoksella keskimäärin 1.9 ± 4.6 %. Ryhmäkohtaisesti

tarkasteltuna kokonaisaika parani esimurrosikäisillä 4.4 ± 6.8 % ja murrosiän ohittaneilla 2.2 ± 3.8 %. Murrosikäisillä kokonaisaika heikkeni 1.2 ± 3.7 %. Esimurrosikäisillä pallollisen testin reliabiliteetti havaittiin kohtalaiseksi ja kahdella muulla ryhmällä erinomaiseksi.

TAULUKKO 13. Pallollisen ja pallottoman ketteryystestien kokonaisaikojen välinen ryhmänsisäinen korrelaatiokerroin (ICC) ja variaatiokerroin (CV%) tutustumismittausten ja virallisten mittausten välillä kaikilla tutkittavilla sekä ryhmäkohtaisesti esimurrosikäisillä (EM), murrosikäisillä (M) ja murrosiän ohittaneilla (MO).

		Tutustumis- mittaukset (s)	Viralliset mittaukset (s)	ICC	CV%
	Kaikki	2.53 ± 0.26	2.41 ± 0.21	.549***	4.86 %
Pallottoman ketteryyden testi	EM	2.69 ± 0.32	2.58 ± 0.21	.040	6.56 %
	M	2.38 ± 0.10	2.32 ± 0.14	.706 **	2.61 %
	MO	2.41 ± 0.26	2.29 ± 0.12	.593 *	5.11 %
	Kaikki	2.92 ± 0.30	2.86 ± 0.27	.761***	3.37 %
Pallollisen ketteryyden testi	EM	3.21 ± 0.29	3.06 ± 0.30	.555 **	5.23 %
	M	2.73 ± 0.12	2.76 ± 0.18	.771***	2.10 %
	MO	2.77 ± 0.15	2.70 ± 0.16	.764***	2.49 %

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

8 POHDINTA

Päätulokset: Pallottoman ja pallollisen ketteryystestin kokonais- ja liikeajassa esimurrosikäiset olivat tilastollisesti merkitsevästi hitaampia verrattuna murrosikäisiin ja murrosiän ohittaneisiin, mutta testien päätöksentekoaajoissa tai ratkaisuiden oikeellisuudessa esimurrosikäiset eivät poikenneet muista ryhmistä tilastollisesti merkitsevästi. Murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja edellä mainituissa muuttujissa. Kaikissa fyysisen suorituskyvyn testeissä esimurrosikäiset suoriutuivat murrosikäisiä ja murrosiän ohittaneita tilastollisesti merkitsevästi heikommin. Murrosiän ohittaneet suoriutuivat tilastollisesti merkitsevästi murrosikäisiä paremmin vain 10 metrin lähtönopeustestistä. Fyysisten muuttujien havaittiin korreloivan ikäryhmäkohtaisesti tarkasteltuna heikosti-kohtalaisesti lajispesifien ketteryystestien kokonaisaikojen kanssa. Ketteryystestien reliabiliteetti havaittiin pallottomassa ketteryystestissä kohtalaiseksi ja pallollisessa ketteryystestissä erinomaiseksi.

Tutkimuskysymys 1: Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää, onko pelaajan iällä vaikutusta ketteryysuorituskykyyn jalkapallospesifissä videostimulusketteryystestissä. Tutkimuksessa selvisi, että sekä pallottoman että pallollisen ketteryystestin kokonais- ja liikeajassa esimurrosikäiset olivat tilastollisesti merkitsevästi hitaampia verrattuna murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden ryhmiin. Testien päätöksentekoaajoissa tai ratkaisuiden oikeellisuudessa esimurrosikäiset eivät poikenneet muista ryhmistä tilastollisesti merkitsevästi. Kahden vanhimman ryhmän, murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kyseisissä muuttujissa, mutta pallollisen testin syöttöjen onnistumisprosentti oli murrosiän ohittaneilla tilastollisesti merkitsevästi parempi verrattuna murrosikäisiin.

Esimurrosikäisten heikompa lajispesifien ketteryystestien kokonais- ja liikeaikaa voidaan pitää odotettuina, sillä fyysiset tekijät ovat yksi kolmesta ketteryysuorituskykyyn vaikuttavasta osatekijästä (Young ym. 2015). Ketteryysuorituskyvyn kannalta oleellisten

voima-nopeus-ominaisuuksien tiedetään kehittyvän voimakkaasti juuri murrosiässä (Vänttinen ym. 2013; Valente Dos-Santos ym. 2012; Malina 1991, 189 – 195), ja niiden vaikutus näkyy ennen kaikkea ketteryyssuorituksen liikeajassa, joka puolestaan vaikuttaa suorituksen kokonaisuikaan. Pallollisessa ketteryysestessä pelaajien pallonkäsittelytaidot joutuivat koetukselle. Myös niiden on osoitettu kehittyvän iän ja harjoituskokemuksen mukana (Vänttinen ym. 2013; Valente Dos-Santos ym. 2012). Toisaalta murrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden väillä ei havaittu ketteryysesteissä eroja muissa muuttujissa kuin syöttöjen onnistumisprosentissa, vaikka murrosiän ohittaneilla oli keskimääräisesti noin kolme vuotta ja noin 1900 tuntia harjoittelua enemmän takana kuin murrosikäisillä. Valente Dos-Santos ym. (2012) ovat havainneet vastaavaa kehityskaarta, jossa kehitys hidastuu murrosiän jälkeen, tiettyjen taitojen osalta myös suljetun taidon jalkapallotesteissä.

Tässä tutkimuksessa lajinomaisessa päätöksentekoaajassa tai oikeiden ratkaisuiden osuuksissa ei kummassakaan havaittu eroja ikäryhmien välillä. Tutkimuksissa yleisten havainnointitaitojen on havaittu kehittyvän iän myötä (Vänttinen ym. 2010), mutta jalkapallon lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen kehittymisestä ei ole selkeää näyttöä (Ward & Williams 2003). Ward ja Williams (2003) eivät löytäneet eroja jalkapallospesifeissä havainnointi- ja päätöksentekotaidoissa tutkiessaan 9-17 -vuotiaita jalkapalloilijoita. Nämä tulokset tukevat tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia. Toisaalta Ward ja Williams (2003) havaitsivat, että akatemitason pelaajien havainnointi- ja päätöksentekotaidot olivat parempia verrattuna harrastetason pelaajiin jo 9-vuotiaasta alkaen. He tulivatkin tulosten perusteella siihen johtopäätökseen, että lajispesifiä päätöksentekoa voidaan kehittää tarkoituksenmukaisella harjoittelulla hyvin tuloksin jo lapsuudesta alkaen (Ward & Williams 2003.) Fysiologisesti tarkasteltuna tässä sekä Ward & Williams (2003) tutkimuksissa havaittua ikäryhmien välistä yhtäläisyyttä päätöksentekotarkkuudessa ja -nopeudessa voidaan ainakin teoriassa perustella hermoston aikaisella kehitymisellä, sillä hermokudoksen määrä kasvaa nopeasti lapsuudessa, saavuttaen 7- vuotiaana noin 95 % tason 20-ikävuoteen kertyneestä kokonaismäärästä (Malina ym. 1991, 8-10).

Tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin verrattuna samansuuntaisia tuloksia saivat myös Vaeyens ym. (2007b) verratessaan 13-15 -vuotiaiden jalkapalloilijoiden päätöksenteon tarkkuutta ja nopeutta videosimulaatioiden avulla hyökkäystilanteissa. He havaitsivat, että alemman tason pelaajien päätöksenteko oli parempi tasoisiin ryhmiin verrattuna hitaampaa kaikissa muissa paitsi tässäkin tutkimuksessa käytetyssä 2v1 -tilanteessa. Tilanteen kannalta oikean ratkaisun valinnassa alempi tasoiset pelaajat olivat toisaalta heikompia vain 5v3 -tilanteessa (Vaeyens ym. 2007b). Tämän perusteella voidaan pitää mahdollisena, että erityisesti nuorilla jalkapalloilijoilla videosimulaatioilla kyetään erottelemaan ainoastaan taitotasoltaan riittävän kaukana toisistaan olevat ryhmät, koska sekä suoritusajassa että tarkkuudessa on todennäköisesti jo itsessään merkittävää tilanne- ja pelaajakohtaista vaihtelua.

Tutkimuskysymys 2: Toisena tutkimuskysymyksenä oli selvittää ovatko kognitiiviset tekijät vahvemmin yhteydessä ketteryysuorituskykyyn lapsilla ja nuorilla kuin voima-nopeusominaisuudet. Tutkimuksessa selvisi, että esimurrosikäisillä fyysiset ominaisuudet ovat vahvemmin yhteydessä ketteryysuorituskykyyn verrattuna murrosikäisiin ja murrosiän ohittaneisiin. Lisäksi vaikuttaisi siltä, että voima-nopeusominaisuudet korreloivat lapsilla ja nuorilla heikosti tai kohtalaisesti ketteryysuorituskyvyn kanssa, mikä on samansuuntainen tulos kuin mitä on löydetty aiemmin aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa (Scanlan ym. 2014a; Spiteri ym. 2014a; Young & Talpey 2014; Henry ym. 2013).

Aikuisilla tehdyissä tutkimuksissa kognitiiviset tekijät (vasteaika ja päätöksentekoaika) on havaittu merkittävämmäksi ketteryysuorituskykyä määrittäviksi tekijöiksi kuin testin liikeaika (Young & Willey 2009) tai fyysiset ominaisuudet (Scanlan ym. 2014). Tässä tutkimuksessa sekä pallottomassa että pallollisessa testissä oli havaittavissa trendi, että testien päätöksentekoaajan korrelaatio kokonaisajan kanssa vahvistui ja liikeajan korrelaatio heikkeni sen mukaan mitä vanhemmista pelaajista oli kyse. Esimurrosikäisillä ja murrosikäisillä pallottoman ketteryystestin kokonaisajan havaittiin selittyvän paremmin testin liikeajalla kuin päätöksentekoaajalla, kun taas murrosiän ohittaneilla tilanne oli päinvastoin. Vastaavasti pallollisessa ketteryystestissä kokonaisaika oli enemmän riippuvainen testin liikeajasta

ainoastaan esimurrosikäisillä. Tulosten pohjalta vaikuttaisi siis siltä, että nuoremmilla urheilijoilla ketteryyssuorituskyky on riippuvaisempi fyysisestä suorituskyvystä ja mahdollisesti teknisestä osaamisesta kuin murrosiän ohittaneilla ja aikuisurheilijoilla, joilla puolestaan korostuneemmassa asemassa ovat kognitiiviset taidot.

Tutkimuskysymys 3: Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli: onko katseen kontrollissa eroa ikäryhmien välillä? Tässä tutkimuksessa havaittiin, että isossa kuvassa ikäryhmien välillä katseen kontrollissa oli enemmän yhtäläisyyksiä kuin eroja. Aiemmissa tutkimuksissa katseen kontrollin vertailua ikäryhmälähtöisesti ei ole juurikaan tehty vaan vertailtu on tapahtunut pääasiassa vertaamalla korkeamman ja matalamman tason pelaajia toisiinsa. Näissä tutkimuksissa on havaittu eroja katseen kontrollissa tasoryhmien välillä (esim. Krezepota ym. 2016; Maarseveen ym. 2016; Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013; North ym. 2009; Vayens ym. 2007, Williams & Davids 1998, Williams ym. 1994.)

Vickers (2007, 70) mukaan katseen kontrolli voidaan jakaa tähtäystehtäviin, ajoitusta ja osumista vaativiin tehtäviin ja taktisiin tehtäviin. Joukkuepallolussa korostuu pääasiassa taktiset tehtävät. Yleisesti taktisissa tehtävissä korkeamman tason pelaajien on havaittu suorittavan lukumäärältään enemmän ja kestoaltaan lyhyempiä fiksaatioita, jotka kohdistuvat tehtävän kannalta olennaisimpiin kohteisiin verrattuna heikompi tasoihin urheilijoihin. (Casanova ym. 2013; Roca ym. 2013; Krezepota ym. 2016; North ym. 2009; Vayens ym. 2007; Williams & Davids 1998; Williams ym. 1994). Huomioitava tosin on, että katseen kontrolli on aina myös tehtävisidonnaista (Roca ym. 2011). Tässä tutkimuksessa käytettyjen videostimulustilanteiden samankaltaisuudesta johtuen testisuorituksissa saattoi korostua tähtäystehtäville tyypilliset piirteet, pidemmät fiksaatiot vähempiin kohteisiin (pallottomassa testissä hyökkääjän liikesuunnan havaitseminen hänen alaraajoista ja pallollisessa testissä puolustajan ratkaisun havaitseminen hänen alaraajoistaan) yhdessä taktisille tehtäville tyypillisten piirteiden kanssa.

Ikäryhmien välillä ei havaittu selviä eroja, sillä molempien testien aikana tutkittavien fiksaatioiden lukumäärämäärä, etsintätaajuus, yhden fiksaation keskimääräinen kesto sekä

fiksaatioiden kohteiden prosentuaaliset osuudet olivat hyvin samankaltaisia. Tämän perusteella voidaan todeta, että visuaalinen etsintästrategia ei tutkimuksessa käytetyssä 2 v 1 videosimulaatiotilanteessa ollut suoranaisesti riippuvaista iästä tai harjoitushistorian aikana kertyneistä harjoitustunneista.

Vaikka ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, niin esimurrosikäisten päätöksentekoaika oli sekä pallottomassa että pallolisessa ketteryydestissä pidempi kuin vanhemmilla ryhmillä. Tätä pientä eroa saattaa selittää esimurrosikäisten molemmissa testeissä tilastollisesti merkitsevästi suurempi katseen siirtymien (fiksaatiopiste kohteessa alle 120 ms) lukumäärä ja suhteellinen osuus verrattuna murrosikäisiin. Suurempi määrä siirtymiä viittaa suurempaan määrään fiksaatioiden väleillä esiintyviä silmän sakkadiliikkeitä (Williams & Davids 1998, viitaten Williams & Burwitz ym. 1993). Käytännössä siis esimurrosikäisten etsintätaajuus oli suurempi verrattuna murrosikäisiin, mikä puolestaan osaltaan vaikutti katseen siirtymiin ja siten pidensi hieman heidän päätöksentekoaikaansa. Lisäksi pallottomassa testissä havaittiin strateginen ero ikäryhmien välillä visuaalisen informaation keräämisessä. Murrosiän ohittaneilla ja murrosikäisillä motorinen aika (pätöksentekoaika – fiksaatioiden yhteenlaskettu kesto – siirtymien yhteenlaskettu kesto) oli negatiivinen, mikä kertoi siitä, että heidän katseensa säilyi videon tapahtumissa keräten informaatiota vielä sen jälkeen, kun he olivat ottaneet suuntaa muuttavan askeleen. Sen sijaan esimurrosikäisillä motorinen aika oli positiivinen, jolloin heidän katseensa siirtyi pois valkokankaalta videon tapatumista ennen suuntaa muuttavaa askelta. Tämä antaa viitteitä siitä, että vanhemmat pelaajat ovat tottuneet keräämään informaatiota pidempään ja pystyvät siten myös mahdollisesti muuttamaan päätöstään myöhempään, mikäli pelitilanteesta saatavat vihjeet niin vaativat.

Lisäksi motorisen ajan havaittiin korreloivan kohtalaisesti, tilastollisesti merkitsevästi pallottoman ketteryydestin kokonaisajan kanssa (kaikkien tutkittavien otos). Tämä saattaa johtua siitä, että mitä suurempi motorinen aika on, sitä enemmän tilanteen päätöksentekoaikaan tulee informaation keräämisen kannalta turhaa aikaa, sillä motorisen ajan aikana tutkittavan katse on jo siirtynyt pois valkokankaalta, mutta liikevastetta ei ole kuitenkaan suoritettu. Tämä suorituksen kannalta ylimääräinen aika pidentää

päätöksentekoaikaa ja siten kokonaisaikaa. Toisaalta on kuitenkin muistettava, että motorinen aika oli suurin myös kokonaisajassa hitaimmilla esimurrosikäisillä, joka saattaa osaltaan vaikuttaa muuttujien väliseen korrelaatioon.

Pallollisessa ketteryystestissä motorinen aika kertoi puolestaan siitä, kuinka kauan tutkittavalta kului aikaa siirtää katse videon tapahtumista pallon ja tehdä motorinen suoritus (syöttää tai tehdä suunnanmuutos pallon kanssa). Tämä aika oli lyhin murrosikäisillä, mikä viittaa siihen, että murrosikäiset painottivat (tietoisesti tai tiedostamattaan) suoritusstrategiassaan enemmän nopeutta kuin tarkkuutta. Vastaavasti esimurrosikäisten ja murrosiän ohittaneiden suoritusstrategiassa korostui enemmän motorisen suorituksen laatu. Tämä näkyi noin 50-100 ms hitaampana motorisena aikana, mutta myös parempana syöttöjen onnistumisprosenttina verrattuna murrosikäisiin. Teoriassa pidempi motorinen aika pallollisessa testissä saattoi johtua pidemmästä quiet eye:sta (suorituksen viimeinen fiksaatio), jonka on todettu parantavan tarkkuustehtävän suoritusta, esimerkiksi jalkapallon rangaistuspotkun tarkkuutta (Nagano ym. 2008). Tässä tutkimuksessa tutkittavan quiet eye:ta ei voitu määrittää, sillä pimeä suoritustila aiheutti dataan liian suurta epätarkkuutta, mutta ainakin teoriassa on mahdollista, että murrosikäisten lyhyempi motorinen aika johtuu lyhyemmästä syöttö- tai suunnanmuutoshetken quiet eye:sta, joka puolestaan johti heillä mitattuun heikompaan syöttötarkkuuteen verrattuna esimurrosikäisiin ja murrosiän ohittaneisiin.

Pallottoman testin motorisen ajan havaittiin korreloivan kohtalaisesti, tilastollisesti merkitsevästi, testin kokonaisajan kanssa (kaikkien tutkittavien otos). Tätä selittää todennäköisesti samat tekijät kuin pallottaman testin kokonaisajan ja motorisen ajan välistä kohtalaista korrelaatiota. Lisäksi pallollisessa testissä tiettyihin kohteisiin kohdistuneiden fiksaatioiden suuremman prosentuaalisen osuuden havaittiin korreloivan kohtalaisesti, tilastollisesti merkitsevästi, syöttöjen onnistumisprosentin kanssa. Tämä antaa viitteitä siitä, että testin aikainen visuaalinen etsintästrategia heijastui myös motorisen suorituksen laatuun.

Williams ja Davids (1998) tutkivat korkeamman ja matalamman tason jalkapalloilijoiden päätöksenteon tarkkuutta, nopeutta ja etsintästrategiaa 3v3 videosingulaatioiden avulla. He havaitsivat, että korkeamman tason pelaajat olivat päätöksissään nopeampia, mutta myöskään heidän tutkimuksessaan päätöksenteon tarkkuudessa tai visuaalisessa etsintästrategiassa ei ryhmien välillä havaittu eroa. He ehdottivatkin, että korkeamman tason pelaajat kykenevät mahdollisesti poimimaan laadukkaampaa informaatiota per fiksaatio tai he kykenevät käyttämään ääreisnäköään tehtävän tavoitteen kannalta tehokkaammin. (Williams & Davids 1998.) Ryhmien välisiä eroja fiksaatioiden laadussa tai ääreisnäön roolista ei voitu tässä tutkimuksessa käytetyillä metodeilla todentaa, mutta niiden mahdollinen vaikutus on syytä huomioida tutkimuksen tuloksia tulkittaessa.

Tutkimuskysymys 4: Neljäntenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää korreloivatko suoritukset jalkapallospesifissä videosingulausketteryystestissä ilman palloa, pallon kanssa, ketteryystesti valostimuluksella sekä ennalta määritetyllä suunnanmuutoksella keskenään. Tämän tutkimuksen tulokset puoltavat aiemmissa tutkimuksissa esitettyä näkemystä (Scanlan ym. 2014b; Sheppard & Young 2006), jonka mukaan ketteryys- ja suunnanmuutoskyky ovat kaksi erillistä taitoa – myös murrosiän molemmin puolin olevilla pelaajilla. Tässä tutkimuksessa eri ikäryhmiltä löytyneet pääosin heikot tai korkeintaan kohtalaiset korrelaatiot suunnanmuutos- ja videosingulausketteryystestien välillä ovat linjassa aikuisilla tehtyjen havaintojen kanssa (Scanlan ym. 2014a; Henry ym. 2011; Sheppard ym. 2006; Farrow ym. 2005).

Tutkimuksia, joissa olisi tutkittu video- ja valostimulusketteryystestien kokonaisaikojen välistä korrelaatiota ei ole tiedossa. Scanlan ym. (2015) vertasivat koripalloilijoiden ketteryysuorituskykyä ihmis- ja valostimuluksella mitattuna tullen siihen tulokseen, että valo- ja ihmisstimulusta käyttävät testit mittaavat osittain eri taitoja, koska vaatimukset havainnoinnille ja päätöksenteolle ovat erilaiset. Tässä tutkimuksessa vastaavat tulokset saatiin valostimulusketteryystestin ja pallollisen ketteryystestin välillä kaikilla ikäryhmillä ja pallottoman testin osalta murrosiän ohittaneilla. Sen sijaan poiketen Scanlan ym. (2015) aikuisilla saaduista tuloksista, valostimulustestin kokonaisaika korreloi pallottoman ketteryystestin kokonaisajan kanssa merkitsevästi esimurrosikäisillä ja murrosikäisillä. Tulosta saattaa selittää se, että kyseisillä ryhmillä pallottoman ketteryystestin kokonaisajan

havaittiin olevan enemmän riippuvainen testin liikeajasta kuin testin päätöksentekoaajasta. Joka tapauksessa eri ketteryystestien välinen vertailu vahvistaa jo aiemmin esitettyä näkemystä, että nuorilla urheilijoilla ketteryysuorituskyky saattaa olla riippuvaisempi fyysisestä ja teknisestä osaamisesta kuin aikuisurheilijoilla, joilla korostuu kognitiivinen osaaminen ketteryysuorituskykyä selittävänä tekijänä.

Välineen hallinnan vaikutusta ketteryystestin tuloksiin on raportoitu niukasti. Chaouachi ym. (2014) ja Chalaali ym. (2016) tutkimuksissa tutkittavat suorittavat ihmisstimulusta hyödyntäneen ketteryystestin keskimäärin 15 % hitaammin kuljettaessa palloa kuin tehdessään testin ilman palloa. Tässä tutkimuksessa pelaajat suorittivat niin ikään pallollisen testin keskimäärin 15 % hitaammin kuin pallottoman, vaikka testeissä käytettiin eri videostimuluksia. Testien väliset yhteydet eri ikäryhmissä olivat korkeintaan kohtalaiset, mikä viittaa pallonhallinnan vaikuttaneen koko liikeketjuun (havainto-päätöksentekomotorinen suoritus). On syytä huomata, että koska testien vaatimukset olivat havainnoinnin ja päätöksenteon kannalta suhteellisen lähellä toisiaan, tulokset korostavat samalla ketteryysuorituskyvyn tilannesidonnaisuutta myös motorisen suorittamisen osalta.

Tutkimuskysymys 5: Viidentenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää, paraneeko tutkimusta varten kehitettyjen ketteryystestien reliabiliteetti sen mukaan mitä vanhemmista tutkittavista on kyse. Tulosten mukaan reliabiliteetti parani iän mukaan. Pallottomassa ketteryystestissä esimurrosikäisten reliabiliteetti havaittiin heikoksi, kun murrosikäisillä ja murrosiän ohittaneilla se oli kohtalainen. Pallollisessa ketteryystestissä esimurrosikäisillä reliabiliteetti oli kohtalainen, kun taas murrosikäisillä ja murrosiän ohittaneilla se oli erinomainen. Aiemmissä, aikuisilla tehdyissä, videostimulustutkimuksissa reliabiliteetti on havaittu hieman tässä tutkimuksessa saatua paremmaksi (Spiteri ym. 2014a; Henry ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2007 ja Farrow ym. 2005) ja nuorilla tehdyssä videostimulustutkimuksessa heikommaksi (Young ym. 2011). Pallollisen ketteryystestin parempi reliabiliteetti suhteessa pallottomaan saattaa selittyä tilanteen ratkaisumahdollisuuksien kaksinkertaistumisella ja välineen (pallon) hallinnan vaikutuksella.

Nämä tekijät vaikeuttavat ja hidastavat suoritusta, jolloin taitoerot yksilöiden välillä korostuvat, vaikka pelaajat olisivatkin taitotasoltaan suhteellisen samankaltaisia.

Ketteryystestien validiteettia arvioidessa olisi voinut olettaa iän vaikuttavan positiivisesti testeistä suoriutumiseen niin kokonaisajan kuin valintojen oikeellisuuden suhteen. Esimurrosikäiset olivat ketteryystesteissä merkitsevästi murrosikäisiä ja murrosiän ohittaneita hitaampia, mutta kahden viimeksi mainitun ryhmän välillä ei kummassakaan testissä ollut merkitsevää eroa. Ryhmien välillä ei myöskään havaittu eroa valintojen oikeellisuudessa kummassakaan testissä. Toisaalta jalkapallon suljetun taidon testeissä on myös havaittu vastaava trendi, jossa tulokset kehittyvät voimakkaasti noin 16-vuotiaaksi asti, jonka jälkeen kehitys hidastuu (Valente Dos-Santos ym. 2012). Ikään perustuvaa validiteetin arviota ei ole muissa ketteryystutkimuksissa tehty, vaan niissä validiteetin arviointi on perustunut eri tasolla pelaavista aikuisurheilijoista koostuvien ryhmien tulosten vertailuun (Henry ym. 2012; Henry ym. 2011; Young ym. 2011; Serpell ym. 2009; Gabbett ym. 2007; Farrow ym. 2005).

Tutkimuksen vahvuudet: Tutkimuksen vahvuuksia olivat sen tuottama uusi tieto liittyen lajispesifiin ketteryysuorituskykyyn jalkapallossa ja kuinka kasvu ja kehitys vaikuttavat lajispesifiin ketteryysuorituskykyyn ja sitä selittäviin voima-nopeusominaisuuksiin. Lisäksi tutkimuksessa huomioitiin kattavasti niitä tekijöitä, jotka Young ym. (2015) esittämän mallin mukaan selittävät ketteryysuorituskykyä: voima, teho, reaktiivisen voimantuotto, lähtönopeus, suunnanmuutosnopeus, visuaalisen etsintästrategia, lajispesifi havainnointi ja päätöksenteko. Tiedossa ei ole aikaisempia tutkimuksia, joissa ketteryysuorituksen aikaista katseen kohdistamista olisi mitattu silmänliikekameran avulla. Kaikki tutkittavat olivat saman seuran pelaajia, joten voidaan olettaa, että heidän harjoitushistoriassaan on painotettu isossa kuvassa samanlaisia asioita. Tutkimusta varten kehitetyt lajispesifit ketteryystestit osoittautuivat toistettavuudeltaan kohtalaiseksi-erinomaisiksi, joka on paremmin kuin nuorilla ennen tehdyssä videostimulustutkimuksessa.

Tutkimuksen rajoitteet: Tutkimuksen otoskoko oli suhteellisen pieni (n=38), erityisesti kun se jakautuu kolmeen eri ikäryhmään. Suurempi tutkittavien lukumäärä lisäisi tutkimuksen vakuuttavuutta, etenkin muuttujien välisiä korrelaatioita tarkasteltaessa. Vaikka kaikki tutkittavat olivat saman seuran pelaajia ja heidän määrällinen harjoitteluhistoriansa samankaltainen, tulee tulosten tulkinnassa ottaa huomioon erot pelaajien suhteellisessa tasossa (edustusjoukkue vs. haastajajoukkue). Teknisistä ongelmista johtuen analyysikelpoista silmänliikedataa saatiin pallottomasta testistä ainoastaan 26 tutkittavalta ja pallollisesta 24 tutkittavalta, joskin vastaavia tai pienempiä ryhmäkokoja käytetään yleisesti teknisesti haastavissa ja työläissä katseenkohdistustutkimuksissa (Krzepota ym. 2016; Cananova ym. 2013; Piras & Vickers 2011; Dicks ym. 2010 ja Nagano ym. 2006). Lisäksi tulee ottaa huomioon, että vaikka videolla simuloitu testitilanne pyrittiin tekemään mahdollisimman pelinomaiseksi, ei se vastaa täysin oikeaa pelitilannetta. Tutkimuksissa on osoitettu, että visuaalinen etsintästrategia on erilainen luonnollisessa ympäristössä ja videosimulaatioissa (Afonso ym. 2014; Dicks ym. 2010). Ketteryystestien päätöksentekoaikaa tarkasteltaessa on syytä huomioida, että siihen kuului aina myös motorinen suoritus (suuntaa muuttava askel, pallokosketus tai syöttö), sillä tutkimusmenetelmillä ei päästy tutkittavan pään sisälle.

Johtopäätökset: Tulosten pohjalta voidaan todeta lajispesifin pallottoman sekä pallollisen ketteryyssuorituskyvyn kehittyvän voimakkaasti esimurrosiästä murrosikään tultaessa, jonka jälkeen kehitys vaikuttaisi hidastuvan, ainakin laboratoriossa mitatussa pelistä eristetyssä 2v1-hyökkäystilanteen simulaatiossa. Tämä on linjassa myös jalkapallon suljettujen lajitaitojen kehittymisen kanssa. Ketteryyssuorituskyvyn kehittyminen oli yhteydessä pääasiassa fyysisten ominaisuuksien kehittymiseen, kun taas yleisten ja lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen havaittiin kehittyvän vähemmän verrattaessa esimurrosikäisten ryhmää murrosiän ohittaneisiin. Katseen kontrollissa havaittiin ikäryhmien välillä enemmän yhtäläisyyksiä kuin eroja. Kuitenkin esimurrosikäisillä havaittiin enemmän katseen siirtymiä verrattuna murrosikäisiin, joka kertoo murrosikäisten tehokkaammasta informaation etsintästrategiasta verrattuna esimurrosikäisiin. Verrattaessa ikäryhmäänsä suhteutettua ketteryyssuorituskykyä havaittiin, että esimurrosikäisillä fyysiset ominaisuudet ovat hieman

vahvemmin yhteydessä ketteryysasuorituskykyyn kuin kognitiiviset tekijät. Sen sijaan murrosiän ohittaneilla kognitiiviset ominaisuudet ovat hieman fyysisiä ominaisuuksia vahvemmin yhteydessä ketteryysasuorituskyvyn. Tutkimusta varten kehitetyt lajispesifit ketteryystestit havaittiin reliabiliteetiltaan kohtalaiseksi-erinomaiseksi ja reliabiliteetin havaittiin olevan heikompi esimurrosikäisillä verrattuna vanhempiin tutkittaviin. Aiheesta tarvitaan lisää tutkimusta tulosten yleistämiseksi sekä tuomaan uusia näkökulmia aiheeseen.

Käytännön sovellukset: Ketteryysharjoittelussa on suositeltavaa käyttää lajispesifiä ja vaihtelevaa stimulusta, johon reagoiden suunnan ja/tai liikenopeuden muutos tulisi suorittaa. Myös motorista suoritusta tulisi vaihdella, pallollisena ja pallottomana, sillä se vaikuttaa oleellisesti ketteryysasuorituskykyyn. Fyysisten ominaisuuksien yhteys ketteryyteen on kohtalainen, ja yhteys vaikuttaisi olevan suurimmillaan ennen murrosiän alkua. Murrosiän fyysiset muutokset kuitenkin tasoittavat tilannetta, jolloin lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen rooli korostuu. Lajispesifiä havainnointi- ja päätöksentekotaidon kehittämisessä, ainakin jalkapallon perustilanteissa, on mahdollista, ja kannatettavaa, kehittää jo nuoresta pitäen, mutta myöskään voima-nopeusominaisuuksien tai pallokontrollin harjoittamista ei pidä unohtaa. Kirjallisuuden perusteella lajispesifien havainnointi- ja päätöksentekotaitojen harjoittelu voi tapahtua sitä tavoitetta varten suunnitelluilla erikoisharjoitteilla, mutta myös pienpelejä tai mahdollisesti muita pallopelejä pelaamalla. Myös ketteryyden testaamisessa tulisi huomioida ketteryyden tilannesidonaisuus, joka näkyy niin havainnoinnissa, päätöksenteossa kuin motorisessa suorituksessaakin. Jos halutaan mitata ketteryysasuorituskykyä lajispesifisti, videostimulus vaikuttaisi ainakin toistettavuudeltaan hyvältä vaihtoehdolta, etenkin vanhemmilla tutkittavilla. Tämän tutkimuksen mukaan myös pallon käyttäminen testissä on mahdollista, eikä se ainakaan heikennä testin toistettavuutta.

LÄHTEET

- Afonso, J., Garganta, J., McRobert, A., Williams, M. & Mesquita, I. 2014. Visual search behaviours and verbal reports during film-based and in situ representative tasks in volleyball. *European Journal of Sport Science* 14 (2), 177-184.
- Barnes, C., Archer, D. T. Hogg, B. & Bradley, P. S. 2014. The evolution of physical and technical performance parameters in the English premier league. *International Journal of Sports Medicine* 35. 1095–1100.
- Benevenuti, C., Minganti, C., Condello, G., Capranica, L. & Tessitore, A. 2010. Agility assessment in female futsal and soccer players. *Medicina* 46 (6). 415-420.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G. & Aukland, T. R. 2001. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sport Exerc.* 2001 33 (7). 1176–81.
- Bishop, D. T., Wright, M. J., Jackson R. C. & Abernethy, B. 2013. Neural bases for anticipation skill in soccer: an fMRI Study. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 35 (1), 98–109.
- Bloomfield, J., Polman, R. & O’Donoghue, P. 2007. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine* 6. 63-70.
- Brady, F. 1995. Sports skill classification, gender and perceptual style. *Perceptual and Motor Skills* 1995, 81, 611-620.
- Cahill, L. 2006. Why Sex Matters for Neuroscience. *Nature reviews. Neuroscience* 7 (6). 477-484.
- Carling, C. 2010. Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences* 28:3. 319-326.
- Casanova, F., Garganta, J., Silva, G., Alves, A., Oliveira, J. & Williams, A. M. 2013. Effects of prolonged intermittent exercise on perceptual-cognitive processes. *Medicine and science in sports and exercise* 45 (8). 1610–1617
- Causser, J. & Ford. P. R. 2014. “Decisions, decisions, decisions’’: transfer and specificity of decision-making skill between sports. *Cogn Process* (2014) 15:385–389

- Chaalali, A., Rouissi, M., Chtara, M., Owen, A., Bragazzi, N. L., Moalla, W., Chaouachi, A., Amri, M. & Chamari, K. 2016. Agility training in young elite soccer players promising results compared to change of direction drills. *Biology of Sport*, Vol. 33 345-351.
- Chaouachi, A., Chtara, M., Hammami, R., Chtara, H., Turki, O. & Castagna, C. 2014. Multidirectional sprints and small-sided games training effect on agility and change of direction abilities in youth soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Publish Ahead of Print DOI: 10.1519/JSC.0000000000000505
- Chelladurai, Y. & Yuhasz, M. S. 1977. The reactive agility test. *Percept Motor Skill* 44. 1319–24.
- Clark, P. 2010. Intermittent high intensity activity in English FA premier league soccer. *International Journal of Performance Analysis of Sport* 10 (2). 139-151.
- Dicks, M., Button, C. & Davids, K. 2010. Examination of gaze behaviors under in situ and video simulation task constraints reveals differences in information pickup for perception and action. *Attention, Perception, & Psychophysics* 72 (3), 706-720.
- Farrow, D., Young, W. & Bruce, L. 2005. The development of a test of reactive agility for netball a new methodology. *J Sci Med Sport* 8. 52-60.
- Fiorilli, G., Mitrotasios, M., Iuliano¹, E., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., & Di Cagno, A. 2016. Agility and change of direction in soccer differences according to the player ages. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2016 May 24.
- Gabbett, T. J. & Benton, D. 2007. Reactive agility of rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12. 212 – 214.
- Gabbett, T. J., Kelly, J. N. & Sheppard, J. M. 2008. Speed, change of direction speed and reactive agility of rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22 (1). 174 – 181.
- Gabbett, T. J., Jenkins, D. G. & Abernethy, B. 2011 Relationship between fitness skill & playing performance in professional rugby league players. *Journal of Sports Sciences* 29 (15). 1655–1664.

- Henry, G., Dawson, B., Lay, B. & Young, W. 2011. Validity of a reactive agility test for Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 6. 534-545.
- Henry, G., Dawson, B., Lay, B. & Young, W. 2012. Effects of a feint on reactive agility performance. *Journal of Sports Sciences*. 1–9.
- Henry, G., Lay, B. & Young, W. 2013. Decision-making accuracy in reactive agility: quantifying the cost of poor decisions. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (11) 3190 – 3196.
- Henry, G., Lay, B. Brendan, S. & Young, W. 2016. Relationships between reactive agility movement time and unilateral vertical, horizontal, and lateral jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (9), 2514–2521.
- Holviaala, J., Häkkinen, A., Alen, M., Sallinen, J. Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2014. Effects of prolonged and maintenance strength training on force production, walking, and balance in aging women and men. *Scand J Med Sci Sports* 24, 224–233
- Keiner, M., Sandler, A. & Wirth, K., Schmidtbleicher, D. 2013. Is There a Difference Between Active and Less Active Children and Adolescents in Jump Performance? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27 (6) 1591–1596.
- Krzepota, J., Stepinski, M. & Zwierko, T. 2016. Gaze control in one versus one defensive situations in soccer players with various levels of expertise. *Perceptual and Motor Skills* 123 (3), 769–783.
- Liu, H., Gomez, M-A., Goncalves, B. & Sampaio, J. 2016. Technical performance and match-to-match variation in elite football teams. *Journal of Sports Sciences* 34:6. 509-518.
- Lockie, R. G., Jeffriess, M. D., McGann, T. S., Callaghan, S. J. & Schultz, A. B. 2014. Planned and reactive agility performance in semi-professional and amateur basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9 766-771.

- Maarseveen, M. J. J., Oudejans, R. R. D., Mann, D. L. & Savelsbergh, G. J. P. 2016. Perceptual-cognitive skill and the in-situ performance of soccer players. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Malina, R. M. 1991. Growth, maturation and physical activity. *Painos 1*. Champaign. IL: Human Kinetics
- Mallo, J., Mena, E., Nevado, F. & Paredes, V. 2015. Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of Human Kinetics* 47. 179-188.
- McGivern, R. F., Andersen, J., Byrd, D., Mutter, L. & Reilly, J. 2002. Cognitive efficiency on a match to sample task decreases at the onset of puberty in children. *50* (1), 73 - 89.
- Mills, K., Baker, D., Pacey, V., Wollin, M. & Drew, M. K. 2016. What is the most accurate and reliable methodological approach for predicting peak height velocity in adolescents? A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 572–577.
- Mohr, M., Krustup, P. & Bangsbo, J. 2003. Match performance of high standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science* 21 (7). 519–28.
- Morland, B., Bottoms, L., Sinclair, J. & Bourne, N. 2013. Can change of direction speed and reactive agility differentiate female hockey players? *International Journal of Performance Analysis in Sport* 13. 510-521.
- Nagano, T., Kato, T. & Fukuda, T. 2006. Visual behaviors of soccer players while kicking with the inside of the foot. *Perceptual and Motor Skills* 102. 147–156.
- Naylor, J. & Greig, M. 2015. A hierarchical model of factors influencing a battery of agility tests. *J Sports Med Phys Fitness*. 1-18.
- North, J. S., Williams, A. M., Hodges, N., Ward P. & Ericsson, K. A. 2009. Perceiving patterns in dynamic action sequences: Investigating the processes underpinning stimulus recognition and anticipation skill. *Applied Cognitive Psychology* 23 (6). 878-894.

- Oliver, J. L. & Meyers, R. W. 2009. Reliability and generality of measures of acceleration planned agility and reactive agility. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 4. 345-354.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. & Di Prampero. P. E. 2009. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 170-178.
- Paul, D. J., Gabbett, T. J. & Nassis. G. P. 2016. Agility in team sports testing, training and factors affecting performance. *Sports Med* 46. 421–442.
- Piras. A. & Vickers. J.N. 2011. The effect of fixation transitions on quiet eye duration and performance in the soccer penalty kick: Instep versus inside kicks. *Cognitive Processing* 12.245–255.
- Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P. & Williams, A. M. 2011. Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time- constrained task. *Cognitive Processing* 12 (3). 301-310.
- Roca, A., Williams, A. M. & Ford, P. R. 2013. Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences* 30 (15). 1643-1652.
- Russell, M., Rees, G. & Kingsley, M. I. C. 2013. Technical demands of soccer match play in the English championship. *Journal of Strength & Conditioning Research* 27. 2869- 2873.
- Sattler, T., Sekulic, D., Spasic, M. P., Krolo, A., Uljevic, O. & Kondric, M. 2015. Analysis of the association between motor and anthropometric variables with change of direction speed and reactive agility performance. *Journal of Human Kinetics* volume 47. 137- 145.
- Scanlan, A. T., Humphries, B., Tucker, P. S. & Dalbo. V. J. 2014a. The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sports Sciences* 4. 367 – 374.

- Scanlan, A. T., Tucker, P. S. & Dalbo, V. J. 2014b. A comparison of linear speed closed-skill agility and open-skill agility qualities between backcourt and frontcourt adult semiprofessional male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (5). 1319-1327.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Kidcaff, A. P., Berkelmans, D. M., Tucker, P. S. & Dalbo, V. J. 2015. Generic and sport-specific reactive agility tests assess different qualities in court-based team sport athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness* 56. 206- 213.
- Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. 2007. *Motor Learning and Performance: A Situation-Based Approach*. Painos 4. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-Gonzalez, J. & Sattler, T. 2016. Evaluation of basketball-specific agility; applicability of pre-planned and non-planned agility. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Publish Ahead of Print
- Serpell, B. G., Ford, M. & Young, W. B. 2009. The development of a new test of agility for rugby league. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (12). 3270 – 3277.
- Serpell, B. G., Young, W. B. & Ford, M. 2011. Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (5). 1240-1248.
- Sheppard, J. M. & Young, W. B. 2006. Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sport Sciences* October 2006.
- Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A. & Newton, R. U. 2006. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport* 9. 342 - 349.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M. & Newton, R.U. 2014a. Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (9). 2415-2423.

- Spiteri, T., Hart, N. H. & Nimphius, S. 2014b. Offensive and defensive agility a sex comparison of lower body kinematics and ground reaction forces. *Journal of Applied Biomechanics* 3. 514-520.
- Stine, C. D., Arterburn, M. R. & Stern, N. S. 1982. Vision and sports: a review of the literature. *Journal of the American Optometric Association* 53 (8)
- Timmis, M. A., Turner, K. & Van Paridon, K. N. 2014. Visual search strategies of soccer players executing a power vs. placement penalty kick. *PLOS ONE* 9(12).
- Trecroci, A., Milanovis, Z., Rossi, A., Broggi, M., Formenti, D. & Alberti, G. 2016. Agility profile in sub elite under 11 soccer players: is SAQ training adequate to improve sprint change of direction speed and reactive agility? *Research in Sports Medicine* 24. 331- 340.
- Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Simoes, F., Figueiredo, A. J., Leite, N., Elferink-Gemser, M. T., Malina, R. M. & Sherar, L. 2012. Modeling developmental changes in functional capacities and soccer-specific skills in male players aged 11-17 years. *Pediatric Exercise Science* 24 (4). 603-621.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L. & Philippaerts, R. M. 2007a. The Effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 29, 147-169
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M. & Philippaerts, R. M. 2007b. Mechanisms underpinning successful decision making in skilled youth soccer players: an analysis of visual search behaviors. *Journal of Motor Behavior* 39 (5). 395-408.
- Veale, J. P., Pearce, A. J. & Carlson, J. S. 2010. Reliability and validity of a reactive agility test for Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 5. 239-248.
- Vickers, J. N. 2007. Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action. *Painos 1*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vänttinen, T., Blomqvist, M., Luhtanen, P & Häkkinen, K. 2010. Effects of age and soccer expertise on general tests of perceptual and motor performance among adolescent soccer players. *Perceptual and Motor Skills* 11. 3. 675-692.

- Vänttinen, T., Blomqvist, M. & Häkkinen, K. 2013. Dribbling and passing skill development of male and female soccer players aged 9 to 17 years in Finland.
- Ward, P. & Williams, A. M. 2003. Perceptual and cognitive skill development in soccer: the multidimensional nature of expert performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 25. 93-111.
- 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. 2000. Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sport Sciences* 18. 737-750.
- Wheeler, K. W. & Sayers, M. G. L. 2010. Modification of agility running technique in reaction to a defender in rugby union. *J Sports Sci Med.* 9 (3). 445–51.
- Young, W. B. & Willey, B. 2009. Analysis of a reactive agility field test. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13. 376-378
- Young, W. B., Farrow, D., Pyne, D., McGregor, W. & Handke, T. 2011. Validity and reliability of agility tests in junior Australian football players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (12) 3399-2403.
- Young, W. B. & Rogers, N. 2014. Effects of small-sided game and change-of direction training on reactive agility and change of-direction speed. *Journal of Sports Sciences* 32. 307 – 314.
- Young, W. B., Miller, I. & Talpey, S. 2014. Physical qualities predict change-of-direction speed but not defensive agility in Australian rules football. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (1). 206 -212.
- Young, W. B., Dawson, B. & Henry, G. J. 2015. Agility and change-of-direction speed are individual skills: implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching* 10 (1).
- Young, W. B. & Murray, M. P. 2016. Reliability of a Field Test of Defending and Attacking Agility in Australian Football and Relationships to Reactive Strength. In Press for the *Journal of Strength and Conditioning Research*.

LIITE1

HARJOITUSTAUSTAKYSELY

VASTAA KYSYMYKSIIN NIIN HUOLELLISESTI JA TARKASTI KUIN MAHDOLLISTA

1. Minkä ikäisenä aloitit jalkapallon pelaamisen
 - a) Omatoimisesti?
 - b) Ohjatusti joukkueessa
2. Kuinka monena kuukautena vuodesta harjoittelet jalkapalloa?
3. Mitä muita urheilulajeja ja kuinka kauan olet harrastanut?
 - a) Omatoimisesti?
 - b) Ohjatusti?
4. Minkä ikäisenä valitsit jalkapallon päälahjaksesi, jos valinta on tehty?
5. Millä pelipaikalla pelaat, jos olet erikoistunut tietylle pelipaikalle, ja kuinka monta vuotta olet tällä pelipaikalla pelannut?
6. Onko sinua valittu mukaan kyky/ talentti/ piiri-/ alue- tai maajoukkue toimintaan? Jos on, niin mihin toimintaan ja minkä ikäisenä?
7. Täytä alla olevaan taulukkoon **arvio**, kuinka monta **tuntia viikossa olet keskimäärin** osallistunut ohjattuihin jalkapalloharjoituksiin, harjoitellut/ pelannut jalkapalloa omatoimisesti ja harrastanut muita urheilulajeja **eri ikävaiheissa**, sekä arvio pelattujen jalkapallo-ottelujen lukumäärästä yhden kauden aikana eri ikävaiheissa.

Ikävaihe	Keskimäärin ohjattua jalkapalloharjoittelua tuntia/ viikko	Keskimäärin omatoimista jalkapalloharjoittelua/ pelaamista tuntia/ viikko	Keskimäärin jalkapallo-otteluiden lukumäärä yhden kauden aikana	Keskimäärin muiden urheilulajien harjoittelua ja pelaamista (ohjattu+omatoiminen) tuntia/ viikko
5-7 - vuotiaana				
8-10 - vuotiaana				
11-13 - vuotiaana				
14-16 vuotiaana				