

**PELAAJIEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS JALKAPALLOPELIN
KORKEATEHOISIIN JUOKSUSUIHIN JA MUIHIN PELIANALYYSISSÄ
HAVAITTUIHIN TEKIJÖIHIN**

Antti Perälä

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2020

Työn ohjaajat: Taija Juutinen, Jussi Peltonen

TIIVISTELMÄ

Perälä, A. 2020. Pelaajien fyysisen suorituskyvyn yhteys jalkapallon korkeatehoisiin juoksuihin ja muihin pelianalyysissä havaittuihin tekijöihin. Liikuntabiologia, Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 106 s., 2 liitettä.

Pelianalyysit ovat olleet jalkapallon yksi keskeisimmistä tutkimusaiheista viime aikoina. Peli on nopeutunut yhä entisestään ja työn ja palautumisen suhde on muuttunut. Nykyinen trendi osoittaa yhä lyhyempien ja intensiivisempien pelijaksojen suosimista, joten yhdeksi suosituksi tutkimusaiheeksi on noussut korkeatehoiset juoksut pelin aikana. Korkeatehoisten juoksujen määrä on lisääntynyt fyysisen kehityksen takia. Kuitenkaan fyysisen suorituskyvyn ja korkeatehoisten juoksujen välistä yhteyttä jalkapallossa ei ole Suomessa juurikaan tutkittu. Niin ikään pelipaikkojen välillä on havaittu eroja fyysisessä rasituksessa ja ominaisuuksissa. Tulokset tarjoaisivat tietoa pelipaikkaryhmien ominaisuuksista, eroista ja vaatimuksista, jotta pelaajia voitaisiin kehittää entistä paremmiksi.

Tämä tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston, Polar Electro Oy:n ja Suomen Palloliiton Keski-Suomen piiri ry:n tutkimusyhteistyötä. Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää pelaajien fyysisen suorituskyvyn yhteyttä jalkapallon korkeatehoisiin juoksuihin ja muihin pelianalyysissä havaittuihin tekijöihin. Tutkimuskysymyksiä olivat: korreloiko edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin tulos peleissä mitattujen korkeatehoisten juoksusuoritusten kanssa ja onko nopeudella ja teholla yhteys korkeatehoisiin juoksuihin. Lisäksi selvitettiin, onko ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä eroja, sekä havaintaako pelipaikkaryhmien välillä eroavaisuutta kenttätesteissä ja pelianalyysissä.

Tutkimusta varten rekrytoitiin yksi joukkueellinen aktiivisia jalkapalloilijoita Suomen neljänneksi korkeimmalta sarjatasolta. Tutkittavien fyysistä suorituskykyä mitattiin 30 metrin juoksutestissä, vertikaalihyppytestissä, edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoisessa palautumistestissä ja seitsemässä jalkapallopelissä.

Tulokset osoittivat, että edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti ei ole yhteydessä pelin aikana suoritettuihin korkeatehoisiin juoksuihin, joten kyseinen testi ei sovellu arvioimaan pelaajien kykyä toistaa korkeatehoisia juoksuja pelissä. Niin ikään 30 metrin juoksutestin mitatut nopeuden ja tehon arvot eivät ole yhteydessä korkeatehoisiin juoksusuorituksiin pelissä. Korkeatehoiset juoksut ja liikuttu kokonaismatka olivat pienempiä toisella puoliajalla, mikä viittaa pelin loppua kohti kasvavaan väsymykseen ja/tai alitajuiseen tai tietoiseen valintaan säädellä liikkumista pelin aikana. Vain 30 metrin juoksutestissä havaittiin pelipaikkaryhmien välisiä eroja kenttätesteistä. Yleisesti ottaen hyökkääjät olivat lähes poikkeuksetta parhaimpia niin kenttätesteissä kuin pelianalyysin mitatuissa muuttujissa, mikä saattaa johtua siitä, että hyökkääjät usein osallistuvat ratkaiseviin palloihin hyökkäyspäässä ja ovat usein joukkueen nopeimpia, koska nopeudella voidaan luoda etua vastustajaa nähden. Lisäksi joukkueen käyttämä muodostelma on saattanut vaikuttaa hyökkääjien korkeatehoisten juoksujen määrään. Sitä vastoin puolustajat suoriutuivat keskimäärin heikoiten ja pelipaikan sisäiset erot olivat heidän joukossaan suurimpia, mikä voi johtua heidän taktisesta roolistansa. Sen sijaan keskikenttäpelaajat liikkuivat kokonaisuudessaan eniten ja pelipaikkaryhmän sisäinen eroavaisuus pelaajien välillä oli pienin. Kaiken kaikkiaan tämän tutkielman tulokset osoittavat, kuinka paljon pelaajat liikkuivat Suomen neljänneksi korkeimman sarjatason peleissä ja mitkä testitulokset olivat yhteydessä pelimuuttujiin.

Asiasanat: Jalkapallo, korkeatehoiset juoksut, fyysinen suorituskyky, pelianalyysi, kenttätestit

ABSTRACT

Perälä, A. 2020. Relationship between players' physical performance to high-performance running of a football game and other factors observed in the game analysis, *Biology of Physical Activity*, Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 106 pp., 2 appendices.

Game analysis has been one of the most important research topics in football lately. The game has accelerated even further and the relationship between work and recovery has changed. The current trend shows a preference for shorter and more intense game periods, so one of the most popular research topics has become high-intensity runs during the game. Amount of high-intensity running has increased due to physical improvement. However, the relationship between physical performance and high-intensity running in football has hardly been studied at all in Finland. Similarly, differences in physical strain and characteristics have been observed between playing positions. The results would provide information on the characteristics, differences, and requirements of playing positions in order to develop players even better.

The research is part of the research collaboration between the University of Jyväskylä, Polar Electro Oy and the Finnish Football Association's Central Finland District. The aim of this master's thesis was to discover the connection of players' physical performance to the high-intensity runs of a football game and other factors observed in game analysis. Research questions were: do the Yo-Yo interval recovery test result for more advanced athletes correlates with high-intensity running performance measured in games, are speed and power related to high-performance running, whether there are differences between the first and second halves in the game, and whether there are differences in field tests and game analysis.

For the study, one team of active football players was recruited from the fourth level in the league system of Finnish football. Subjects' physical performance was measured in a 30 meter running test, a vertical jump test, the Yo-Yo interval recovery test for advanced athletes, and in seven football games.

The results showed that the Yo-Yo interval recovery test for advanced athletes is not associated with high-intensity runs performed during the game, which implies that the test is not suitable for assessing players' ability to repeat high-intensity runs in the game. Likewise, the measured speed and power values in the 30 meter running test are not related to the high-intensity running performances in the game. High-intensity runs and total distance covered were lower in the second half, suggesting increasing fatigue towards the end of the game and or a subconscious or conscious choice to control movement during the game. Only in the 30 meter running test, differences between the field tests were observed between the playing positions. In general, attackers were almost invariably the best in both field tests and measured variables in game analysis, which may be due to the fact that attackers often participate in crucial balls at the attacking zone and are often the team's fastest players, as speed can create an advantage over an opponent. In addition, the formation used by the team may have affected how much high-intensity runs are covered by the attackers. In contrast, the defenders performed the weakest on average and the internal differences within the playing position were the largest in their group, which may be due to their tactical role. In contrast, midfielders covered the most distance and the intra-group difference between players was the smallest. All in all, the results of this research show how much the players moved in Finland's fourth highest level games and which test results were related to the game variables.

Key words: Football, high-intensity runs, physical performance, game analysis, field tests

KÄYTETYT LYHENTEET

1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi
ADP	adenosine diphosphate, adenosiinidifosfaatti
ATP	adenosine triphosphate, adensiinitrifosfaatti
Drf	decrease in the ratio of force, voimasuhteen alentuma
FIFA	Fédération Internationale de Football Association, Kansainvälinen jalkapalloliitto
FV profile	force-velocity profile, voima-nopeus -profiili
F0	maximal horizontal force, horisontaalinen maksimivoima
GPS	Global Positioning System, Yhdysvaltain puolustusministeriön ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
MAS	maximum aerobic speed, maksimi aerobinen nopeus
PCr	phosphocreatine, fosfokreatiini
Pmax	maximal horizontal power, horisontaalinen maksimiteho
Rfmax	maximal ratio of force, maksimi voimasuhde
URE	user range error, keskimääräinen käyttäjän virhe
VO ₂ max	the maximum rate of oxygen consumption, maksimaalinen hapenottoikyky
V0	theoretical maximal velocity, teoreettinen maksiminopeus
YYIR1	yo-yo intermittent recovery test level 1, yo-yo intervallimuotoinen palautumistesti taso 1
YYIR2	yo-yo intermittent recovery test level 2, yo-yo intervallimuotoinen palautumistesti taso 2

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 JALKAPALLO LAJINA.....	4
2.1.1 Nykyinen kehityssuunta ja moderni jalkapallo	6
2.1.2 Pelaajan fyysiset vaatimukset.....	10
2.1.3 Pelin fysiologinen kuormittavuus.....	22
2.1.4 Sarjatasojen ja pelipaikkojen erot.....	25
2.1.5 Korkeatehoiset juoksut	29
2.1.6 Pelin intensiteetin vaihtelu	32
3 FYYSINEN SUORITUSKYKY JA SEN TESTAUS.....	35
3.1.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti	35
3.1.2 30 metrin juoksutesti	39
3.1.3 Vertikaalihyppy	42
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	46
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	49
5.1 Koehenkilöt ja rekrytointi.....	49
5.2 Tutkimusasetelma.....	50
5.3 Testit ja laitteisto	51
5.3.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti	52
5.3.2 30 metrin juoksutesti	53
5.3.3 Vertikaalihyppytesti	55
5.3.4 Pelianalyysi.....	56
5.3.5 Laitteisto	58
5.4 Mittausdatan käsittely ja tilastolliset menetelmät.....	60

6 TULOKSET	65
6.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti	65
6.2 30 metrin juoksutesti	67
6.3 Vertikaalihyppytesti	69
6.4 Pelianalyysi.....	70
7 POHDINTA.....	78
7.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti	78
7.2 30 metrin juoksutesti	80
7.3 Vertikaalihyppytesti	82
7.4 Pelianalyysi.....	83
7.5 Tulosten käytettävyys ja luotettavuus	89
7.6 Jatkotutkimusehdotukset	92
7.7 Johtopäätökset	93
LÄHTEET	95
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Jalkapallo on ajoittaisen toiminnan urheilulaji, koska pelitilanne muuttuu koko ajan. Se eroaa monista muista kestävyyttä vaativista lajeista sillä, että pelaajan suoritus riippuu osittain kyvystä toistaa korkeatehoisia juoksusuorituksia (Tomlin & Wenger 2001; FIFA s.a, 126). Krustруп ym. (2005) mukaan korkeatehoiset juoksut ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä hyvän ja huonon fyysisen ottelusuorituksen välillä ja niiden on havaittu liittyvän läheisesti harjoittelun tilaan (Krustруп ym. 2003). Lisäksi Bangsbon (2014) mukaan korkeatehoiset juoksut ovat erottelava tekijä harrastajan ja huipputasen välillä. Niin ikään korkeatehoisia juoksuja ja sprinttien määrää on käytetty yhtenä kriteerinä pelitason määrittämisessä (Di Salvo ym. 2009). Toisaalta Bradley ym. (2013) eivät havainneet Englannin kolmen ylimmän sarjatasen välillä vastaavaa eroa korkeatehoisissa juoksuissa ja niin ikään Hoppe ym. (2015) eivät havainneet korkeatehoisten juoksusuoritusten olevan olennainen tekijä menestyksen kannalta. Täten on kohtuullista sanoa, että aihealue vaatii lisää tutkimusta.

Jalkapallo pelinä on nopeutunut yhä entisestään ja työn ja palautumisen suhde on muuttunut. Tämänhetkinen trendi osoittaa lyhyempiä ja korkean intensiteetin pelijaksojen suosimista. Näin ollen nykyinen pelityyli suosii yhä nopeampia pelaajia, koska nopeudella voidaan luoda myös etua vastustajaan nähden. (Wallace & Norton 2014; Mohr ym. 2003.) Yleisesti ottaen aktiivisuutta pyritään pitämään yllä mahdollisimman korkealla tasolla pelin loppuun asti. Täten jalkapallossa, intervalliluonteisessa lajissa, korostuu maksimaalinen tehontuottokyky, aerobinen energiantuottokyky ja palautumisnopeus sekä laktaatin poistokyky. (FIFA s.a, 130; Nummela 2018, 35–36.)

Erityisesti korkeatehoiset juoksut ovat lisääntyneet fyysisen kehityksen takia ja hyvä aerobinen kunto auttaa todennäköisesti palautumaan nopeasti korkeatehoisten suoritusten välillä (Tomlin & Wenger 2001; FIFA s.a, 126, 130). Korkeatehoisten juoksujen on havaittu korreloivan Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin suoritusta (Stølen ym. 2005; Krustруп ym. 2003; Krustруп ym. 2006a; Bangsbo ym. 2008), joten vaikuttaa, että korkeatehoiset juoksut liittyvät jalkapallossa tarvittavaan kestävyysuorituskykyyn (Krustруп ym. 2003). Lisäksi

korkeatehoisten juoksujen ja pelin lopputuloksen välillä on havaittu yhteys Saksan jalkapallon pääsarjassa (Andrzejewski ym. 2018). Silti fyysisen suorituskyvyn ja korkeatehoisten juoksujen välistä yhteyttä jalkapallossa ei ole Suomessa juurikaan tutkittu. Tuloksille olisi varmasti kysyntää, jotta suomalaisten pelaajien fyysistä suorituskykyä osattaisiin kehittää entistä paremmaksi.

Pelianalyysit ovat paljastaneet, että fyysinen rasitus vaihtelee suuresti pelaajien ja pelipaikkojen välillä (FIFA s.a, 126). Pelipaikkaryhmien välillä on havaittu eroja muun muassa kuljetussa kokonaismatkassa, korkeatehoisissa juoksuissa ja nopeudessa (Andrzejewski ym. 2018; Thomas & Reilly 1979; Reilly, 2000; Mallo ym. 2009; Rienzi ym. 2000; Haugen, Breitschädel & Seiler 2020). Lisäksi pelinopeus on kasvanut huipputasolla, joka on lisännyt korkeatehoisten juoksujen määrää (Wallace & Norton 2014). Myös vertikaalihyppy- ja juoksutestissä on havaittu eroja pelipaikkaryhmien välillä (Wisløff ym. 1998; Adhikari & Kumar Das 1993; Deprez ym. 2015). Tästä syystä on loogista tutkia eri pelipaikkaryhmän jalkapalloilijoiden kykyä toistaa korkeatehoisia suorituksia. Tulosten avulla voidaan tiedostaa pelipaikalle tyypilliset vaatimukset ja täten optimoida harjoittelua paremmin suhteessa pelipaikkaan.

Teho ja nopeus ovat tärkeitä, jopa ratkaisevia ominaisuuksia pelaajalla (FIFA s.a, 126). Tutkimukset ovat tuoneet uutta tietoa voima-nopeus ja teho-nopeus -profiilien arvioimiseen räjähtävissä suorituksissa. Yksi urheilijan fyysisen suorituskyvyn päätekijä urheilussa on lihasten kyky tuottaa mahdollisimman suuri hetkellinen teho, esimerkiksi hyppy- tai sprinttikiihdytyksen aikana. (Cronin & Sleivert 2005; Cronin & Hansen 2005; Morin & Samozino 2016.) Neuromuskulaarinen suorituskyky on perustavanlaatuinen ominaisuus jalkapallossa, ja yleensä hyvät pelaajat erottuvat joukostaan keskiarvoa teknillisesti taitavampia ja nopeampia (FIFA s.a, 149). Morinin & Samozinin 2017 laskentataulukon avulla saadaan tietoa sprinttisuorituksesta kenttäolosuhteissa, mikä mahdollistaa yksilöllisen ja tarkan arvioinnin sekä harjoittelun vaikutusten seurannan.

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää pelaajien fyysisen suorituskyvyn yhteyttä jalkapallopelin korkeatehoisiin juoksuihin ja muihin pelianalyysissä havaittuihin tekijöihin.

Tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston, Polar Electro Oy:n ja Suomen Palloliiton Keski-Suomen piiri ry:n tutkimusyhteistyötä.

2 JALKAPALLO LAJINA

Jalkapallo pelinä on muuttunut entistä nopeammaksi ja intensiteettisemmäksi viime vuosikymmenien aikana. Pelipaikkojen ja –taktiikoiden muutos on ollut mahdollista havaita kentällä. Aikaisemmin kokoonpanossa pelaajien roolit ja liikkumisvapaudet kentällä olivat melko jäykkiä verrattuna nykyiseen moderniin jalkapalloon. Etenkin maalivahdin rooli nykypäivän jalkapallossa on muuttunut. Nykyinen konsepti vaatii pelaajilta enemmän monipuolisuutta ja mukautuvuutta kykyihin vastaamaan tämän päivän pelin vaatimuksia. Esimerkiksi laitapuolustajien tarve ei ole enää pelkästään puolustaa, vaan luoda hyökkäyspään enemmän tilanteita muun muassa pitkillä voimakkailla juoksuilla, hyvillä kuljetuksilla ja keskityksillä. Nykyaikaisessa jalkapallossa laitapuolustajilta vaaditaan vastaavia kykyjä kuten laitahyökkääjiltä. (Tumilty 1993.) Toisin sanoen pelipaikkojen roolit ovat hieman sekoittuneet ja pelaajilta vaaditaan yhä enemmän taitoa mukautua eri rooleihin.

Jalkapallo on maailman suosituin palloilulaji katsoja- ja harrastajamäärällisesti mitattuna. Jalkapallon juuret yltävät aina 1800-luvulle ja sen synnyinmaana pidetään Isoa-Britanniaa. Suomeen jalkapallo rantautui merimiesten kautta 1800-luvun lopulla. Suurta harrastajamäärää selittää vähäiset välineet ja pelin yksinkertaiset säännöt. Harrastetuimmaksi ja kilpailluimmaksi lajiksi jalkapallo nousi 1970–1980-luvuilla, johon vaikutti paljon lajin kasvu Aasiassa ja Afrikassa. Lisäksi lajin kulttuurinen ja jopa poliittinen merkitys on omaa luokkaansa, verrattaessa sitä toisiin urheilulajeihin. (Weil ym. 2019; Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 11–21.) Ilkka Niiniluotoa siteeraten: “Miljardit pelaajat, harrastajat, kannattajat ja katsojat eivät voi olla väärässä; jalkapallo on urheilun kuninkuuslaji” (Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 15.) Lause kiteyttää hyvin jalkapallon merkityksen maailmassa.

Jalkapallo on vanha laji ja se on muuttunut paljon 1800-luvun puolivälin kehityskaudelta nykypäivään, vaikka samoja piirteitä on edelleen havaittavissa. Kuitenkin muun muassa säännöt, pelin käytännöt ja pelikenttien merkinnät sekä pelaajien ja tuomareiden velvollisuudet eivät ole paljoa muuttuneet, unohtamatta rajaheittoja sekä vapaa-, maali- ja kulmapotkuja, jotka olivat jo tuolloin vakiintuneet. Peli oli siis historian alkutaipaleella pitkälti modernin jalkapallon kaltainen. (Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 11.)

Jalkapallo on joukkuelaji, jota pelataan kahdella joukkueella, joissa kummassakin on 11 pelaajaa. Joukkueiden tarkoitus on saada jalkapallo vastustajan maaliin voittaakseen pelin. Jalkapallossa saa käyttää kaikkia muita ruumiinosia, paitsi käsiä pelatakseen palloa. Vain maalivahti saa käyttää käsiä torjumiseen rangaistusalueen sisällä. Pelin voittaa joukkue, joka tekee enemmän maaleja. (Weil ym. 2019.)

Jalkapallokenttä on kooltaan 90–120 m pitkä ja 45–90 m leveä. Kansainvälisellä tasolla kentän koko on tarkemmin säädelty, mutta esimerkiksi lapsille kentän koko voidaan säätää pienemmäksi. Pelissä toimii yksi päätuomari, joka kontrolloi peliä, sekä kaksi linjatuomaria, joiden pääasiallisena tehtävänä on seurata paitsioita ja missä kohtaan ja kenestä pallo menee yli rajojen. Linjatuomarit toimivat päätuomarin avustajina. (Weil ym. 2019.)

Jalkapallossa pelataan kaksi 45 minuutin puoliaikaa, jonka välissä on 15 minuutin puoliaika. Ammattilaispeleissä toimii myös 4. avustava erotuomari, joka ilmaisee muun muassa lisäaikojen pituudet kenttätapahtumien perusteella, kuten pelin keskeytyminen loukkaantumisen takia. Jos peli päättyy varsinaisella peliajalla tasan, voidaan pelata jatkoerää, voittajan selvittämiseksi. Kahden jatkoerän jälkeen seuraa rangaistuspotkut, jos tilanne on vielä tasan. (Weil ym. 2019.)

Yleisimmin käytetyt taktiikat FIFA:n (Fédération Internationale de Football Association) nuorisojalkapalloa koskevan ohjekirjan mukaan ovat 4-4-2 (4 puolustajaa, 4 keskikenttäpelaaja & 2 hyökkääjää) ja 4-2-3-1 (4 puolustajaa, 2 puolustavaa keskikenttäpelaajaa, 3 hyökkävää keskikenttäpelaajaa & 1 hyökkääjä), joista 4-4-2 muodostelmaa pidetään suosittuna perinteisenä muodostelmana. Esimerkiksi juuri edellä mainitut muodostelmat olivat kaikista suosituimpia U17 (alle 17-vuotiaiden) maailmanmestaruuskisoissa. Neljän keskikenttäpelaajan formaatioissa pelaajat voivat ryhmittyä eri muodoissa kentälle, kuten timantin muotoisena tai tasaisessa linjassa, jolloin kaksi heistä voi pelata laidoilla ja kaksi keskellä. Tyypillisessä 4-3-3 ryhmittäessä yksi keskikenttäpelaaja pelaa puolustavassa roolissa neljän puolustajan edessä. Pallonhallinnan menetyksessä laitahyökkääjät tippuvat alemmas ja liittyvät kolmen keskikentän pelaajan joukkoon. Näin tämä joukko muodostaa tehokkaan puolustuksenryhmittäksen, jonka tehtävänä on estää vastustajan hyökkäyksen rakentaminen.

(FIFA s.a, 12, 16–17.) Nämä ovat vain murto-osa käytetyistä muodostelmista, ja yleisesti muodostelma muuttuu pelitilanteen mukaan. Kuitenkin parhaat joukkueet erottuvat edukseen pysymällä lojaalina alkuperäiselle perustaktiikalle, mutta muokkaavat omaa järjestelmää pelistä toiseen vastustajan ja tilanteen mukaan. Kuvioita voi olla harjoituksissa hiottu, mutta kentällä niiden soveltaminen ja toteuttaminen vaatii yhtenäistä sanatonta dialogiaa. (Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 23.)

Pelin lopputulokseen vaikuttaa monet muut asiat taktiikan lisäksi. Harjoitellut asiat, pelaajien sijoittuminen kentällä ja joukkueen yhtenäinen kyky pelata koordinoitusti, unohtamatta psyykkistä kykyä, ovat asioita, jotka voivat vaikuttaa huomattavasti lopputulokseen. Pelin kulku ei ole ennalta määrätty, vaan jokainen peli on oma kokonaisuus. Usein puhutaan peliälykkyydestä, jolla tarkoitetaan taitavaa ymmärrystä strategioista, joka sopii juuri kyseiselle joukkueelle pelitilanteen mukaan. (FIFA s.a, 78.) Valmentajalla ja hänen tukihenkilöillensä on tässä asiassa merkittävä vastuu, koska jalkapallo ei ole vain taitoa, voimaa ja kestävyyttä. Strategioiden toteutus vaatii pelaajilta pallosilmää ja peliälyä. Tällä tarkoitetaan, että pelaaja ymmärtää muiden pelaajien aseman kentällä, pallon liikkumisen ja pelaajien liikkeillä avautuvat tilat. Toisin sanoen pelaajilta vaaditaan hyvää pelinlukutaitoa. (FIFA s.a, 78; Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 22.)

2.1.1 Nykyinen kehityssuunta ja moderni jalkapallo

FIFA:n tekemän suuren laskennan mukaan vuonna 2006 jalkapallon pelaajia oli maailmassa yhteensä 265 miljoonaa sekä tämän lisäksi 5 miljoonaa tuomaria ja toimitsijaa. Yhteensä heitä on siis 270 miljoonaa, jotka ovat aktiivisesti yhteydessä jalkapalloon, mikä tarkoittaa 4 % maapallon väestömäärästä. Pelaajista 90 % on miehiä ja loput 10 % naisia, mutta erityisesti pelaavien naisten lukumäärä on kasvanut 2000-luvulla todella paljon. Naisamatööripelaaajien määrä on kasvanut 138 %, kun vastaavasti miesten määrä on kasvanut vain 16 %. Nämä luvut osoittavat, että kasvu ei ole hyytymässä, vaan se jatkaa kasvua myös tulevaisuudessa. (Kunz 2007.)

Urheiluseurojen määrässä ei juurikaan tapahtunut muutosta 2000 ja 2006 vuosien laskentojen välillä, mutta joukkueiden määrä oli kasvanut noin 12 %. Toisin sanoen, kun ennen seuralla oli keskimäärin viisi joukkuetta, niin nyt niitä on seitsemän. Nykyisin myös noin 9 %:lla urheiluseuroista on vähintään yksi naisten joukkue. Jalkapallolla on suuri merkitys Euroopassa ja Amerikassa, mutta etenkin Aasiassa ja Oseaniassa on vielä paljon kasvunvaraa. (Kunz 2007.)

Suomessa jalkapallon kasvu lähivuosina ja vuosikymmeninä on ollut varsin maltillista Suomen Palloliiton 2017 vuosikertomuksen mukaan. Vuonna 2017 rekisteröityneitä pelaajia oli 140 104 ja Palloliiton asettamana tavoitteena on, että vuonna 2020 pelaajien lukumäärä on 159 169. Suomessa oli vielä 1980-luvulla 70 000 pelaajaa, joka oli edellisen vuosikymmenen aikana kaksinkertaistunut. Suomessa rekisteröityneiden pelaajien määrät ovat selvästi muita Pohjoismaita pienempiä. Esimerkiksi Ruotsissa vuonna 2018 laskettiin olevan 355 411 yli 15-vuotiasta rekisteröitynyttä pelaajaa. Jalkapallon kasvua Suomessa aikoinaan hidasti merkittävän urheiluorganisaattorin eli suojeluskuntalaitoksen suuntautuminen vahvasti pesäpalloluun maailmansotien välisenä aikana. Jalkapallon elintilaa söi etenkin suojeluskunnan järjestelmällinen maanpuolustuslajin levittäminen maaseuduille. Sen ajan väestörakenteessa suurin osa väestöstä asui maaseudulla, jossa jalkapallolla ei ollut suurta jalansijaa. Tämä vaikutti siihen, että jalkapallo ei noussut Suomessa valtalajiksi, kuten muualla maailmassa siihen aikaan. Osasyinä pieneen suosioon on mahdollisesti vaikuttanut Suomen pitäytyminen pitkään olympialiikkeen korostamassa amatööripohjassa sekä pohjoisen pitkä talvikausi, joka ei ole otollisin jalkapallon pelaamiseen. (Suomen Palloliitto 2017, 6–7; The Swedish FA 2018; Itkonen, Nevala & Heikkinen 2007, 14; 18.)

Jalkapallo kehittyy lajina koko ajan. Pelaajien, valmentajien ja koko organisaation täytyy osata mukautua uusiin kehityssuuntiin pysyäkseen alan huipulla. Lisäksi tieteellinen tutkimus ja analyysi ovat ottaneet yhä suuremman jalansijan jalkapallossa. Kehitys vaikuttaa myös jalkapallon menestymisen avaintekijöihin, joita ovat muun muassa joukkueen kyky toimia älykkäästi ja joustavasti pelitilanteen mukaan, positiivinen aggressiivisuus sekä pelaajien tekniset ominaisuudet. Hyvän joukkueen tunnusmerkkejä ovat yleensä pelin sisäinen älykkyys ja joustavuus, jotka näkyvät siinä, että joukkue pystyy mukautumaan vastustajan mukaan ja voittamaan pelin. Tärkeää on osata myös reagoida pelin sisällä, kun sille on tarvetta. (FIFA s.a, 10;16.)

Modernissa jalkapallossa pelaajilta vaaditaan kykyä pelata perusmuodostelmassa sekä luovuutta ja monipuolisuutta. Nykyisin pelaajilta vaaditaan taitoa pelata molempiin suuntiin eli sekä hyökkäys- että puolustuspäähän. Esimerkiksi hyökkääjät yrittävät katkaista prässämällä vastustajan hyökkäyksen, kun taas puolustajat monesti liittyvät hyökkäyksiin mukaan ja pyrkivät luomaan tilanteita hyökkäyspäässä. Maalit, loukkaantumiset ja vastustajan vahva dominointi voivat huomattavasti vaikuttaa pelitilanteeseen. Näihin joukkueen on osattava reagoida oikein pärjätäkseen. Valmentaja voi muun muassa tehdä vaihdoin vaihtakseen taktiikkaa tai poistaa loukkaantuneen tai uupuneen pelaajan kentältä. Uutta näkökulmaa taktiikoihin on tuonut videoanalyysi, johon paneudutaan nykyisin paljon tehokkuuden takia. (FIFA s.a, 78.)

Lähes kaikki urheilulajit, kuten myös jalkapallo, kehittyvät ajan myötä. Uusia sääntöjä tulee lisää tai jo olemassa olevia sääntöjä muokataan. Pelitaktikat muuttuvat, ammattilaisuus lisääntyy ja uutta tekniikkaa hyödynnetään koko ajan enemmän. Muutoksia on havaittu myös harjoittelussa, ja jalkapallo globaalina ilmiönä saa vaikutteita kaikkialta maailmaa. Myös ruumiinrakenne on alkanut entistä enemmän vaikuttaa pelaajavalintaan. Useissa lajeissa urheilijat ovat yhä pidempiä ja suurempia, koska koko on monissa lajeissa etuna. Kuitenkaan tämä ei ole ainoa valintakriteeri, vaan edelleen painotetaan lajin ominaisia motorisia taitoja. (Norton & Olds 2001; Wallace & Norton 2014.)

Wallacen ja Nortonin (2014) tutkimuksessa analysoitiin jalkapallon maailmanmestaruuskisojen finaalipelejä 1966–2010 välisenä aikana. Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää pelin eri komponentteja, kuten pallon nopeus, pelaajien tiheys kentällä, taukojen ja aktiivisen peliajan pituudet sekä syöttöjen määrä huipputasolla. Tuloksena huomattiin, että lähes jokainen mainittu muuttuja on huomattavasti muuttunut ajan myötä. Pelaajien tiheys mitataan pelaajien määrällä pallosta katsottuna 5 m:n säteellä. Korkea tiheys on usein strateginen valinta, jota käytetään lisäämään puolustuspainetta pallon hallitsijalle, kun taas alhainen tiheys hyökkäyksessä edesauttaa päätöksen tekemistä, kun tilaa on enemmän sekä pallonhallinta omalla joukkueella. Tila katsotaan eduksi myös maalintekotilanteissa. Esimerkiksi hyökkääjän ja puolustajan välinen etäisyys on tärkeä yksityiskohta. Maalintekoa varten hyökkäyspäässä pelaajat pyrkivät luomaan tilaa itselleen tai oman joukkueen jäsenelle, koska mitä vähemmän pelaajia on lähellä, sitä enemmän se luo tilaa ja täten aikaa luoda maalipaikka. Esimerkiksi maalinteon

todennäköisyys on kaksinkertainen, jos pallon potkaisijan ympärillä on vähintään yli metri tilaa. Tämä voidaan ajatella myös päinvastoin niin, että puolustavan joukkueen pelaajat pyrkivät ottamaan hyökkäävän joukkueen pelaajalta tilan ja ajan pois. Pitkän aikavälin kasvava trendi pelaajien tiheyden kasvussa korkeimmalla sarjatasolla osoittaa, että puolustusstrategiat, taito ja kunto kehittyvät vielä entisestään. (Wallace & Norton 2014; Pollard, Ensum & Taylor 2004.)

Edeltä mainitussa tutkimuksessa havaittiin myös, että syöttöjen määrä pelissä kasvoi 35 % ajan myötä. Syöttöjen määrä kertoo pelityylistä ja taitovaatimuksista. Lisäksi pelinopeus kasvoi 15 % 44-vuoden aikaikkunan aikana. Kuitenkaan puoliaikojen välillä ei havaittu eroa keskiarvoisessa pelinopeudessa. Pelinopeudella on olennainen vaikutus pelaajien liikkeiden nopeuteen ja päätöksentekoon, kuten syötön katkaisuun tai vastaanottoon. Lisäksi maailmanmestaruuskisojen loppuotteluissa on havaittu, että menestyneillä joukkueilla on selvästi enemmän syöttöjä per peli, kuin vähemmän menestyneillä joukkueilla. Kuitenkin pelin kesto lyhentyi, kun pallo oli pelattavissa, mikä tarkoittaa, että nykyisin syöttöjä annetaan enemmän suhteessa peliaikaan. Pelin pysäytysaika on lisääntynyt, mikä on johtanut pienentyneeseen aktiiviseen peliaikaan. Lisäksi pallo oli toisella puoliajalla 5,1 % vähemmän pelattavissa verrattuna ensimmäiseen puoliaikaan. Pysäytysten määrä (119 ± 12) ei kuitenkaan muuttunut vuosien aikana. Loukkaantumisesta johtuvat pelin aikaiset tauot olivat ainoa erityinen pysäytykseen johtava syy, joka kasvoi määrällisesti. Myös vapaapotkujen antamiseen käytetty aika sekä pelin vauhti lisääntyivät merkittävästi. (Wallace & Norton 2014.)

Wallacen ja Nortonin (2014) tutkimuksen tulokset osoittavat, että keskimääräinen pysäytyksen kesto kasvoi melkein kaikissa pelin pysähtymiseen johtuvissa tapahtumissa, mutta pysäytysten lukumäärä oli lähes muuttumaton. Näillä on suora vaikutus työn ja palautumisen suhteeseen ja lepoaikoihin pelin aikana ja määrittävät seuraavien jaksoiden pelin intensiteetin. Jalkapallossa, jossa työjaksoja toistetaan, metabolinen vaste seuraaville työjaksoille määräytyy pysähdysten kestoajan perusteella (Glaister 2005). Vuodesta 1966 keskimääräinen työjaksojen suhde palautumisjaksoihin on vähentynyt huomattavasti vuoteen 2010 mennessä (4:1 vs. 1,5:1). Usein pelaajat tarkoituksella pidentävät taukoa, jotta voivat palautua ja valmistella erikoistilanteita. Pelaajat pelin aikana säätelevät itse kuormituksen ja palautumisen suhdetta niin, ettei suorituksen taso romahda kesken pelin. Valmentajalla on myös roolinsa kuormituksen säätelyssä, koska hän voi vaikuttaa kuormitukseen vaihtojen avulla. (Wallace &

Norton 2014; Nummela 2018, 36.) Työn ja palautumisen suhteella on myös vaikutusta pelin luonteeseen ja täten myös pelaajien fyysisiin vaatimuksiin, koska tämänhetkinen trendi osoittaa lyhyempiä ja korkeamman intensiteetin pelijaksojen suosimista. Pidemmät tauot pelin aikana edesauttavat suuremman intensiteetin, kun peli jatkuu katkon jälkeen (Mohr ym. 2003). Niin ikään australialaisessa jalkapallossa on havaittu 1960–2000 lukujen välissä nopeuden lähes kaksinkertaistuvan ja samassa ajassa törmäysten sekä loukkaantumisten määrä on myös kaksinkertaistunut. Tämä osoittaa, että pelinopeuden, törmäysten ja loukkaantumisten välillä on vahva yhteys (Norton, Schwerdt & Lange 2001).

Kaiken kaikkiaan vaikuttaa, että nopeus on yksi merkittävimmistä pelaajaominaisuuksista jalkapallossa, jolla voidaan luoda etua vastustajaan nähden. Korkean intensiteetin liikkeet vaikuttavat pelin vaatimuksiin ja huipputason pelaajien nopeusominaisuuksiin ja täten luosäälimätöntä etsintää nopeammista pelaajista ja pelityyleistä, kuitenkin unohtamatta pelaajien teknillisiä kykyjä. Huipputason jalkapallo on kehittynyt huomattavasti ja onkin todennäköistä, että kehitys jatkuu yhä tulevaisuudessa. (Wallace & Norton 2014; Mohr ym. 2003.)

2.1.2 Pelaajan fyysiset vaatimukset

Mitä fyysisiä vaatimuksia nykyaikainen jalkapallo asettaa pelaajille? Keskimäärin pallokosketuksia tulee 30–40 riippuen pelipaikasta ja keskimääräinen liikuttu kokonaismäärä on 10–11 km, aina jopa 14 km:iin asti (Bangsbo & Michalsik 2002; Arnason ym. 2004; FIFA s.a, 124). Korkeatehoista juoksua kertyy pelissä 500–800 m nopeusalueella 21–24 km/h (FIFA s.a, 124).

Nykyään pelaajilta vaaditaan tehoa (voima–nopeus) ja nopeutta, jotka ovat tärkeimpiä, jopa ratkaisevia, fyysisen kapasiteetin ominaisuuksia. Väheksymättä kuitenkaan anaerobisen kestävyyskapasiteetin ja lihasvoiman merkitystä, mikä muodostaa perustan voimalle ja nopeudelle. Pelinopeus, syöttömäärät ja pallon ympärille olevien pelaajien tiheys on noussut, joten nykyisin – etenkin huipputasolla – vaaditaan pelaajilta nopeampaa päätöksentekokykyä ja taitoa yhdistettynä nopeuteen. Lisäksi useat tutkimukset osoittavat, että pelaajien fyysiset vaatimukset ovat kasvamassa ja huipputason urheilijat ovat monilla mittareilla mitattuna

parempia kuin alemman tason urheilijat. (FIFA s.a, 126; Krusturp ym. 2003; Krusturp ym. 2005; Mohr, Krusturp & Bangsbo 2003; Rienzi ym. 2000; Bangsbo 2014; Wallace & Norton 2014.)

Jalkapallo on luonteeltaan ajoittaista toimintaa, koska pelitilanne muuttuu koko ajan. Tämä vaatii pelaajilta hyvä fyysistä kuntoa, taktista ja teknistä osaamista sekä henkistä kapasiteettia. Etenkin fyysiseen puoleen kiinnitetään enenemissä määrin huomiota, koska juokseminen pallon kanssa ja ilman sitä on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina. Erityisesti korkeatehoisen juoksun (≥ 19 km/h) on katsottu lisääntyvän fyysisen kehityksen takia, mikä mahdollistaa nopeamman ja dynaamisemman pelin. Joukkueet, jotka pitävät hallussaan palloa, juoksevat myös eniten pelin aikana, mikä on käynyt ilmi useiden vuosien tarkkailussa. Niin ikään toisessa tutkimuksessa havaittiin, että menestyneemmät joukkueet suorittivat enemmän fyysistä työtä, kun pallo oli heillä hallussa. (Rampinini ym. 2009; FIFA s.a, 126.)

Nykyinen kehityssuunnassa on ominaista pidentyneet palautumisjaksot väsymyksen pienentämiseksi. Tämä saattaa vaikuttaa peliin niin, että peli tulee vielä intensiivisemmäksi, mille on ominaista lyhyet pelijaksot. Tällainen pelityyli suosisi isompia ja voimakkaampia urheilijoita, koska pidemmät tauot auttavat toipumaan väsymyksestä paremmin. Tämä on kuitenkin tulevaisuuden muutosten spekulointia ja aika tulee näyttämään mihin suuntaa jalkapallo kehittyy tulevaisuudessa. (Wallace & Norton 2014.)

2.1.2.1 Kestävyys

Jalkapallossa – kuten muussakin urheilussa – peruskestävyys on keskeinen elementti. Kestävyys voidaan määritellä monella tapaa ja sillä ei ole vain yhtä määritelmää. Kestävyys voidaan määritellä muun muassa olevan ilmaus kehon aerobisesta järjestelmästä tai kyky jatkaa urheilullisuutta menestyksekkäästi uhraamatta terveyttä (Maffetone 2010). Aerobisen kestävyuden parantaminen on havaittu lisäävän jalkapalloilijoiden suorituskykyä kuten parantamalla työn intensiteettiä ja lisäämällä sprinttien määriä sekä mahdollistanut suuremman kokonaismatkan pelin aikana (Helgerud ym. 2001). Lisäksi aerobinen kapasiteetti on yhteydessä palautumiseen, minkä uskotaan liittyvän lisääntyneeseen laktaattipuhdistusnopeuteen, mikä johtuu aerobisen harjoituksen vaikutuksista. Lisäksi

vaikuttaa siltä, että aerobisella kunnolla on vaikutus myös toipumiseen korkeatehoisista suorituksista. (Hoffman 1997.) Aerobisella kapasiteetilla tarkoitetaan suurinta sallittua hapen määrää millilitroina ilmaistuna, jonka urheilija voi käyttää minuutissa painokiloa kohti (Segen's Medical Dictionary 2011). Aerobinen kestävyys tarkoittaa koko kehon kykyä ylläpitää pitkittynyttä rytmistä liikuntaa ja aerobinen teho määritellään energian vapautumisnopeudeksi solujen metabolisissa prosesseissa, jotka riippuvat jatkuvasta hapen saatavuudesta. Aerobinen teho on synonyymi termille aerobinen kapasiteetti ja maksimi hapenotto-kyky. Maksimaalinen aerobinen teho on suurin hapenotto-kyky, jonka yksilö voi saada dynaamisen harjoituksen aikana käyttämällä suuria lihasryhmiä muutaman minuutin ajan. (Kenney, Wilmore & Costill 2015.)

Puhuttaessa erityisestä kestävyydestä, toisin sanoen intensiivisestä kestävyydestä tarkoitetaan kehon kykyä vastustaa väsymystä, kun se on alttiina erityiselle intensiiviselle rasitukselle esimerkiksi jalkapallossa. Pidentynyt dynaaminen ja intensiivinen työ vaatii aerobista sekä anaerobista järjestelmää toimimaan samanaikaisesti. Tällaiset suoritukset usein kestävät kahdesta kymmeneen minuuttiin. Suorituksessa hyödynnetään aerobista voimaa ja/tai maksimaalista aerobista tehoa riippuen rasituksen voimakkuudesta. Tämä kuitenkin eroaa nopeuskestävyydestä siten, että nopeuskestävyydellä tarkoitetaan sitä kapasiteettikykyä jalkapallossa, mikä mahdollistaa liikkua lähellä maksiminopeutta (80–90 % maksimi nopeudesta) niin pitkään kuin mahdollista. Toisin sanottuna ylläpitämään mahdollisimman pitkään tehoa, joka ylittää maksimaalisen aerobisen tehon. Tämänkaltaisia suorituksia tulee pelin aikana useita ja hyvä aerobinen kestävyys ja teho edesauttaa toistamaan näitä. (FIFA s.a, 130.)

Kaiken kaikkiaan jalkapalloilijoiden kestävyystavoite on, että aktiivisuutta pyritään pitämään yllä mahdollisimman korkealla tasolla pelin loppuun asti. Näin ollen jalkapallossa, intervalliluonteisessa lajissa, korostuu maksimaalinen tehontuotto-kyky, aerobinen energiantuotto-kyky ja palautumisnopeus sekä laktaatin poistokyky. (FIFA s.a, 130; Nummela 2018, 35–36.) Nummelan (2018) mukaan kestävyyspohjan rakentaminen onnistuu parhaiten määräintervalliharjoittelulla, joissa suorituksen teho on lähes maksimaalista aerobista tehoa. Tässä tilanteessa aerobisen energiantuoton lisäksi myös anaerobinen energiantuotto on

ratkaisevasti mukana. Tyypillinen kesto tällaisille harjoitteille on 15–180 s. Maksimaalista tehontuottoa ja nopeutta voidaan harjoitella muun muassa voima- ja nopeusharjoituksilla.

Aerobiset harjoitukset voivat aikaansaada paremman laktaattimäärän vaihdunnan tietyillä harjoituksen intensiteetin tasoilla ja täten laktaattia alkaa kertymään korkeammilla tasoilla verrattuna treenaamattoman henkilön tasoon (McArdle, Katch & Katch 2010, 164). Hyvällä aerobisella kunnolla on myös vaikutusta moneen muuhun asiaan. Henkisellä väsymisellä on heikentäviä vaikutuksia jalkapallokohtaiseen fyysiseen suorituskyykyyn ja teknisiin taitoihin (Smith ym. 2016). Niin ikään jalkapalloilijat voivat hyötyä aerobisesta harjoittelusta, koska aerobinen harjoittelu nuorilla jalkapalloilijoilla lievensi väsymisen aiheuttaman lyhytaikaista syöttötaidon heikkenemistä (Impellizzeri ym. 2008). Lisäksi on havaittu, että henkinen väsyminen on riskitekijä liukastumiseen ja putoamiseen (Lew & Qu 2014). Niin ikään akuutin liikunnan ja kognitiivisen suorituskyyvyn välillä on havaittu hyödyllinen suhde kuntotasosta riippumatta. Chang ym. (2014) tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt paransivat kognitiivista suoritusta intensiteetiltään kohtalaisen harjoituksen jälkeen. Tulokset viittaavat siihen, että kunnan pitäminen kohtalaisella tasolla liittyy parempaan valmiuteen toimia. Vaikuttaisi, että aerobisella harjoittelulla ja täten hyvällä kestävyyskunnolla voi olla monia hyödyllisiä vaikutuksia jalkapallossa.

2.1.2.2 Energiantuottojärjestelmät

Tarkemmin tarkasteltaessa energijärjestelmät voidaan jakaa kahteen osaan: aerobiseen ja anaerobiseen energijärjestelmään. Aerobinen energijärjestelmä on suuresti kuormitettu jalkapallossa. Aerobinen energijärjestelmä on suuresti kuormitettu jalkapallossa, sillä aerobisen energiantuotannon osuus energian kokonaiskulutuksesta vaikuttaa olevan yli 90 % Aerobinen metabolia tarjoaa lähes kaiken energian siirron, kun fyysinen aktiivisuus jatkuu useiden minuuttien ajan. Glykolyttinen reaktio, jossa glukoosi hajotetaan pyruvaatiksi, tarjoaa suhteellisen vähän ATP:a (adenosiinitrifosfaatti) ja yhden arvion mukaan ATP:n tuotannosta eri kehon polttoaineiden prosentuaalisesta osuudesta vastaa kreatiinifosfaatti 10 %, sekä anaerobinen glykolyysi 70 % ja aerobinen glykolyysi 20 %. Olettamuksena, että henkilö on 70 kg:n painoinen mies. (Bangsbo 1994a; McArdle, Katch & Katch 2015, 163, 169; Kenney, Wilmore & Costill 2015, 59–61.)

Hapenkulutus nousee eksponentiaalisesti ensimmäisten minuuttien aikana, kun fyysinen aktiivisuus on aloitettu, mitä kutsutaan liikunnan hapenkulutuksen nopeaksi komponentiksi. Normaalisti hapenkulutus tasoittuu kolmannella tai neljännellä minuutilla saavutettua tasaisuuden, jonka jälkeen se pysyy melko vakaana liikunnan ajan. Tällä tasaisuudella tarkoitetaan hapenkulutuksen käyrän tasaista osuutta. Tämä tasainen tila merkitsee tasapainoa työskentelevien lihasten ja ATP tuoton välillä aerobisessa metaboliassa. Tasaisen tilan alueella hapetus-pelkistysreaktiot tuottavat energiaa fyysiseen aktiivisuuteen. Tähän käy mikä tahansa tuotettu laktaatti, joka on hapetettu tai muunnettu glukoosiksi. (McArdle, Katch & Katch 2015, 163–164.)

Lyhytkestoiset intensiiviset fyysiset aktiivisuudet tarvitsevat välitöntä energiaa, kuten 25 m:n uinti tai 100 m:n juoksu (McArdle, Katch & Katch 2015, 162). Jalkapallossa lyhyitä intensiteettisiä juoksuja tulee paljon ja suurin osa näistä on 15–23 m pitkiä (FIFA s.a, 124). Näihin lyhytaikaisiin suorituksiin energia tulee lähes yksinomaan lihaksen sisäisistä korkean energian fosfaateista tai fosfageenilähteistä, joita ovat adenosiinitrifosfaatti (ATP) ja fosfokreatiini (PCr). ATP:a on noin 3–8 mmol jokaista luuranko lihaskiloa kohti ja PCr:a lähes 4–5 kertainen määrä verrattuna ATP:n. Esimerkiksi 70 kg henkilöllä on 570–690 mmol korkeaenergisiä fosfaatteja, jos oletetaan, että henkilöllä on 30 kg lihasmassaa. Yhden adosiinifosfaatin (ATP) hydrolyysi vapauttaa 7,3 kilokaloria (kcal) energiaa muuttuessaan adosiinidifosfaatiksi (ADP). Edellä mainitun esimerkkihenkilön korkean energian fosfaatit vastaavat noin 4,2–5,0 kilokaloria tai 17,6–20,9 kilojoulea (kJ). Hydrolyysi on kemiallinen reaktio, joka sisältää yhden tai useamman sidoksen repeämisen reagoidessa veteen. (McArdle, Katch & Katch 2015, 162; McNaught & Wilkinson 1997.) Reaktio vapauttaa energiaa, kun taas vastareaktio sitoo energiaa. Jos ajatellaan, että tästä kokonaismassasta 20 kg lihasta tulee käyttöön suuren lihasaktiivisuuden aikana, niin varastoitunut fosfaattenergia riittää 5–8 s:n sprinttiin. Yhteensä sprinttejä kertyy huipputasolla 100–170 riippuen pelipaikasta ja keskimäärin sprintit eivät ylitä 8 s matkan takia. Nopeat sprintit vaativat keskimäärin 1–4 minuutin palautumisen jalkapallossa. Kuitenkin on arvioitu, että korkean energian loppuun asti kulutus vaatisi 20–30 s:n maksimisuorituksen. Verrattuna aerobiseen energiansiirtoon, korkean energian fosfaattien energiansiirtonopeus ylittää 4–8 kertaisesti maksimaalisen energiansiirron. Täten maksimaalisessa juoksussa energia katetaan korkeaenergisisillä fosfaateilla. Esimerkiksi 100 m:n juoksussa ei voida taata energiaa maksiminopeudella koko matkan verran, koska

energiavarastot kerkeävät pienentyä ennen maalia, koska juoksusuoritus kestää liian kauan. Tämä pätee myös maailman nopeimman ihmisen kohdalla. (McArdle, Katch & Katch 2015, 162.)

Lyhytaikaisessa ja intensiivisessä fyysisessä aktiivisuudessa korkeaenergistien fosfaattien uudelleen syntetisointi etenee nopeasti. Liikkumisen aikana tapahtuma adenosinidifosfaatin (ADP) fosforylointiin tarvittava energia tulee pääasiassa lihaksiin varastoidun glykogeenin hajoamisessa nopean anaerobisen glykolyysin seurauksena, josta seuraa laktaatin muodostuminen. Tämä prosessi antaa ATP:n muodostua nopeasti ilman happea. Nopeaa anaerobista glykolyysiä ATP:n syntetisointia varten voidaan pitää niin sanottu varapolttoaineena ja se tulee käyttöön joko liikkeen alussa tai 440 m:n mittaisen alusta loppuun asti vedetyn maksimisuorituksen aikana tai 100 m:n uinnissa. Laktaatin muodostamista on mahdollista vähentää pienentämällä intensiteettiä suorituksen jatkamista varten ja näin ollen samalla pienentää lopullista laktaattitasoa. (McArdle, Katch & Katch 2015, 162.)

Anaerobisessa energiantuotossa on kaksi vaihtoehtoa, joko glykolyysissä syntynyt pyruvaatti pelkistetään laktaatiksi maitohappofermentaatioissa tai muutetaan etanoliksi alkoholifermentaatioissa. Tapahtumat tapahtuvat hapettomissa olosuhteissa. Kun kudokset ei saa tarpeeksi happea tapahtuu maitohappofermentaatio. Näin ollen pyruvaatti pelkistyy laktaatiksi ja vastaanottaa elektroneja NADH:lta. Glykolyysin jatkumiseksi vaaditaan, että NADH muuttuu reaktiossa NAD⁺:ksi. Alkoholifermentaatiota ei tapahdu ihmisellä. Kreatiinifosfaatti on nopein tapa muodostaa ATP:ta. Reaktio tapahtuu hapettomissa olosuhteissa, mutta se riittää käytännössä vain 10 s:n maksimitehoiseen lihastyöhön. Tästä esimerkkinä on lyhytaikainen intensiivinen fyysinen aktiivisuus kuten 100 m:n juoksu, joka vaatii välitöntä energiaa. Tämä energia tulee lähes yksinomaan lihasten sisäisistä korkea energisistä fosfaateista tai fosfaatin lähteistä kuten ATP:sta (adenosiinitrifosfaatti) ja PCr:sta (polymeraasiketjureaktio). (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 57–68; McArdle, Katch & Katch 2015, 144–147, 162.) Tällaisissa nopeuskestävyysuorituksissa, joissa teho ylittää maksimaalisen aerobisen tehon, pääasiallinen energian lähde on anaerobinen glykolyysi. Reaktio tuottaa maitohappoa ja happamuutta lihaksiin, joka heikentää lihasten voimantuottokykyä. (Nummela 2018, 35.)

Huipputason pelaajat suorittavat noin 150–250 lyhyttä intensiivistä toimintaa pelin aikana (Mohr ym. 2003; Nummela 2018, 37), mistä voidaan olettaa, että anaerobinen energian vaihdunta on suurta pelin aikana (Bangsbo 2014). Bangsbo (2014) viittaa artikkelissaan omaan tutkimukseensa (Bangsbo 1994) todeten, että vaikka anaerobista energian vaihduntaa ei ole suoraan tutkittu, niin intensiivinen liikunta pelin aika voi johtaa suuren määrän kreatiinifosfaatin hajoamiseen. Pelin matalan intensiteetin ajanjaksojen aikana tapahtuu kreatiinifosfaatin uudelleen syntetisointia. Kreatiinifosfaattitaso voidaan olettaa olevan alle 30 % lepotason arvosta intensiivisten ajanjaksojen ajan, kun palautumisen ajanjaksot ovat lyhyitä.

Stølen ym. (2005) ovat artikkelissaan viittaneet Bangsbon (1994) esittämään teoriaan, jonka mukaan anaerobinen aineenvaihdunta vastaa pelin aikana ratkaisevimmista tapahtumista, vaikka aerobinen aineenvaihdunta on päävastuulla jalkapallopelin aikana. Esimerkkinä kovatehoiset suoritukset kuten lyhyet sprintit, hyppyt, taklaukset ja kamppailutilanteet pelin aikana katetaan pääosin anaerobisella aineenvaihdunnalla. Nämä ovat usein tärkeitä asioita, joilla voi olla ratkaiseva rooli pelin lopputulokseen.

Energia tuotetaan pääasiassa aerobisesti hapen avulla, kunnes veren laktaattikonsentraatio saavuttaa 4 mmol/l. Laktaattinen anaerobinen prosessi ottaa tämän kynnyksen jälkeen päävastuun energian tuotosta ja näin siirtyään niin kutsutulle punaiselle vyöhykkeelle, mikä tarkoittaa, että keho tulee kriittiselle anaerobiselle resistanssin alueelle. Alueella tarkoitetaan harjoitusta happivelkaantumisen alaisena samalla kun keho tuottaa laktaattia. Tästä huolimatta harjoittelu anaerobisella kynnyksellä urheilussa – etenkin jalkapallossa – on varsin yleistä. Tällä pyritään, että laktaattia ei muodostuisi paljon ja se auttaa määrittämään harjoituksen intensiteetin, jota varten on tiedettävä pelaajan henkilökohtaiset kynnyksalueet. (FIFA s.a, 133, 139.)

2.1.2.3 Hapenottokyky

Usein maksimaalisella hapenottokyvyllä ($VO_2\max$) viitataan ”urheilijan varastoon”, jolla tarkoitetaan maksimaalista hapenottokykyä jatkuvassa ja kehittyvässä intensiivisessä liikunnassa, ensisijaisesti käyttämällä aerobisia prosesseja. $VO_2\max$ ilmoitetaan ml/kg/min ja se mitataan yleensä laboratoriossa, jotta saadaan tarkka arvo selville. Kykyä voidaan kehittää

ja parantaa liikunnalla, jossa käytetään aerobisia ja anaerobisia energiajärjestelmiä, kuten esimerkiksi intensiivisellä intervalliharjoittelulla. Mitä suurempi tämä ”urheilijan varasto” on, sitä enemmän pelaaja pystyy tätä voimavaraa hyödyntämään, mikä taas heijastuu yksittäiseen peliin ja koko kauden suoritukseen. Parhaimmillaan jalkapalloilijoilta on mitattu $VO_2\max$ jopa 65-70 ml/kg/min, riippuen pelipaikasta, iästä ja suorituskyvystä. Tyydyttävänä arvona jalkapalloilijoilla pidetään 60-62 ml/kg/min. Tähän kuitenkin voi vaikuttaa pelaajan iän lisäksi osittain myös paino. Noin 20 ikävuoteen asti $VO_2\max$ arvo nousee, jonka jälkeen se tasaantuu. Jotta pelaaja voi saavuttaa maksimaalisen hapenkulutuksen tason täytyy rasituksen vastata maksimaalista aerobista kestävyyttä, sekä sen täytyy tapahtua maksimaalisen aerobisen nopeusalueella (MAS), jotta se voidaan saavuttaa. MAS on juoksunopeus, joka saa aikaan vakaan maksimaalisen hapenoton. (Berthoin ym. 1994; FIFA s.a, 131; 136.)

Sykkeen mittaamisella on saatu tietoa hapenkulutuksesta ja keskimääräisestä hapenotosta. Pelaajilla syke harvoin on alle 65 % sykemaksimista, joka viittaa siihen, että verenvirtaus työtätekeviin jalkojen lihaksiin on jatkuvasti korkeampi kuin levossa, mikä tarkoittaa, että hapenkuljetus on tehokasta (Bangsbo 2014). Lisäksi pelin sykemittaukset näyttävät viittaavan siihen, että keskimääräinen hapenotto on noin 70 % $VO_2\max$:sta (Saltin & Hermansen 1966). Niin ikään on todistettu, että syke ja hapenoton välillä on lineaarinen yhteys submaksimaalisiin työkuormiin asti (Åstrand ym. 2003).

Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti (Yo-Yo Intermittent Recovery Test, YYIR) on jalkapalloilijoille suunnattu kenttätesti, missä koettu kuormitus vastaa pelissä koettua kuormitusta (Stølen ym. 2005; Krstrup ym. 2003). Testissä juostaan aina 20 m:n väli päästä päätyyn kerrallaan, jonka jälkeen kierretään palautumisalueella oleva kartio. Testistä on kaksi versiota YYIR1 ja YYIR2, jotka ovat suunniteltu aloittelijoiden ja edistyneempien urheilijoiden mittaamiseen. (Keskinen ym. 2018, 110.) Bangsbo, Iain & Krstrup (2008) havaitsivat merkittävän korrelaation $VO_2\max$ ja YYIR1 ja 2 -testitulosten välillä. Testin korrelaatiokerroin oli $r = 0,70$ ($p < 0,05$; $n = 141$) ja vastaavasti YYIR2-testin korrelaatiokerroin $r = 0,58$ ($p < 0,05$; $n = 71$). Tulos osoittaa, että teoreettinen $VO_2\max$ (ml/kg/min) voidaan arvioida kaavasta: $YYIR2 \text{ matka [m]} \times 0,0136 + 45,3$ (kaava 1). Lisäksi YYIR1-testissä huomattiin suuri vaihteluväli. Esimerkiksi henkilöt, joiden mitattu $VO_2\max$ arvo oli 53 ml/min/kg, suoriutuivat testistä todella vaihtelevasti (1450–2600 m). Tämä osoittaa, että tarkkaa arviota $VO_2\max$

arvosta on mahdotonta antaa teoreettisesti laskemalla YYIR-testin tuloksesta. Testillä voidaan arvioida suurelta osin anaerobista vastetta liikunnan aikana sekä palautumista liikunnan jälkeen. Täten testillä voidaan paremmin arvioida kykyä toistaa intensiivisiä suorituksia kuin arvioida VO₂max arvo. (Keskinen ym. 2018, 110; Krstrup ym. 2003; Bangsbo, Iain & Krstrup 2008.)

Maksimi hapenottokyvyn on havaittu korreloivan nopeuden kanssa ja siksi tätä tietoa on käytetty useita vuosia mitaten ja tarkkaillen harjoitusten intensiteettiä etenkin intervalliharjoituksissa. Harjoituksen laatua voidaan parantaa, kun tiedetään pelaajien VO₂max, koska henkilökohtaisella harjoitusohjelmalla voidaan laadukkaammin harjoitella aerobisen–anaerobisen kestävyuden kehittämistä. Samaa voidaan soveltaa myös joukkueharjoituksessa, oli kyse sitten jatkuvasta harjoituksesta tai intervalliharjoituksesta. Tämä vaatii, että valmentaja tietää jokaisen aerobisen maksiminopeuden (MAS), jonka jälkeen voidaan optimoida harjoitus sopivalle tasolle. Henkilökohtainen MAS-arvon voidaan selvittää muun muassa Yo-Yo tai Vameval juokсутestillä, kuten myös juoksumatolla tai kuntopyörällä. FIFA:n ohjekirjassa kerrotaan optimaalisen MAS:n olevan jalkapallossa 17–19 km/h ja nuoremmilla pelaajilla tätä pienempi nopeus. (FIFA s.a, 133–134.)

2.1.2.4 Voima ja nopeus

Voima on mukana monessa kehitysprosessissa ja siksi se on tärkeä tekijä myös jalkapallossa, jopa ratkaiseva tekijä tietyissä tilanteissa. Nykyaikainen peli on muuttunut yhä nopeammaksi ja täten lihaksiin ja lihasryhmiin kohdistuu suurta jännitystä vaihtelevista kuormista pelin aikana (Tumilty 1993). Voiman katsotaan vaikuttavan moneen yleisen prosessin vaiheeseen kuten esimerkiksi etuna estää vammojen syntymistä, minkä vaikutuksen takana on urheilullinen ja vankka lihaksellinen perusta. Parantamalla voimatasoa voidaan kehittää dynaamista ja räjähtävää suorituskykyä. Sillä on myös vaikutusta lihasten suorituskyvyn parantamiseen, koska tarpeen mukaan voidaan säädellä paremmin energiatasoja. Se vaikuttaa myös funktionaaliseen ja hermostolliseen mukautumiseen. Vaikutusta on havaittu myös psykologisen kunnan kehittämisessä. Oikeanlaisella voimaharjoittelulla voidaan saada aikaan kokonaisvaltaista ja laadukasta kehittymistä, mikä parantaa pelaajan suorituskykyä. Parantunut voimataso saattaa näyttäytyä pelaajalle, että hän on nopeampi ja räjähtävämpi liikkeissä tai hänellä on enemmän voimaa potkaistaessa palloa. (FIFA s.a, 142.)

Nykypäivän pelaajilta vaaditaan yhä enemmän voimaa, koska nopeus on kasvanut 37 % 1990-luvulta tähän päivään. Lisäksi tietyt toistettavat nopeusharjoitteet ovat lisääntyneet, joka vaikuttaa pelaajien pelipaikkaan, minkä seurauksena voiman käyttö on lisääntynyt. Jalkapalloilijoille voiman kehitys vaatii hyvää yleistä kuntoa, jonka perustana antagonistista ja agonistista lihasten harjoittelu taataksaan moitteettoman tasapainon. (FIFA s.a, 142, 144.)

Nopeudella tarkoitetaan maksimaalista kykyä kattaa annettu etäisyys mahdollisimman nopeasti ja suurimmalla nopeudella, jolla liike pystytään suorittamaan. Hermolihasjärjestelmän suorituskyky on perustavanlaatuisen ominaisuus jalkapallossa ja yleensä hyvät pelaajat erottuvat joukostaan keskiarvoa teknillisesti taitavampia ja nopeampia. (FIFA s.a, 149.)

Nopeutta voidaan arvioida jalkapallossa eri lailla. Reaktionopeudella tarkoitetaan kykyä reagoida niin nopeasti kuin mahdollista signaaliin. Usein tällä signaalilla tarkoitetaan jalkapallossa visuaalista signaalia, kuten pelitilannetta tai muiden pelaajien käytöstä kentällä. Puhuttaessa juoksun räjähtävyydestä, tarkoitetaan sillä kapasiteettia, joka perustuu reaktioon, mutta vaatii voimanopeutta ja henkistä asennetta. Toisin sanoen räjähtävyys riippuu henkilön lihasvoimasta, keskittymisestä ja aggressiivisuudesta. (FIFA s.a, 149.)

Kiihtyvyys on myös tärkeä ominaisuus jalkapallossa, mikä tarkoittaa kapasiteettia, joka vaatii nopeuden lisäämistä ajan myötä. Samoin tähän ominaisuuteen vaikuttaa henkilön lihasvoima. Lisäksi toiminnan nopeus on yksi tärkeä ominaisuus. Tällä tarkoitetaan kykyä suorittaa toistuva ja ei-toistua eli yksittäinen mahdollisimman suurella voimalla ja nopeudella tehtävä liike esimerkiksi puhdas juokseminen. Mitä suurempi intensiteetti ja pidempi kesto, sitä enemmän nopeuteen vaikuttaa voima. (FIFA s.a, 149.)

Nopeusvoima määrittää hermolihasjärjestelmän kyvyksi tuottaa mahdollisimman suuri saavutettavissa oleva voima lyhyimmässä mahdollisessa ajassa tai suurimmalla mahdollisella nopeudella. Nopeusvoima ilmaistaan yleensä tehona (P), jonka yksikkö on watti (W). Tämä ei ole kuitenkaan ainoa tapa ilmaista teho, vaan se voidaan ilmaista myös tehtynä työnä aikayksikössä, laskea Newtonina tai vääntömomenttina. (Keskinen ym. 2018, 196.)

Välittömien energianlähteiden käyttönopeus ja hermoston kyky aktivoida lihasten motoristen yksiköiden toiminta vaikuttavat nopeusvoiman suuruuteen. Motoristen yksiköiden toimintaa määrittävät puolestaan niiden syttymisnopeus ja syttymisen ajoittuminen sekä rekrytointi. Välittömistä energianlähteistä adenosinitrifosfaatti (ATP) ja sen pilkkomisessa läsnä oleva ATPaasi entsyymiaktiivisuus määräävät energiatalouden nopeusvoimasuorituksissa. Vain erikoistapauksissa energian käytettävyys saattaa olla rajoittava tekijä. (Keskinen ym. 2018, 196.)

Testausopin näkökulmasta nopeusvoimaa voidaan tarkastella kolmesta eri näkökulmasta, joita ovat lähtövoima, räjähtävä voima ja isoinertiaalinen voima. Lähtövoimalla tarkoitetaan liikkeen tai lihastyön alussa tuotettua voimaa hyvin nopeasti (esim. ensimmäiset 30 ms). Tähän vaikuttaa kuinka monta motorista yksikköä saadaan lihassupistuksen alkuvaiheessa rekrytoitua. Mitä enemmän, sitä tehokkaampi liike on. Räjähtävä voima merkitsee hermolihasarjostelmän kykyä suorittaa jo aloitettua lihastyö niin nopeasti kuin on mahdollista. Voiman tuottonopeuden maksimi kuvaa räjähtävää nopeusvoimaa dynaamisessa suorituksessa. Lähtövoima eroaa räjähtävästä voimasta siten, että tarvitaan suurta lähtövoimaa ulkoisen kuormituksen ollessa pieni, mutta ulkoisen kuormituksen suurentuessa räjähtävän voiman tarve tulee entistä enemmän esille. Kun voima tuotetaan reaktiivisesti luonnollisen liikkeen aikana, kutsutaan sitä isoinertiaaliseksi voimaksi. Luonnollisella liikkeellä tarkoitetaan lihaksen venymis-lyhenemisyyklusta. Tämä ilmiö esiintyy esimerkiksi juoksun aikana, jolloin jalan ojentajalihakset aktivoituivat etukäteen ennen kontaktia alustaan pohjustaen vastaanottamaan törmäyksen ja tehostaen venytysrefleksin mekanismia jarrutusvaiheen aikana. Jännteillä on tärkeä rooli voimantuotossa, koska elastinen energia varastoituu lihasten ja jänneiden elastisiin rakenteisiin. Venytysrefleksin toiminta vaikuttaa lihasjäykkyyteen, joka taas vaikuttaa elastisen energian varastointiin. Liikkuminen tehostuu ja kemiallista energiaa säilyy enemmän, jos jarrutusvaihetta seuraa välittömästi lihaksen supistuminen. Näin ollen liikkuminen myös taloudellistuu. (Keskinen ym. 2018, 196–197.)

Lyhytkestoisissa suorituksissa voidaan mitata isoinertiaalista nopeusvoimaa ja reaktiivista voimantuottoa. Tällaisissa suorituksissa liikutetaan pientä kuormaa tai oman kehon painoa, kuten erilaisissa hypyissä joko pysty- tai vaakasuuntaan. Nämä voivat olla pudotushyppyjä tai vauhdillisia tai vauhdittomia loikkia. Testien tuloksena yleensä ilmaistaan kehon painopisteen

nousukorkeuksina. Alustaan kohdistuvat voimat täytyy mitata ajan suhteen, jotta voidaan määrittää lähtövoima ja räjähtävä voimantuotto. Mittauksen jälkeen on mahdollista määrittää erilaisia riippuvuuksia, kuten voima-nopeus ja voima-aika sekä voimaimpulsseja ja maksimaalista voimantuottonopeutta. (Keskinen ym. 2018, 197.)

Ulkoista kuormaa tai kehon massaa liikuttaessa tarvitaan voimaa ja kiihtyvyys riippuu alustaan tuotetun voiman määrästä. Liikkeen kiihtyvyys on sitä suurempi, mitä enemmän henkilö synnyttää voimaa alustaa suhteessa kehon painoon. Mitä suuremman kiihtyvyyden henkilö pystyy luomaan ulkoiseen kuormaan, sitä parempi tehontuotto on. Vertikaalihyppy ovat yksi tapa mitata suoritusta, ja se on varsin yleinen testi jalkapallossa. Vertikaalihyppyissä voimalevyjä pidetään hyväksi todettuna menetelmänä ja varsin luotettavana, mutta on olemassa monia muita menetelmiä mitata vertikaalihyppyä. Tarkasteltaessa voimalevyjen päällä tuotettua vertikaalihyppyä, voidaan voimalevyantureiden avulla laskea teho alustaan tuotetun reaktivoiman avulla. Nopeusvoimatesteillä saadaan selvitettyä aina kyseisessä testissä työskentelevien lihasten nopeusvoimaominaisuuksia. Tulokset eivät välttämättä automaattisesti kerro tietyn urheilulajin suorituskyvystä, eikä tulosten paraneminen kieli suoraan lajikohtaisesta kehittymisestä. Olennaista on, että nopeusvoima testi olisi lajikohtainen, kuten vertikaalihyppy jalkapallossa, koska se mittaa lajin kannalta keskeisten lihasten nopeusvoimaominaisuuksia. (Keskinen ym. 2018, 197–198.)

Etupäässä nopeusvoimaharjoittelun kautta voidaan parantaa nopeusvoimatestien tuloksia. Tähän on kuitenkin muutama edellytys kuten, että toisto on lyhyt ja hermostollinen panos jokaisessa toistossa on mahdollisimman rasittava. Reflektorinen ja tahdonalainen säätelyjärjestelmä kehittyy nopeusvoimaharjoittelulla niin, että motoristen yksiköiden värväys ja sitä kautta voiman tuotto vauhdikkaassa suorituksessa lisääntyy. Nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksesta yleensä vain nopeat lihassolut kasvavat ja lihasmassan kasvu jää varsin pieneksi. Harjoittelun aikaansaavat tietyt muutokset on mahdollista havaita voima-nopeuskäyrältä. Huomio kannattaa kiinnittää käyrän nopeuspäähän, koska mitä paremmin nopeusvoimaharjoittelu on onnistunut, sitä enemmän käyrä muuttuu. (Keskinen ym. 2018, 198.)

2.1.3 Pelin fysiologinen kuormittavuus

Pelin fysiologista kuormittavuutta voidaan mitata peliä analysoimalla ja fysiologisilla mittauksilla pelin aikana. Useat tekijät vaikuttavat pelaajiin kohdistuviin vaatimuksiin. Näitä ovat muun muassa pelaajan tekniset ja fyysiset ominaisuudet, pelipaikka sekä itse pelin merkitys ja vallitsevat ympäristöolosuhteet. Bangsbon (2014) mukaan suurin tekijä harrastajan ja huipputasoisen jalkapalloilijoiden välillä on korkeatehoiset juoksut, joita tehdään sitä enemmän, mitä vaativammalla tasolla pelataan. Toisaalta kaikissa tutkimuksissa ei ole havaittu vastaavaa eroavaisuutta (Bradley ym. 2013).

Peli ja harjoittelu kuormittavat suuresti myös hengityselimistöä ja aerobinen energiantuotto on suurelta osalta vastuussa energian tuotosta. Keskimääräinen hapenottokyky on noin 70 % maksimista. Lisäksi anaerobinen (kreatiinifosfaatin ja laktaatin) energiantuotto on samanaikaisesti korkeasti kuormitettu. (Bangsbo 2014.)

Krustrupin ym. (2006) tutkimuksessa havaittiin, että noin puolet lihaskuiduista oli melkein tyhjiä tai kokonaan tyhjiä glykokeenistä, mikä saattaa osaltaan vaikuttaa heikentävästi suorituskykyyn pelin lopulla. Lihaksen glykokeeni oli 449 ± 23 mmol/kg levossa ja pelin loputtua 42 ± 6 % ($p < 0,05$) pienempi. Lihaksen glykokeeni tutkittiin lihaskudosnäytteillä ja vaikuttaisi siltä, että lihaksen glykokeeni on tärkeä substraatti jalkapallossa, koska huomattava määrä lihaskuituja vaikuttaa olevan ehtynyt pelin loppuun mennessä. Glykokeenin vaje voi liittyä väsymykseen, koska se on yleensä suurinta pelin loppupuolella. Siksi on mahdollista, että lihaskuitujen glykokeenivaje ei mahdollista samalla tasolla kuin pelin alussa maksimaalisia yksittäisiä tai toistuvia sprinttejä. Siitä huolimatta on epäselvää, mitkä tekijät ovat tämän lihaksen glykokeenipitoisuuden ja väsymyksen syy-yhteyden välillä pitkäaikaisen jaksollisen harjoituksen aikana (Bangsbo, Mohr & Krustrup 2006).

Jalkapallopelin lopussa heikentyneen suorituskyvyn taustalla oleva mekanismi on yhä epäselvä. Glykokeenivarastojen tyhjentymistä on ehdotettu yhdeksi väsymyksen aiheuttajaksi, koska väsymyksen suureneminen pitkäaikaisen jaksottaisen harjoituksen aikana on yhteydessä lihasten glykokeenimäärien pienenemiseen. Lisäksi on osoitettu, että hiilihydraattisella

ruokavaliolla, jolla on kohotettu lihasglykokeenin määrä ennen pitkittynyttä jaksottaista harjoittelua, on parantanut suorituskyykyä. (Bangsbo, Mohr & Krstrup 2006.) Väsymykseen kulunut aika oli jopa 2,5 kertaa suurempi korkeahiilihydraattisen ruokavalion ryhmäläisillä verrattuna vähän hiilihydraatteja nauttiviin (Balsom ym. 1999b).

Nestehukka voi olla yksi tekijä, joka edesauttaa väsymyksen kehitystä etenkin pelin loppupuolella. Nestehukka on todennäköisempää, kun harjoitellaan tai pelataan kuumissa olosuhteissa. Kuumissa ja kosteissa olosuhteissa nestehäviö on paljon suurempaa ja pelaajat, jotka hikoilevat runsaasti kokevat todennäköisemmin väsymystä nestehukan takia pelin loppupuolella. Ilmaston sopeutumalla voidaan parantaa suorituskyykyä ja näin ylläpitää haluttua työtasoa kuumissa olosuhteissa. Pelin aikainen olosuhde on vaikuttava tekijä sanelemaan pelin yleisen tahdin. (Reilly 1997.) Lisäksi hypohydraatiolla eli kehon veden kompensoimattomalla menetyksellä on vaikutusta lyhyisiin sprintteihin. Viiden ja kymmenen metrin sprinttiaijat olivat hitaampia hypohydraation ollen 2,7 % kehon massasta kehittyneillä tennispelaajilla (Magal ym. 2003).

Submaksimaalinen harjoitus, joka aiheuttaa kohtalaista dehydraatiota voi vaikuttaa sykkeeseen. On arvioitu, että jokaisesta 1 % painon menetyksestä syke nousee 7 lyöntiä suuremmaksi per minuutti. Lisäksi päiväkohtainen vaihtelu kontrolloidussa submaksimaalisessa harjoitteessa on noin 6 lyöntiä per minuutti. (Lambert, Mbambo & Gibson 1998.) Useiden tutkimustulosten perusteella on yleisesti hyväksyttävää todeta, että submaksimaalisella harjoituksilla tasapainotilan syke laskee kestävyysharjoittelun seurauksesta. Kestävyysharjoittelujakson seurauksesta on myös havaittu leposykkeen lasku. (Barnard 1975; Blomqvist & Saltin 1983; Wilmore ym. 1996.) Submaksimaalisen ja maksimaalisen tuloksen on huomattu paranevan liikuntaharjoittelun seurauksesta myös potilailla, joilla on krooninen sydämen vajaatoiminta (Sullivan, Higginbotham & Cobb 1989). Myös intervalliharjoittelun seurauksena 14-vuotiailla jalkapalloilijoilla havaittiin, että viiden viikon harjoittelu johtaa selvästi kestävyysliittyvien arvojen kuten maksimihapenottokyvyn nousuun (Sperlich ym. 2011).

Sydämen syke on ehkä yksi eniten käytetyistä menetelmistä mitata harjoituksen intensiivisyyttä ja harjoituskuormaa etenkin juoksussa. Jalkapalloharjoituksen intensiteettiä on mahdollista

kontrolloida monitoroimalla pelaajien syketasoa, koska harjoituksen intensiteetin ja sykkeen välillä on suora yhteys. Usein sykkeen mittausta varten tarvittavat laitteet ovat halpoja, aikaa säästäviä ja kehoon tunkeutumattomia, mikä on puolustanut näiden laitteiden käyttöä monitoroidakseen autonomisen hermostojärjestelmän tilaa sekä sydän- ja verisuonijärjestelmän kuntoa. Lukuisista tutkimuksista huolimatta, on kiistatonta, että sykkeen monitoroinnilla voidaan mitata vain rajoitetun määrän harjoitusvastetta tai suorituskykyä, ja siksi sykedataan olisi hyvä lisätä muita yhdistettäviä parametrejä. (Balsom ym. 1999a; Schneider ym. 2018.)

Viime aikoina painopiste on siirtynyt hieman enemmän sykevälivaihtelun mittaukseen (Achten & Jeukendrup 2003.) Tämä voi johtua siitä, että alhainen sykevälivaihtelu on yhteydessä lisääntyneeseen kuolleisuuteen (Tsuji ym. 1994). Täten on loogista, että enemmän interventiotutkimuksia kohdistetaan sykevälivaihtelun tutkimiseen. Liikunnalla ja harjoitustilalla voi olla positiivinen vaikutus sykevälivaihteluun, kun taas ikä tiedetään korreloivan negatiivisesti sykevälivaihtelun kanssa. $VO_2\max$ ja sykevälivaihtelun välillä on havaittu yhteys, sillä henkilöillä, joilla on korkea $VO_2\max$, on myös korkea sykevälivaihtelu. Pitkittäisharjoitustutkimukset eivät ole kuitenkaan kyenneet todistamaan, että liikuntaharjoituksella voidaan saavuttaa korkeampi sykevälivaihtelu. Täten olisi syytä tutkia asiaa lisää, jotta voidaanko harjoittelulla parantaa tätä ominaisuutta vai onko se pelkästään genetiikasta riippuvainen. (Achten & Jeukendrup 2003.)

Sykkeeseen ja sykevälivaihteluun vaikuttaa monet tekijät ja ne voidaan jakaa useaan luokkaan: patologiset ja fysiologiset tekijät, elämäntapatekijät, ympäristötekijät sekä modifioimattomat tekijät ja vaikutukset. Tekijöiden vaikutus on erisuuruinen. Esimerkkinä jokaisesta kategoriasta on: patologistesti sydän- ja verisuonisairaudet, fysiologisesti sydämen morfologia, elämäntapatekijänä nukkuminen, ympäristötekijänä lämpötila ja modifioimattomat tekijänä ikä. Lisäksi fyysisen aktiivisuuden tekijät kuten harjoittelun intensiivisyys ja kesto ovat osa elämäntapatekijää. Nämä pääryhmät erottuvat tekijöiden joukoista ja ovat toisistaan riippuvaisia, joka tekee järjestelmästä monimutkaisen. Täten ryhmien keskinäistä vaikutusta on tarkennettava tulevaisuudessa. (Fatisson, Oswald & Lalonde 2016; Achten & Jeukendrup 2003.)

Pelin aikana mitatut sykkeet todennäköisesti yliarvioivat hapenottoa, koska tekijät kuten hypertermia, nestehukka ja henkinen stressi nostattavat sykettä vaikuttamatta hapenottoon. Vaikka nämä tekijät otettaisiin huomioon, niin sykemittausten tulokset vaikuttavat viittaavan siihen, että keskimääräinen hapenotto on noin 70 % $VO_2\text{max}$:sta. Hapenoton nousunopeus useiden lyhyiden intensiivisten toimintojen aikana voi olla suorituskyvyn kannalta oleellisempi, kuin keskimääräinen hapenotto pelin aikana. (Bangsbo, Mohr & Krstrup 2006.)

2.1.4 Sarjatasojen ja pelipaikkojen erot

Huipputasolla pelaajat juoksevat pelin aikana keskimäärin 11 km, mutta pelipaikkojen välillä on huomattu eroja (Bangsbo & Michalsik 2002; Arnason ym. 2004; Di Mascio & Bradley 2013; Mallo ym. 2015). Pelianalyysit ovat paljastaneet, että fyysinen rasitus vaihtelee suuresti pelaajien ja pelipaikkojen välillä (FIFA s.a, 126). Niin ikään Thomas & Reilly (1979) havaitsivat tutkimuksessaan, että keskikenttäpelaajat liikkuivat eniten pelin aikana. Kun taas Mallo ym. (2009) havaitsivat, että keskikenttäpelaajat ja laitahyökkääjät liikkuivat suurimman kokonaismatkan pelin aikana ja laiturit suorittivat eniten korkeatehoista juoksua (> 19,8 km/h). Keskuspuolustajat sen sijaan suorittivat vähiten korkeatehoista juoksua.

Mohrin, Krstrupin & Bangsbon (2003) tutkimuksessa on huomattu eroja huippuammattilaisten ja alemman tason pelaajien välillä. Huipputason pelaajat suorittivat 28 % enemmän korkeatehoisia juoksuja ja 58 % enemmän sprinttejä verrattuna keskivertopelaajiin. Lisäksi huipputason pelaajat olivat 11% ($p < 0,05$) parempia YYIR1-testissä. Samassa tutkimuksessa huomattiin, että viimeisen 15 min aikana korkeatehoisia juoksuja tehtiin vähemmän (30–45 %; $p < 0,05$) – riippumatta pelipaikasta tai tasosta – verrattuna ensimmäisen 15 min aikaikkunaan pelin alussa. Vastaavia tuloksia sai myös Krstrup ym. (2006) tutkimuksessaan. Kansainväliset eliittitason jalkapalloilijat suoriutuivat YYIR2-testistä tilastollisesti merkitsevästi paremmin kuin keskitason jalkapalloilijat ($p < 0,05$) (Krstrup ym. 2006a). Lisäksi korkeatehoisissa juoksumäärissä oli suuria eroja myös huipputason naisjalkapalloilijoilla. Keskimäärin pelissä pelaajat juoksivat korkeatehoista juoksua 1,31 km. Vaihteluväli oli kuitenkin suuri pelaajien välillä (0,71–1,7 km). Tutkimuksessa huomattiin myös, että korkeatehoiset juoksut vähenivät ensimmäisellä (30 %) ja toisella (34 %) puoliajalla

viimeisen 15 min aikana verrattuna puoliaikojen ensimmäisiin 15 min aikajaksoihin. (Krustrup ym. 2005)

Bradley ym. (2013) tutkivat kolmen ylimmän sarjatasoeroja Englannissa. Huomattiin, että korkeimman sarjataso eli Valioliigan pelaajat liikkuvat kaikilla eri nopeustasoilla tarkasteltuna eli hölkkäten, juosten, korkeatehoisella juoksulla ja sprintaten vähemmän verrattuna alempien sarjatasojen eli Mestaruussarjan ja Englannin Ykkösliigan pelaajiin. Ainoa poikkeus oli, että sprinttimatkassa ei havaittu eroa keskikenttäpelaajien ja hyökkääjien välillä Valioliigan ja Mestaruussarjan välillä. Tämä on kuitenkin päinvastainen tulos kuin esimerkiksi Mohr ym. (2003) olivat saaneet. Tosin vertailtavien ryhmien tasoero on saattanut olla erilainen. Lisäksi Ykkösliigan pelaajat sprinttasivat enemmän kuin Mestaruussarjan pelaajat pelipaikkakohtaisesti verrattuna. Korkeatehoisten juoksujen määrä oli suurempi kuin kahdella ylemmällä sarjatasolla. Vaikuttaisi, että huipputason joukkueet eivät käytä koko fyysistä kykyä niin usein kuin alemman tason pelaajat. Tätä väitettä tukee Rampinini ym. (2009) tekemä tutkimus, jossa huomattiin, että vähemmän menestyneet joukkueet suorittivat enemmän fyysistä työtä kuin paremmin menestyneet joukkueet. Huonommin menestyneet joukkueet liikkuvat etenkin kokonaismäärällisesti enemmän sekä suorittivat matkallisesti enemmän korkea ja erittäin korkeatehoista juoksua. Erityisen huomionarvoista tuloksissa oli, että menestyneimpien joukkueiden pelaajat suorittavat enemmän fyysistä työtä, kun heillä oli pallo hallussaan verrattuna vähemmän menestyneiden joukkueiden pelaajiin. Lisäksi erityiset tekniset taidot, kuten lyhyet syötöt ja pallon pelaamiseen osallistuminen erosivat menestyneempien ja vähemmän menestyneiden joukkueiden välillä, vaikka kummassakin ryhmässä nämä määrällisesti laskivat toisella puoliajalla. Tulokset viittaavat siihen, että enemmän merkityksellistä ovat tekniset taidot huipputasolla menestymiseen. Näitä teknisiä taitoja ovat onnistuneet lyhyet syötöt, palloihin osallistuminen pelitilanteessa, kuljettaminen, taklaukset ja laukaukset sekä laukausten määrä kohti maalia.

Hoppe ym. (2015) tutkivat Saksan Bundesliigassa korreloiko korkeatehoiset juoksut (> 18,0 & > 22,7 km/h) kauden loppupistemäärän kanssa. Yhteensä 306 pelin analysoinnin tuloksena huomattiin, että korkeatehoiset juoksut eivät tilastollisesti merkitsevästi korreloi loppupistemäärän kanssa. Tuloksista kuitenkin havaittiin, että pallonhallinta korreloi tilastollisesti merkitsevästi loppupistemäärän kanssa, kun taas negatiivinen korrelaatio

löydettiin ilman pallohallintaa tehtyjen korkeatehoisten juoksusuoritusten kanssa, lukuun ottamatta yli 22,7 km/h nopeudella tehtyjen juoksusuoritusten. Korkeatehoiset juoksut eivät olleet itsessään tilastollisesti merkittävä tekijä menestyksen kannalta ja ainut merkitsevä tekijä oli pallonhallinta, joka vastasi 60 % loppupisteiden varianssista. Useat tutkimukset ovat kuitenkin olettaneet, että korkeatehoiset juoksusuoritukset olisivat olennainen tekijä menestyksen kanssa, mutta kyseisestä tutkimusaineistosta siitä ei ollut tilastollisia todisteita. Vaikuttaisi, että korkeatehoiset juoksut eivät yksinään selitä menestystä.

Mohr ym. (2003) selvittivät tutkimuksessaan kuinka paljon huipputason ammattilaispelaajat juoksevat pelin aikana. Pelaajat juoksivat pelin aikana $10,86 \pm 0,18$ km. Neljätoista pelaajaa kahdeksastatoista pelasi maajoukkueessa, jotka olivat osana huipputason ryhmää. Tutkimuksessa verrattiin Tanskan Superliigan pelaajien juoksumäärää huipputason pelaajiin. Tanskan liigassa pelaavien tulos oli $10,33 \pm 0,18$ km. Huipputason pelaajat juoksivat 5 % enemmän ($P < 0,05$) kuin Superliigan pelaajat. Juoksua oli noin 0,5 km enemmän, mikä pitkälti selittyy sillä, että huipputason pelaajat juoksivat enemmän korkeatehoista juoksua suhteessa verrokkiryhmään. Krustrup ym. (2005) havaitsivat tutkimuksessaan vastaavanlaisen kokonaismäärän 10,3 km (9,7–11,3 km). Lisäksi verrattaessa puoliaikojen eroja liikunnan intensiteettiin ja kuljettuun matkaan näyttäisi siltä, että toisella puoliajalla liikutaan selvästi vähemmän kuin ensimmäisellä puoliajalla (Mohr, Krustrup & Bangsbo 2003; Andersson ym. 2010; Bradley ym. 2009; Krustrup ym. 2005; Rienzi ym. 2000).

Liikuttu kokonaismatka ja korkeatehoiset juoksusuoritukset ovat melkein jokaisella pelipaikalla ammattilaistasolla riippuvaisia pelin lopputuloksesta. Keskuspuolustajat ja laitapuolustajat suorittivat huomattavasti vähemmän sprinttejä ja laitapuolustajat liikkuivat lyhyemmän sprinttimatkan voitetuissa ja tasapeliin päättyneissä peleissä kuin hävityissä peleissä. Vain keskikenttäpelaajilla ei havaittu eroa pelin eri lopputulosten välillä. (Andrzejewski ym. 2018.)

Suurin osa tämän vuosituhannen tutkimuksista koskee eurooppalaisia sarjoja ja pelaajia, mutta esimerkiksi Rienzi ym. (2000) havaitsivat, että Etelä-Afrikan pelaajat liikkuivat kansainvälisissä peleissä merkittävästi vähemmän ($P < 0,05$) verrattuna Englannin Valioliigan

pelaajiin. Valioliigan pelaajat liikkuvat yhteensä noin 15 km enemmän. Kun ryhmiä tarkasteltiin yhtenä kokonaisuutena, huomattiin, että keskikenttäpelaajat liikkuvat merkitsevästi suuremman matkan kuin hyökkääjät ja hyökkääjät sprinttasivat merkitsevästi suuremman matkan kuin puolustajat. Tutkijoiden mukaan pelaajan työprofiili on riippuvainen kilpailutasosta ja pelipaikasta.

Pelipaikkojen vertailusta tekee mielenkiintoista se, että jopa saman pelipaikan pelaajilla on eroa fyysisessä profiilissa. Tämä on saatu tietoon maailmanlaajuisen paikallistamisjärjestelmän eli GPS-datan (Global Navigation Satellite System) kautta. Esimerkki verratessa kahta laitapuolustajaa, niin toinen saattaa joukkueen pelitavan mukaan osallistua paljon enemmän hyökkäykseen ja antaa useammin keskityspalloja, jotka johtavat muun muassa suurempaan korkeatehoiseen juoksun määrään. Pelaajan uran ajankohta voi niin ikään vaikuttaa fyysiseen profiiliin. (Sutton 2014.)

Puolustajien ja hyökkääjien vertikaalihypyjen tulokset on havaittu olevan merkitsevästi suurempia kuin keskikenttäpelaajien. Lisäksi yhden toiston kyykkytulos ja vertikaalihypyn korkeuden välillä oli merkittävä korrelaatio ($r = 0,61$, $P < 0,01$), mutta yhden toiston kyykkytuloksessa ei ollut merkittävää eroa kolmen eri pelipaikan välillä. (Wisløff ym. 1998.) Toisaalta uudemmassa Wisløffin ym. (2004) tutkimuksessa, ei havaittu saman joukkueen pelaajien välillä pelipaikoissa eroja vertikaalihypyssä eikä 30 metrin juoksutestin ajoissa.

Etenkin maalivahtien rooli ja ominaisuudet jalkapallossa ovat huomattavasti erilaisempi verrattuna kenttäpelaajiin. Maalivahdin tärkein tehtävä on torjua vastustajan maalintekoaikeet, mikä vaatii hyvää reagointia ja nopeata liikkumista. Torjuntatyöskentely koostuu hypyistä ja syöksymisestä tai ohjatakseen torjunnallaan jalkapallon pois päin omasta maalista. Maalivahdin on myös pyrittävä peittämään mahdollisimman suuri alue. Tämä heijastuu maalivahdin vaatimusten tasoon ja erilaisiin ominaisuuksiin sekä harjoitteluun. (Arnason ym. 2004.)

2.1.5 Korkeatehoiset juoksut

Yksi mielenkiintoisimmista tutkimusaiheista jalkapallossa on ollut viime aikoina pelianalyysit, joissa tarkastellaan pelaajien suorituskykyä kuten sprinttimääriä ja korkeatehoisten juoksujen yhteyttä esimerkiksi pelin lopputulokseen (Andrzejewski ym. 2018). Korkeatehoisten juoksujen ja sprinttien määrää on käytetty yhtenä kriteerinä pelitason määrittämiseksi, koska eroavaisuudet mainituissa asioissa näyttäisi olevan merkittävä tekijä pelaajan kuntotason määrittämiseksi (Di Salvo ym. 2009).

Yksinkertaisimmillaan suuri korkeatehoisten suoritusten määrä voidaan selittää hyvän aerobisen kestävyyskunnan avulla, koska hyvä aerobinen kunto todennäköisesti parantaa palautumista myös korkean intensiteetin ajoittaisesta liikunnasta tehostamalla aerobista vaikutusta ja lisäämällä harjoituksen jälkeistä hapenkulutusta. Lisäksi mahdollisesti lisäämällä PCr-palautusta ja suurentamalla laktaatin poistoa, jotka ovat liitetty parantuneeseen palautumiseen. (Tomlin & Wenger 2001.) Kyky toipua nopeasti on merkittävä ominaisuus monissa joukkueurheilulajeissa, joissa on peräkkäisiä intensiivisiä jaksoja. Korkeatehoiset juoksut pelissä ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä hyvän ja huonon fyysisen ottelusuorituskyvyn välillä (Krustrup ym. 2005) ja liittyvät läheisesti harjoittelun tilaan (Krustrup ym. 2003).

On hyvä huomata, että korkeatehoiset juoksut eri tutkimusten välillä eivät ole suoraan verrattavissa, jos tutkimuksen nopeusraajat ja mittaustavat ovat erilaiset. Esimerkiksi Di Salvo ym. (2010) ja Di Mascio ym. (2013) käyttivät tutkimuksessa sprintin nopeusrajana $>25,2$ km/h. Di Salvo ym. (2010) raportoivat, että keskimäärin korkeatehoista juoksua kertyi 205 ± 108 m. Sen sijaan Di Mascio ym. (2013) raportoi vain nopeusalueiden 4 ja 5 yhteisen matkan eli yli 19,8 km/h nopeudella kertyvän juoksun määräksi 111 ± 28 m. Krustrup ym. (2005) käyttivät tutkimuksessa sprintin nopeusrajana $> 25,0$ km/h ja korkeatehoisen juoksun nopeusrajana 18 km/h. Tutkimuksen koehenkilöt olivat huipputasoisen naisjalkapalloilijoita ja heille kertyi sprinttiä 160 m. Muutaman muun lähteen mukaan sprinttiä kertyy 200–350 m ($\geq 25,0$ km/h) per peli riippuen pelipaikasta (Arnason ym. 2004; FIFA s.a, 124). Bradley ym. (2014) tutkimuksessa nopeusraja sprintille oli $>25,1$ km/h ja korkeatehoiselle juoksulle 19,8 km/h. Tosin he raportoivat kuljetut matkat suhteutettuna peliaikaan (m/min). Vaikuttaisi, että huomio

kannattaa kiinnittää enemmän nopeusalueen rajaan, koska nopeusalueen raja kertoo enemmän kuin alueen nimitys.

Korkeatehoisten juoksujen rajana on käytetty vaihtelevaa 14,4–19,8 km/h nopeusrajaa ((Di Mascio & Bradley 2013; Mohr, Krstrup & Bangsbo 2003; Andersson ym. 2010; Di Salvo ym. 2007). 19,8 km/h nopeusraja voi olla herkempi kuin alhaisemmat nopeusrajat, koska korkeatehoisten juoksujen väheneminen oli suurempaa, kuin muissa tutkimuksissa (Di Mascio ym. 2013; Mohr, Krstrup & Bangsbo 2003). Abt & Lovell (2009) tutkivat absoluuttisen nopeuskynnyksen 19,8 km/h rajaa tunnistamaan korkeatehoisia juoksuja. He vertasivat toisen hengityskynnyksen rajaa absoluuttiseen rajaan. Toisen hengityskynnyksen rajan mediaani oli 15 km/h, joka oli huomattavasti pienempi kuin absoluuttinen raja. Nopeusrajojen välinen keskimääräinen ero lasketulla matkalla oli todella suuri ja nopeutuvalla juoksumattotestillä rajojen väliseksi keskimääräiseksi eroksi saatiin 1413 m. Absoluuttisella nopeusrajalla mitattuja korkeatehoisia juoksuja kertyi huomattavasti vähemmän, joten tällä nopeusrajalla korkeatehoisten juoksujen etäisyys voi olla huomattavasti aliarvioitu.

Mohr ym. (2003) raportoivat tutkimuksessaan, että keskikenttäpelaajat, laitapuolustajat ja hyökkääjät kulkivat suuremman matkan korkeatehoista juoksua kuin keskuspuolustajat. Myös korkeatehoista juoksua kertyi hyökkääjille ja laitapuolustajille enemmän pelin aikana kuin keskikenttäpelaajille ja keskuspuolustajille. Kuitenkaan hyökkääjien ja laitapuolustajien välillä ei ollut eroa, eikä myöskään keskikenttäpelaajien ja keskuspuolustajien välillä.

Di Mascio & Bradley (2013) tutkivat korkeatehoisten juoksumäärän eroja eri pelipaikkojen välillä. Analyysissä oli mukana 100 pelaajaa viideltä eri pelipaikalla ja jokaista paikkaa edusti 20 pelaajaa. Vain pelaajat, jotka pelasivat täydet minuutit, olivat mukana analyysissä. Keskuspuolustajat suorittivat pienemmän ajan korkeatehoisia juoksuja pelissä verrattuna muihin kenttäpelaajiin ($104,2 \pm 24,6$ s) ja laitahyökkääjät tekivät eniten korkeatehoista juoksua ajallisesti ($191,6 \pm 44,0$ s). Lisäksi puolustajilla kului enemmän aikaa palautua verrattuna keskikenttäpelaajiin. Näin ollen myös puolustajien työ-lepo-suhde oli suurempi kuin muilla pelipaikkojen edustajilla. Tutkimuksessa ei kuitenkaan saatu todisteita maksimi juoksunopeuden ja keskimääräisten korkeatehoisten juoksujen eroavaisuuksista pelipaikkojen

välillä. Täten vaikuttaa kohtuulliselta päätellä, että harjoittelu ja testaus pitäisi olla suhteessa pelaajan pelipaikkaan. Tutkijat ehdottavatkin, että harjoittelu tulisi vastata pelissä havaittua työ-lepo-suhdetta. Esimerkiksi kahdeksan korkeanintensiteetin 7–8 s:n jaksoja 30 s:n palautusajalla (1:4 työ-lepo-suhte) jäljittelevät laitapuolustajien, keskikenttäpelaajien, laitureiden ja hyökkääjien pelin aikaista työ-lepo-suhdetta.

Valmentajien olisi hyvä sisällyttää toistuvia sprinttejä osana harjoituksia, jotka olisi syytä suorittaa oikealla työ-lepo-suhteella pelipaikkakohtaisesti, jotta pelaajat suoriutuvat pelin aikana monista korkeatehoisista suorituksista. Testauksen ja harjoituksen jaksot olisi syytä olla noin viiden minuutin pituisia sisältäen keskimääräisen määrän korkeatehoista juoksua ja sopivan määrän työtä sekä palautumista. Tämän tyyppinen harjoitus mahdollistaa joukkueen fyysisten kykyjen kehittymisen, jolloin pelaajat voivat ylläpitää kykyä toistaa korkeatehoisia juoksuja ja parantaa palautumista intensiivisten ajanjaksoja välillä. (Di Mascio & Bradley 2013.)

Di Mascio & Bradley (2013) mittasivat korkeatehoisten juoksujen välisen keskimääräisen palautumisjakso olevan $33,3 \pm 19,7$ s ja kaikista intensiteettisempien ajanjaksojen aikana keskimääräinen palautumisaika oli noin 30 s. Palautumisjaksot olisi hyvä pitää lyhyinä harjoituksissa, mikä voi edesauttaa pelaajien anaerobisia ominaisuuksia paranemista. Näiden kaikista korkeimpien intensiteetin ajanjaksojen ajan, pelaajat juoksivat keskimäärin 10 % enemmän korkeatehoista juoksua, kun joukkueella oli pallonhallinta. Vastaavia tuloksia on saatu Rampininin ym. (2009) tutkimuksessa Italian korkeimmalta sarjatasolta. Menestyneimmät joukkueet suorittivat enemmän korkeatehoista juoksua sekä liikkuivat kokonaismäärällisesti enemmän, kun heillä oli pallonhallinta. Menestyneimpien joukkueiden pelaajat osaavat mahdollisesti paremmin ajoittaa korkeatehoiset juoksusuoritukset pelin aikana.

Kokonaismäärällisesti tarkasteltuna korkeatehoisissa juoksuissa ja kuljetussa kokonaismatkassa ei ole havaittu eroja jalkapallon suosituimmista muodostelmissa: 4-4-2, 4-3-3 ja 4-5-1. Kuitenkin 4-5-1 muodostelmassa pelaajat suorittivat kaikista vähiten korkeatehoista juoksua, kun heidän joukkueellansa oli pallonhallinta verrattuna siihen, kun joukkueella ei ollut pallonhallintaa. Havainto voi johtua siitä, että 4-5-1 muodostelma on puolustavampi kuin 4-4-

2 tai 4-3-3 muodostelma. Sen sijaan 4-3-3 muodostelmassa hyökkääjät suorittivat noin 30 % enemmän korkeatehoista juoksua kuin hyökkääjät 4-4-2 ja 4-5-1 muodostelmissa. Kyseisen muodostelman havaittiin vaikuttavan vain hyökkääjien korkeatehoisten juoksujen määrään. (Bangsbo 2014.)

2.1.6 Pelin intensiteetin vaihtelu

Normaali jalkapallopele kestää 90 min, joten jalkapallo on pääosin riippuvainen aerobisesta aineenvaihdunnasta pelin keston takia. Keskimääräistä työn intensiivisyyttä voidaan mitata sykkeen avulla. Pelin aikana työn intensiivisyys on lähellä anaerobista kynnystä, joka tarkoittaa korkeinta mahdollista liikunnan intensiivisyyttä, jossa laktaatin tuotanto ja poisto ovat tasapainossa. Kynnys ilmoitetaan prosenttiarvona maksimisykkeestä, mikä on yleensä 80–90 % maksimisykkeestä jalkapalloilijoilla. Tätä korkeampaa keskiarvoista intensiteetin tasoa olisi fysiologisesti mahdotonta pitää yllä, koska liikunnan aikana vereen kasautuisi liian suuri määrä laktaattia. Pelin aikana kuitenkin tulee korkean intensiteetin hetkiä ja tilanteita, joissa laktaatin tuotto on suurempaa kuin poisto. Tätä ei voi kuitenkaan jatkua pitkään ja siksi pelaajat tarvitsevat matalamman intensiteetin aktiivisuutta, kuten kävelyä. (Stølen ym. 2005.) Keskimäärin pelaajan veren laktaattikonsentraatio on pelin aikana 7–8 mmol/l, mutta laktaattipitoisuudet voivat nousta jopa yli 10 mmol/l (Ekblom 1986; Nummela 2018, 36). Tarkasteltaessa puoliaikojen eroja laktaattitasoissa, ensimmäisellä puoliajalla on havaittu $6,0 \pm 0,4$ mmol/l ja toisella puoliajalla $5,0 \pm 0,4$ mmol/l laktaattitasoja (Krustrup ym. 2006b).

2.1.6.1 Syke

Normaali syke on levossa noin 60–80 lyöntiä minuutissa, mutta liikkumisen aloitettua syke kasvaa suoraan verrattuna liikunnan intensiteetin lisääntymiseen, kunnes saavutetaan lähes maksimitaso. Syke alkaa tasaantua, kun saavutetaan maksimi-intensiteetti, vaikka harjoituksen työmäärä lisääntyisi. Tämä on merkki siitä, että syke on saavuttamassa maksimitasonsa. (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 196–197, 269.)

Maksimisyke on korkein lyöntitaajuus minuutissa, mikä saavutetaan maksimisuorituksessa vapaaehtoiseen maksimi väsymispisteeseen saakka. Harjoittelu ei juuri muuta maksimisykettä

tai pienentää sitä vain hieman. Maksimisyke on todella luotettava arvo ja se pysyy päivästä toiseen samana, kun se on tarkkaan määritetty. Maksimisyke voi kuitenkin hieman alentua normaalin ikääntymisen takia. Jokaisen henkilön maksimisyke on yksilöllinen, mutta nyrkkisääntönä pidetään, että 10–15 ikävuosien jälkeen syke alkaa laskea yhden lyönnin per vuosi. (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 196–197, 269.)

Osa tutkimuksista on havainnut maksimisykkeessä puoliaikaeroja pelaajilla ja erotuomareilla sukupuolesta riippumatta. Toisen puoliajan maksimisykkeen on havaittu olevan merkittävästi alhaisempi kuin ensimmäisen puoliajan maksimisyke. (Weston & Brewer 2002; Helgerud ym. 2001). Toisaalta esimerkiksi Mallo ym. (2009) ja Andersson ym. (2010) havaitsivat, että maksimisyke oli hieman alhaisempi toisella puoliajalla, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä.

Sydämen syke nousee vauhdikkaasti, kun harjoittelun intensiteetti pysyy tasaisena millä tahansa submaksimaalisella työkuormalla, kunnes syke tasaantuu. Tätä tasaantunutta kohtaa kutsutaan tasapainotilan sydämen sykkeeksi (steady state heart rate) ja se on optimaalinen syke vastaamaan verenkierron vaatimuksiin tietyllä työteholla. Sykkeellä kestää noin 2–3 min tasaantua uuteen tilaan jokaista seuraavaa intensiteetin nousua kohtaa. Kuitenkin mitä intensiteetisempi fyysinen rasitus on, sitä kauemmin sykkeellä kestää saavuttaa tasainen tila. Yleensä hyväkuntoisilla henkilöillä on alhaisempi tasaisen tilan syke verrattuna huonommassa kunnossa oleviin henkilöihin. Tämä viittaa siihen, että heillä on parempi hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyyskapasiteetti, joka näkyy esimerkiksi vaihteittain nousevassa submaksimaalisessa juoksumattotestissä. Kahden henkilön tehontuotto voi olla sama, mutta sykkeessä saattaa olla suuri ero. Siksi tasaisen tilan syke vakio intensiteetillä on pätevä ennustaja hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnosta (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 197.)

Syke on yksi yksinkertaisimmista fysiologisista vasteista mitata ja täten myös yksi informatiivisimmista mitattavista asioista sydän- ja verisuosirasituksen kannalta. Sykkeen voi helposti mitata koehenkilöltä harjoituksen aikana esimerkiksi sykevyön avulla ja syke on hyvä indikaattori osoittamaan harjoituksen suhteellinen intensiteetti. Pelaajien itse olisi hyvä tietää henkilökohtainen maksimisyke, kuten myös anaerobinen kynnyksen ja leposyke, koska kun

tiedetään pelaajan henkilökohtaiset sykealueet, voidaan paremmin harjoitella tiettyjen ominaisuuksia tavoitteiden mukaan. Maksimisyke olisi syytä mitata laboratoriossa mahdollisimman tarkan arvon saamiseksi, koska se on yksi päämittareista kestävyysharjoittelun intensiteetistä ja laadusta. Syketasot voivat kuitenkin vaihdella paljonkin eri lajista omaavilla henkilöillä (100 m:n juoksija vs. maratoonari). (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 196; FIFA s.a, 133.)

Aerobisella harjoittelulla submaksimaaliseen sykkeeseen voi vaikuttaa yleensä alentavasti, koska aerobisen harjoittelujakson jälkeen on huomattu, että millä tahansa nopeustasolla juoksumatolla syke oli pienempi harjoittelujakson jälkeen. Esimerkiksi 20 viikon harjoittelujakson jälkeen tutkimuksessa havaittiin, että syke laski merkitsevästi samalla absoluuttisella teholla kokonaisryhmässä, joka osoittaa, että harjoitteluvaikutus on olemassa. Harjoitteluun liittyvä sykkeen aleneminen on yleensä vielä suurempaa suuremmilla intensiteettitasoilla. Tämä johtuu siitä, että hyväkuntoisen sydämen tarvitsee tehdä vähemmän työtä ylläpitääkseen tarvittava taso, jossa lihakset pystyvät toimimaan normaalisti. (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 267; Skinner ym. 2003.)

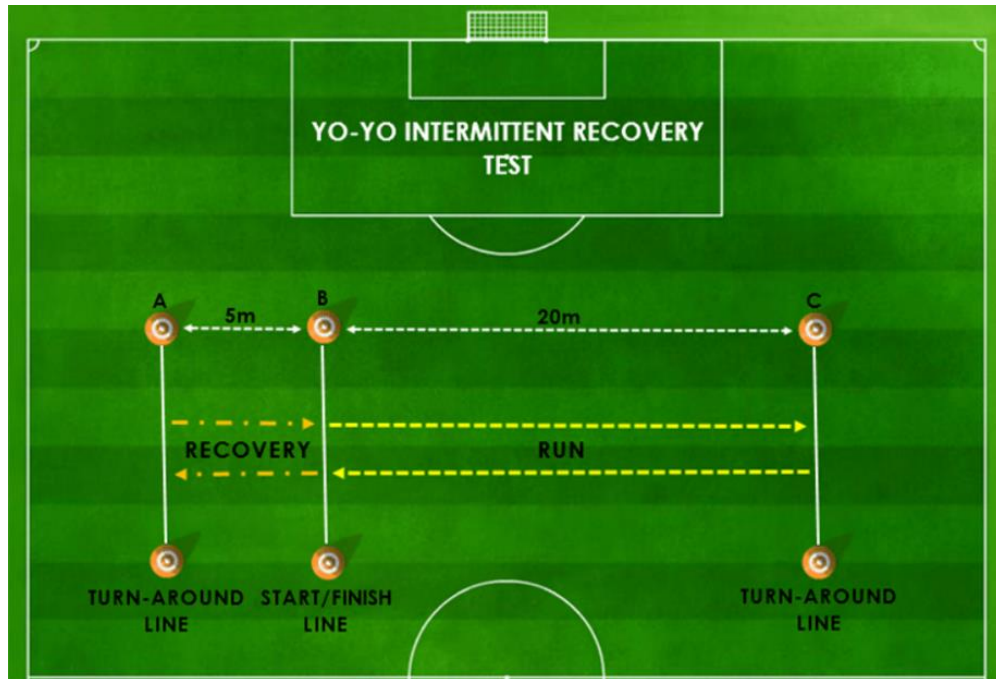
3 FYYSINEN SUORITUSKYKY JA SEN TESTAUS

Tämän kappaleen tarkoituksena on avata lukijalle, minkälaisia kenttätestejä järjestetään tutkielmassa ja kertoa niiden merkityksestä. Lisäksi tuodaan esille aiemmista tutkimuksista saatua tietoa ja kerrotaan yleisesti fyysisestä suorituskyvystä jalkapallossa sekä minkälaisilla testeillä sitä mitataan.

Nykyisin fyysisen kunnon tärkeys jalkapalloilijoilla on yhä enemmän noussut keskiöön. Tämä ei ole vain keskinäisessä roolissa ammattilaistasolla, vaan myös nuorisotasolla. Nykyisin jo 18–20-vuotiaat nousevat huippujoukkueiden kokoonpanoon mukaan ja harjoittelevat edustusjoukkueen kanssa. Tämän on mahdollistanut parantunut harjoittelun laatu nuorilla pelaajilla, jonka taustalla on tieteellinen ja metodologinen lähestymistapa, jolla pyritään räätälöimään paras mahdollisen harjoittelu eri kehitysvaiheille. (FIFA s.a, 120.)

3.1.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti

Monessa pallopelissä, kuten jalkapallossa, kuormitus on ajoittaista ja suoritus riippuu pelaajan kyvystä toistaa korkeatehoisia suorituksia, joten useimmissa jalkapalloilijoille suunnatuissa kestävyystesteissä on peliä simuloiva kuormitusosio. Tätä mukaileva Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti (YYIR) on suunniteltu hyödylliseksi kenttätestiksi, joka vastaa pelissä koettua kuormitusta. (Stølen ym. 2005; Krstrup ym. 2003.) Testi koostuu 20 m pituudeltaan olevasta juoksualueesta ja 5 m pituudeltaan olevasta palautumisalueesta. Pelaajien tehtävänä on juosta kovenevalla vauhdilla 20 m väli päästä päätyyn, jonka jälkeen kiertää kävellen tai hölkäten 5 m päässä oleva kartio palautumisalueen reunalta. Tähän kartion kiertämiseen on annettu 10 s aikaa, jonka jälkeen juokseminen jatkuu. Edistyneimpien urheilijoiden (YYIR2) eli tason 2 testi alkaa 13 km/h nopeudesta, joka kasvaa saavutettujen tasojen myötä nopeasti. (Keskinen ym. 2018, 110.) Kuvassa 1 on esitetty Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin alueet. Alue on sama tason 1 ja 2 testissä.



KUVA 1. Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin testiasetelma (Walker 2016).

Korkeatehoiset juoksut pelin aikana korreloivat Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin suoritusta. Osassa tutkimuksista on myös saatu viitteitä, että maksimaalinen hapenottokyky korreloisi testituloksien kanssa. Testin aikana aerobinen kuormittavuus saavuttaa maksimiarvon ja anaerobinen energiajärjestelmä on suuresti kuormitettu. Lisäksi testillä on korkea toistettavuus ja sensitiivisyys, ja näin ollen testi soveltuu hyvin jalkapalloilijoiden fyysisen suorituskyvyn mittaamiseen. (Stølen ym. 2005; Krstrup ym. 2003; Bangsbo ym. 2008; Krstrup ym. 2006a.)

Jalkapallo – etenkin huipputasolla – on monimutkainen urheilulaji, joka vaatii muutakin kuin kykyä toistaa korkean intensiteetin suorituksia. Suorituskykyyn vaikuttaa muun muassa psykologiset tekijät, fyysinen kuntotaso, pelaajien tekniikka ja joukkueen taktiikka (Arnason ym. 2004; Stølen ym. 2005).

Krstrup ym. (2006) selvittivät YYIR2-testin pelaajan yksilöllistä vaihtelua kahden testikerran välillä. Testien välillä ei havaittu merkitsevää eroa (688 ± 46 m & 677 ± 47 m). Keskiarvoisesti sisäinen yksilöllinen ero testien välillä oli 1 ± 12 m variaatiokertoimen ollessa 9,6 %. Bangsbo

ym. (2008) saivat tutkimuksessaan samanlaisia arvoja YYIR2-testin uusintatoistettavuus mittauksista. Tutkimuksessa raportoitiin tilastollisesti voimakas yhteys ($r(51) = 0,97; p < 0,05$) testikertojen välillä ja variaatiokerroin oli 10,4 %. Vastaavasti Krstrup ym. (2003) ilmoitti tutkimuksessa toistotestin variaatiokertoimeksi vain 4,9 %. Eroavaisuutta ei havaittu ensimmäisen ja toisen kerran välillä YYIR1-testissä (1867 ± 72 m & 1880 ± 89 m) ja sisäinen yksilöllinen vaihtelu testien välillä oli keskimäärin 13 ± 24 m. Näiden tulosten perusteella YYIR2-testillä on kohtuullisen korkea toistettavuus, vaikka testi sisältää psykologisia komponentteja, jotka voivat vaihdella. Psykologiset komponentit voivat vaikuttaa tuloksiin testien välillä. Lisäksi samaisessa tutkimuksessa havaittiin selvä parannus YYIR1 ja 2 -testien tuloksissa valmistavalla kaudella. Parannusta tuli YYIR1-testissä 25 % ja YYIR2-testissä 42 %. Toisaalta kauden aikana saatiin samoilla koehenkilöillä vaihtelevia tuloksia. YYIR1-testissä on yleisesti havaittu, että keskuspuolustajat suoriutuvat testistä heikommin kuin muun pelipaikan pelaajat, mutta vastaavaa eroavaisuutta ei ole havaittu YYIR2-testissä. Yhteenvedon voidaan kuitenkin todeta, että YYIR-testiä voi käyttää tehokkaasti arvioimaan pelaajan suorituskyykyä ja täten mahdollisesti havaitsemaan testissä merkitseviä tuloseroja pelipaikkaryhmien välillä.

Krstrup ym. (2006) tutkivat YYIR2-testin fyysisiä vasteita, luotettavuutta ja soveltuvuutta eliittitason jalkapallossa. Korrelaatiota ei havaittu YYIR2-testin tuloksen ja 50 m:n sprinttiaikojen välillä ($r = 0,21; p > 0,05$). Korrelaatiota ei havaittu myöskään 30 m:n juoksuajan ajan kanssa. Sen sijaan korrelaatio havaittiin kasvavan nopeuden juoksumattokokeen ja YYIR2-testin välillä ($r = 0,74; p < 0,05$). Niin ikään Lockie ym. (2017) eivät havainneet YYIR1 ja 2 -testien korreloivan merkitsevästi 30 m:n sprintti-intervalliaikojen kanssa, mutta merkittävä korrelaatio havaittiin YYIR1 ja 2 -testitulosten välillä ($r = 0,582$), mutta selittävä varianssi oli pieni (33,9 %). Tutkimukseen osallistuneet jalkapalloilijat pärjäsivät suhteessa paremmin YYIR1-testissä kuin YYIR2-testissä. Tutkijoiden mukaan YYIR2-testi tarjoaa kuitenkin tarkemman mittauksen korkeatehoisista juoksuista kuin YYIR1-testi, koska YYIR2-testin korkeatehoisten juoksujen määrä ja anaerobinen vaatimus oli erilainen kuin YYIR1-testissä. YYIR2-testi korostaa enemmän anaerobisia kyykyjä ja täten YYIR2-testi soveltuu paremmin tutkielmaa varten.

YYIR1 ja 2 -testeistä on tullut yleinen arviointityökalu monissa eri joukkueurheilulajeissa. Osa maa- ja seurajoukkueista on asettanut pelaajille tietyt minimivaatimukset. Esimerkiksi Singaporen kotimainen ammattilaisliiga vaihtoi 2,4 km juoksukuntotestin YYIR1-testiin. FAS (Football Association of Singapore) ilmoitti joulukuussa 2017, että YYIR1-testi tullaan suorittamaan tästä eteenpäin kolme kertaa vuoden aikana – ennen kauden alkua valmistavalla kaudella, kauden puolessa välissä ja kauden jälkeen. (Football Association of Singapore 2018.) YYIR1-testi vaikuttaisi sopivan paremmin arvioimaan kykyä suorittaa korkeatehoisia juoksusuorituksia varsinaisen pelin aikana kuin 12 minuutin juoksutesti. Huolimatta siitä, että molemmat testit saivat aikaan maksimaalisen suorituksen ryhmissä, niin ryhmien tulokset vaihtelivat vain YYIR1-testissä. YYIR1-testi kykeni erottelmaa eri kilpailutasoilla toimivat jalkapalloerotuomarit ja täten testiä voisi mahdollisesti käyttää kykyjen etsinnässä hyväksi. (Castagna, Abt & D'Ottavio 2005.)

Taulukossa 1 on esitetty Schmitzin ym. (2018) systemaattisesta katsausartikkelista valittuja YYIR2-testin tuloksia jalkapalloilijoilta. Kaikista ylimmän tason pelaajien on raportoitu suorittavan YYIR2-testissä 1047–1106 m (Schmitz ym. 2018; Krstrup ym. 2006a; Mohr ym. 2016). Harrastajataso ja lähes huipputason väliset tulokset ovat vaihdelleet 748–874 m välillä. Lisäksi naisjalkapalloilijoilla on havaittu yleisesti pienempiä tuloksia kuin miesjalkapalloilijoilla. (Schmitz ym. 2018.)

TAULUKKO 1. Muokattu taulukko systemaattisen katsausartikkelin YYIR2-testin tuloksista (Schmitz ym. 2018).

Laji	Sukupuoli	Taso	Koehenkilöitä	Keskiarvo (m)	Keskihajonta (m)
Jalkapallo	Miehet	Ylin eliitti	n = 239	1047	322
Jalkapallo	Miehet	Eliitti	n = 253	866	224
Jalkapallo	Miehet	Melkein eliitti	n = 605	874	300
Jalkapallo	Miehet	Harrastelija	n = 329	740	353
Jalkapallo	Naiset	Eliitti	n = 16	634	155
Jalkapallo	Naiset	Melkein eliitti	n = 62	502	159
Jalkapallo	Miehet	Eliitti	n = 281	904	288
Jalkapallo	Miehet	Harrastelija	n = 53	748	336
Futsal	Miehet	Eliitti	n = 27	757	184

YYIR-testillä arvioidaan pelaajia myös muissa joukkueurheilussa, ja esimerkiksi moni krikettimaajoukkue on asettanut minimivaatimuksen pelaajille. Testi on myös monessa maajoukkueessa pakollinen. (Gollapudi 2017.) Uuden-Seelannin minimitaso on tietävästi kaikista korkeimmalla, mutta rajan saavuttaminen ei ole ennakoedellytys maajoukkueeseen valitsemiseen. Intian maajoukkueen vaaditulle tasolle pelaajan täytyy juosta 40 m:n matka (20 m + 20 m) 28 kertaa YYIR1-testissä, mikä vastaa 1120 m:n kokonaismatkaa. Vastaavasti Uuden-Seelannin maajoukkueen tason saavuttaminen vaatii pelaajalta 60 kertaa päädyistä päätyyn juoksemista, mikä vastaa 2400 m:n kokonaismatkaa. Tämä antaa hieman perspektiiviä maajoukkueiden eri kuntovaatimuksista tämän testin osalta. Eri tutkimuksista koottujen tulosten mukaan, 1120 m:n kokonaismatka vastaa arvostelussa keskiarvoista suoritusta, kun taas 2400 m:n kokonaismatka vastaa huipputason raja-arvoa (Wood 2018). Arvostelut ovat kuitenkin vain suuntaa antavia. YYIR-testille ei ole tietävästi yleisesti hyväksyttyä arvosteluasteikkoa, jota käytettäisiin laajamittaisesti.

3.1.2 30 metrin juoksutesti

30 metrin juoksutesti on jalkapallossa laajalti käytössä, koska se edustaa lyhyitä juoksusuorituksia, jotka ovat tyypillisiä jalkapallossa. Yleisin juoksutestin matka on 30 m ja tapana on myös mitata 10 m:n väliaika (Stølen ym. 2005). 10 m:n ja 30 m:n ajat johtavat juurensa todennäköisesti siihen, että Barros ym. (1999) havaitsivat tutkimuksessa, jota Wisløff ym. (2004) referoi, että 96 % sprinteistä pelin aikana on alle 30 m ja 49 % on alle 10 m. Lisäksi keskimääräiseksi sprinttimatkaksi on mitattu pelissä 15–23 m (FIFA s.a, 124).

Helgerudin ym. (2001) tutkimuksessa huipputason junioripelaajien harjoitusryhmällä 10 m:n juoksun tulos oli $1,88 \pm 0,06$ s ennen kahdeksan viikon aerobista intervalliharjoittelua. Tulos parani hieman harjoitusohjelman myötä harjoitusryhmässä ($1,87 \pm 0,05$ s), kun taas kontrolliryhmässä se pysyi samana. Kuitenkin on huomattu, että pelaajilla, joilla on sama 10 m:n väliaika, voi olla eri 30 m:n loppuaika. Tämä voi olla mahdollista myös toisinpäin. Näin ollen sprinttiharjoittelun painopistettä voisi muuttaa yksilöllisesti parantaakseen suoritusta, kun tiedetään väliajat (Stølen ym. 2005). Tässä asiayhteydessä Cometti ym. (2001) arvioivat huipputason pelaajien, ammattilaisten ja harrastelijoiden lihasvoimaa ja anaerobista voimaa

erilaisilla testeillä. Ryhmät koostuivat Ranskan ensimmäisen (huipputaso) ja toisen sarjataso (ammattilaiset) pelaajista sekä alemman tason pelaajista (harrastelijat). Ryhmien välillä ei havaittu merkittävää eroa 30 m:n ajoissa, mutta huipputaso pelaajat sekä ammattilaiset juoksivat 10 m:n matkan nopeammin kuin harrastelijat ($P < 0,05$). Kuitenkaan tilastollista eroa ei havaittu huipputaso ja ammattilaisten välillä. Arslanoğlu ym. (2013) havaitsivat, että hyökkääjät olivat nopeimpia ja maalivahdit vastaavasti hitaimpia 10 m:n ja 30 m:n juoksumatkoilla. Pelipaikkaryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Deprez ym. (2015) havaitsivat niin ikään, että nuoret hyökkääjät olivat nopeimpia 30 m:n juokсутestissä. Tutkimuksessa oli mukana korkean tason 8–18-vuotiaita jalkapalloilijoita.

Taulukkoon 2 on koottuna laaja otanta jalkapalloilijoita ja heidän juoksusuorituksensa tärkeimpiä komponentteja (Haugen, Breitschädel & Seiler 2020). Taulukossa on esitetty taso, pelipaikka, sukupuoli ja ikä. Tulokset ovat analysoitu parhaasta juoksusuorituksesta ja kokonaisjuoksumatka oli 40 m, josta sprinttimuuttajat laskettiin. Data on kerätty Norjalaisessa Olympia harjoittelukeskuksessa jo 1995 vuodesta alkaen. Kaikki pelaajat olivat joko Norjan maajoukkueen tai Norjan jalkapallosarjan pelaajia. Mittauksissa käytettiin aikaportteja ja kahta eri laukaisumenetelmää: radan alla olevaa kytkintä sekä lähtöä 60 cm:n ensimmäisen aikaportin takana. Mittausmenetelmät olivat käytössä eri vuosina. Ajanoton laukaisumetodien samanaikainen vertailu osoitti, että 40 m:n juoksuajoissa ei ollut eroa ($0,00 \pm 0,02$). Haugen, Breitschädel & Seiler (2020) käyttivät neljän väliajan tulosta (10 m:n välein) viiden väliajan sijaan, jota laskentataulukon kehittäjät Morin & Samozino (2016) suosittelivat. Laskentataulukkoa testattiin myös Stalker ATS tutkadataalla ja tulosten havaittiin olevan hyvin samanlaisia kuin aikaportteilla mitatut. Tulokset olivat hiukan suuremmalla vääristymällä (3–7 %).

TAULUKKO 2. Muokattu taulukko suuresta jalkapalloilijoiden poikkileikkaustutkimuksesta (Haugen, Breitschädel & Seiler 2020). Tulokset ovat esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina.

Kategoria	n =	Ikä (v)	10 m aika (s)	F0 (N)	V0 (m/s)	Pmax (W/kg)	Rfmax (%)	Drf (%)
Maajoukkue (N)	93	24 ± 4	2.17 ± 0.06	7.6 ± 0.5	8.1 ± 0.4	15.5 ± 1.3	43.2 ± 1.5	-8.9 ± 0.7
1. divisioona (N)	65	21 ± 3	2.21 ± 0.07	7.5 ± 0.4	7.8 ± 0.4	14.7 ± 1.3	42.4 ± 1.5	-9.2 ± 0.6
Junioriakatemia (N)	49	18 ± 2	2.20 ± 0.09	7.6 ± 0.7	7.8 ± 0.4	14.8 ± 1.8	42.4 ± 2.2	-9.2 ± 0.8
Hyökkääjät (N)	42	22 ± 3	2.16 ± 0.07	7.6 ± 0.5	8.1 ± 0.5	15.5 ± 1.4	43.2 ± 1.6	-8.8 ± 0.7
Puolustajat (N)	53	23 ± 4	2.19 ± 0.06	7.6 ± 0.4	8.0 ± 0.4	15.1 ± 1.3	42.8 ± 1.4	-9.0 ± 0.7
Keskikenttäpelaajat (N)	47	23 ± 4	2.19 ± 0.07	7.6 ± 0.4	7.9 ± 0.4	15.1 ± 1.4	42.7 ± 1.6	-9.1 ± 0.6
Maalivahdit (N)	16	21 ± 4	2.22 ± 0.06	7.5 ± 0.4	7.7 ± 0.3	14.5 ± 1.2	42.1 ± 1.4	-9.2 ± 0.5
<20 v (N)	38	18 ± 1	2.20 ± 0.08	7.6 ± 0.6	7.9 ± 0.5	15.0 ± 1.6	42.6 ± 1.8	-9.1 ± 0.7
20–24 v (N)	72	22 ± 1	2.19 ± 0.06	7.6 ± 0.4	8.0 ± 0.5	15.2 ± 1.3	42.9 ± 1.4	-9.0 ± 0.7
>24 v (N)	48	27 ± 3	2.18 ± 0.06	7.6 ± 0.4	8.0 ± 0.4	15.3 ± 1.3	43.0 ± 1.5	-9.0 ± 0.6
Maajoukkue (M)	57	25 ± 4	2.01 ± 0.05	8.5 ± 0.5	9.2 ± 0.4	19.5 ± 1.4	47.0 ± 1.4	-8.5 ± 0.7
1. divisioona (M)	282	24 ± 4	2.02 ± 0.06	8.4 ± 0.5	9.2 ± 0.4	19.4 ± 1.6	47.2 ± 1.6	-8.4 ± 0.6
2. divisioona (M)	69	23 ± 4	2.03 ± 0.06	8.2 ± 0.5	9.2 ± 0.4	18.8 ± 1.6	46.6 ± 1.6	-8.3 ± 0.6
3–5. divisioona (M)	59	23 ± 4	2.09 ± 0.05	7.9 ± 0.4	8.9 ± 0.4	17.6 ± 1.1	45.4 ± 1.2	-8.4 ± 0.6
Hyökkääjät (M)	90	23 ± 4	1.99 ± 0.06	8.6 ± 0.6	9.3 ± 0.4	20.1 ± 1.6	47.9 ± 1.5	-8.5 ± 0.6
Puolustajat (M)	110	25 ± 4	2.02 ± 0.06	8.4 ± 0.6	9.3 ± 0.4	19.4 ± 1.6	47.2 ± 1.5	-8.4 ± 0.6
Keskikenttäpelaajat (M)	102	23 ± 4	2.03 ± 0.05	8.3 ± 0.5	9.2 ± 0.4	19.1 ± 1.5	47.0 ± 1.4	-8.5 ± 0.6
Maalivahdit (M)	37	25 ± 4	2.04 ± 0.05	8.3 ± 0.5	9.0 ± 0.4	18.6 ± 1.3	46.5 ± 1.3	-8.5 ± 0.6
<20 v (M)	66	18 ± 1	2.00 ± 0.06	8.5 ± 0.6	9.3 ± 0.4	19.7 ± 1.7	47.5 ± 1.6	-8.5 ± 0.6
20–24 v (M)	99	22 ± 1	2.01 ± 0.05	8.5 ± 0.5	9.3 ± 0.4	19.7 ± 1.5	47.5 ± 1.5	-8.5 ± 0.6
24–28 v (M)	97	26 ± 1	2.02 ± 0.05	8.4 ± 0.5	9.3 ± 0.4	19.4 ± 1.5	47.2 ± 1.5	-8.4 ± 0.6
>28 v (M)	77	30 ± 2	2.04 ± 0.06	8.3 ± 0.6	9.0 ± 0.4	18.7 ± 1.5	46.6 ± 1.6	-8.6 ± 0.6

M = miehet, N = naiset, F0 = horisontaalinen maksimivoima, V0 = teoreettinen maksiminopeus, Pmax = horisontaalinen maksimiteho, Rfmax = maksimi voimasuhde, Drf = voimasuhteen alentuma.

Teoreettinen maksimi voimasuhde (maximal ratio of force, Rfmax) on laskentataulukolla laskettu arvio kokonaisvoiman tuotannosta, joka on suunnattu eteenpäin liikesuuntaa. Toisin sanoen urheilijan voiman kohdistamisen mekaaniseen tehokkuuteen ja sitä tärkeämpi osa kokonaisvoimasta on eteenpäin suunnattu, mitä suurempi arvo on. Teoreettinen voimasuhteen alentuma (decrease of ratio of force, Drf) kuvaa urheilijan kykyä rajoittaa mekaanisen tehokkuuden väistämätöntä heikkenemistä lisäämällä nopeutta. Mitä negatiivisempi arvo on, sitä nopeammin voiman kohdistaminen vähenee kiihtyvyyden aikana ja päinvastoin.

Voimasuhde (rf) saadaan laskettua kaavasta: $rf = \frac{F_H}{F_{Res}} \times 100 = \frac{F_H}{\sqrt{F_H^2 + F_V^2}} \times 100$ (kaava 2). Näin

ollen voimasuhteen alentuma (D_{rf}) saadaan laskettua mallinnetun nopeuden ja voimasuhteen (r_f) kulmakertoimesta. Juoksudatan lisäksi, tarvitaan urheilijan kehonpaino ja pituus, horisontaalisen profiilin määrittämiseksi. (Morin & Samozino 2016; Samozino ym. 2016; Morin, Edouard & Samozino 2011.)

Voima-nopeus (F-V) ja teho-voima (P-V) muuttujat antavat tärkeää tietoa voimasta, nopeudesta ja tehontuoton kapasiteetista sekä voimankäytön tehokkuudesta. Etenkin sprinttisuorituksen optimoinnissa nämä ovat avainasemassa. P-F-V-ominaisuuksia ohjaamalla ja harjoituskuormien yksilöimällä voidaan seurata harjoittelun tai kuntoutuksen vaikutuksia sprinttisuoritukseen. (Morin & Samozino 2016.)

3.1.3 Vertikaalihyppy

Vertikaalihyppytestillä arvioidaan normaalisti koehenkilön hyppykykyä ja täten hänen alaraajojen lihaksien tehoa. Vertikaalihypyistä yleisimmät ovat kevennyshyppy, staattinen hyppy ja pudotushyppy, joista staattinen hyppy ja kevennyshyppy ovat voimanopeusalueen perustestejä ja sopivat lähes kaikille. Tyypillisesti näissä hyppyissä kädet pidetään lanteilla suorituksen ajan. (Stølen ym. 2005; Keskinen ym. 2018, 198.) Tutkimuksissa on käytetty erilaisia mittausvälineitä ja koeasetelmia, joten tulosten vertailu on haasteellista.

Ylöspäin suuntautuvilla vertikaalihypyillä testataan henkilön kykyä tuottaa räjähtävää ylöspäin suuntautuvaa voimaa, joka on riippuvainen ojentajalihasten isoinertiaalisesta voimantuotosta. Olennaista on, että testi on lajikohtainen, koska esimerkiksi vertikaalihyppytesti mittaa lajin kannalta keskeisten lihasten nopeusvoimaominaisuuksia. Testiä ennen on hyvä sopia, miten esimerkiksi kädet pidetään sekä polvikulman ja esikevennyksen suuruus, koska näillä on vaikutusta tulokseen. Kädet lanteilla tehdyssä kevennyshypyssä taidolla ei ole suurta merkitystä. Kevennyshypyssä tulokseen vaikuttaa hermo-lihasjärjestelmän kyky hyödyntää konsentrisessa lihastyössä sitä aikaisempaa eksentrisen vaiheen esivenytystä sekä konsentrista voimantuottokykyä. Refleksitoiminnan säätötekijänä voidaan lihasten ja jänteen passiivisten rakenteiden elastisuudella ja jäykkyydellä optimoida hyppysuoritusta. (Keskinen ym. 2018, 197–198.)

Vertikaalihyppytesti on helppo järjestää ja toteuttaa, joten se on myös hyvin toistettava testi. Vertikaalihyppyjen korrelaatio on noin 0,95 ja variaatiokerroin 4–5 %. Lisäksi päivävaihtelu on erittäin pientä. (Keskinen ym. 2018, 199–200.) Etuna voidaan pitää sitä, että testillä on nopea mitata lentoaika ja täten se sopii hyvin koko joukkueen testaamiseen yhdellä mittauskerralla. Markovic ym. (2004) havaitsivat, että kevennyshypyn luotettavuus oli todella suuri ($\alpha = 0,98$), sekä keskimääräinen hyppyjen välinen korrelaatio (0,94) ja ryhmän sisäinen korrelaatiokerroin (0,98) oli testatuista hypyistä suurin. Lisäksi variaatiokerroin oli 2,4–4,6 %. Kyykkyhyppy ja kevennyshyppy olivat kaikista luotettavampia hyppytestejä kontaktimatolla arvioimaan alaraajojen räjähtäviä ominaisuuksia aktiivisilla miehillä. Täten kevennyshyppy valittiin osaksi kenttätestejä.

Tutkimuksissa on käytetty monia erilaisia välineitä mitata vertikaalihyppyä, kuten kontaktimattoa, kannettavaa voimalevyä, kaupallista Vertec-laitteistoa, laboratorion voimalevyä ja maton ja vyön yhdistelmää. Kuitenkin joidenkin mittalaitteiden välillä on saatu ristiriitaisia tuloksia. Esimerkiksi Markovic ym. (2004) totesivat tulosten perusteella, että kontaktimatto ja ajastin ovat kaikista luotettavin tapa kenttäolosuhteissa mitata alaraajojen räjähtävää voimaa fyysisesti aktiivisilla miehillä. Leardin ym. (2007) tulokset tukivat edeltävää tutkimusta ja myös heidän mielestään kontaktimatto on pätevä laite mitata vertikaalihyppyä. Lisäksi tulokset osoittivat vahvaa Pearsonin korrelaatiokerrointa ($r = 0,967$) verrattaessa tuloksia kolmen kameran liikeanalyysijärjestelmään. Puolestaan Whitmerin ym. (2015) tutkimuksen tulokset osoittivat, että kontaktimaton vertikaalihypyn korkeus ja lentoaika olivat suurempia kuin voimalevyn. Kaupallisen Vertec-järjestelmän ja kontaktimaton välillä ei havaittu merkittäviä eroja. Regressioanalyysi osoitti vahvan suhteen testausmenetelmien välillä. Lisäksi suuret hyppykorkeudet kontaktimatolla voivat olla aliarvioitua, koska tuloksista voidaan havaita aliarvioinnin lisääntyvän hyppykorkeuden kasvaessa. Siksi kontaktimattoa ei suositella käytettäväksi huipputasen urheilijoiden testaukseen. Vastaavia tuloksia havaittiin Buckthorpen ym. (2010) tutkimuksessa, jossa huomattiin, että kontaktimaton tulokset olivat 23 % pienempiä verrattuna laboratorion voimalevyyn. Siitä huolimatta mittauksista löydettiin vahva merkittävä korrelaatio absoluuttisten erojen ja keskiarvoisten hyppykorkeuksien välillä ($r = 0,979$). Todennäköisin syy nousukorkeuden aliarvioimiseen tutkijoiden mukaan voi olla kontaktimaton kykenemättömyys havaita hyppääjän massakeskipisteen nousun ennen kuin hyppääjä irtoaa maasta, mikä selittäisi suuren systemaattisen eron. Toisaalta Fariasin ym.

(2013) tutkimuksen tavoitteena oli arvioida vertikaalisen hypyn luotettavuutta vanhuksilla. Ottaen huomioon ryhmän sisäisen korrelaatiokertoimen (0,91), joka on erinomainen sekä mittauksen sisäisen luotettavuuden (~10%), voidaan todeta, että kontaktimaton käyttäminen vanhemmilla naisilla oli luotettava. Kaiken kaikkiaan tulokset ovat hieman ristiriitaisia, mutta vaikuttaisi hyväksyttävältä todeta, että tarkimmat tulokset saadaan laboratorio-olosuhteissa voimalevyllä, kun taas kontaktimaton helppous ja toistettavuus soveltuu parhaiten kenttäolosuhteisiin.

Alla olevaan taulukkoon 3 on koottu eri maiden ja sarjatasojen kevennyshypyn tuloksia jalkapalloilijoilta. Pitkittäistutkimuksissa on huomioitu ensimmäisen mittauskerran hyppytulokset ennen harjoittelujaksoa. Mittausmenetelmistä suosituimpia olivat kontaktimatto ja voimalevy.

TAULUKKO 3. Vertikaalihypyn tuloksia eri tutkimuksissa. Tulokset esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina (cm).

Tutkimus	Taso/maa	n	Hypyn tulos (cm)	Mittausmenetelmä
Adhikari & Kumar (1993)	Maajoukkue/Intia	18	55,4 ± 5,2	-
Strudwick & Doran (2002)	Pääsarja/Englanti	19	63,4 ± 5,7	Hyppy dynamometri (Takei)
Thomas & Reilly (1979)	1.Divisioona/Englanti	31	55,6 ± 6	-
Casajús (2001)	La Liga/Espanja	15	41,4 ± 2,7	Voimalevy (Globus)
Arnason ym. (2004)	Pääsarja/Islanti	8	39,4 ± 0,4	Kontaktimatto (TapeSwitch Corp.)
Arnason ym. (2004)	1.Divisioona/Islanti	7	38,8 ± 0,7	Kontaktimatto (TapeSwitch Corp.)
Wisløff ym. (2004)*	Pääsarja/Norja	17	56,4 ± 4,0	Voimalevy (Bioware, Kistler)
Wisløff ym. (1998)*	Pääsarja/Norja	14	56,7 ± 6,6	Voimalevy (Scan Sense AS)
Wisløff ym. (1998)	Pääsarja/Norja	15	53,1 ± 4,0	Voimalevy (Scan Sense AS)
Gorostiaga ym. (2004)	Amatöörit/Espanja	21	~ 37	Kontaktialusta (Newtest)

*= tutkimuksissa sama joukkue (Rosenborg FC, Trondheim, Norja)

Lihasvoiman on raportoitu olevan suurin merkittävä tekijä hyppykorkeuteen. Vaikuttaisi myös siltä, että mittausmenetelmä vaikuttaa tuloksiin, kuten taulukosta 3 voi havaita. Tutkimuksista ei käy tarkasti ilmi, kuinka koehenkilöitä opastettiin suorittamaan kevennyshyppy esimerkiksi käsien paikka hypyn aikana, polvikulma ja alastulo, mikä tekee tulosten vertailusta hankalaa. Lisäksi koehenkilöt pelasivat eri maiden korkeimmalla sarjatasolla ja eri aikana.

Arnasonin ym. (2004) tutkimuksessa verrattiin Islannin kahden korkeimman sarjatason joukkueiden tuloksia. Hyppytesteihin kuului kolme erilaista hyppyteknikkaa: seisonta- ja kevennyshyppy sekä yhden jalan kevennyshyppy molemmilla jaloilla. Tuloksista havaittiin merkittävä yhteys joukkueen hyppykorkeuden (seisonta- ja kevennyshypyn) ja joukkueen menestyksen välillä ($P = 0,012$; $P = 0,009$). Trendi oli havaittavissa myös jalkojen ojentajavoimassa ja kehon koostumuksessa.

Wisløff ym. (2004) käyttivät tutkimuksessaan voimalevyä (Bioware, Kistler, Sveitsi) vertikaalihypyissä. Tulos mukailee Thomasin & Reillyn (1979) tutkimuksen tulosta. Wisløffin ym. (2004) tutkimuksesta huomattiin myös, että vertikaalihypyn nousukorkeus korreloi 10 m:n ja 30 m:n sprinttiajan kanssa. Lisäksi joukkueen mittaustuloksista havaittiin, että maksimaalinen voima puolikykyssä määritteli tuloksen 0–30 m:n sprinteissä. Vastaavasti Gorostiagan ym. (2004) tutkimus osoitti, että jalkapalloharjoittelu yhdistettynä räjähtävän voiman harjoitteluun johti merkittäviin parannuksiin vertikaalihypyn käyrän matalan voiman osuuksien kuormissa sekä yli 5 m:n juoksuissa ilman, että siitä olisi häiriötä kestävyysjuoksun kehittymiseen. Havaitut yksilölliset muutokset vertikaalihypyssä korreloivat positiivisesti muutoksiin 5 m:n ja 15 m:n sprintin juoksunopeuksissa. Tutkijoiden mukaan vertikaalihypyn parannus osoittaa, että nuori jalkapalloilija, jolla on matala voimataso, voi kasvattaa räjähtävää voimaa lisäämällä matalaintensiivisen räjähtävän voimaharjoittelun harjoitteluohjelmaan.

Pelipaikkojen välillä on huomattu eroja myös vertikaalihypyssä. Wisløffin ym. (1998) tutkimuksessa havaittiin, että puolustajien ja hyökkääjien vertikaalihypyn nousukorkeus oli selvästi korkeampi keskikenttäpelaajien, mutta vastaavaa ei havaittu Andhikarin & Kumar Dasin (1993) ja Wisløffin ym. (2004) tutkimuksissa. Andhikarin & Kumar Dasin (1993) tutkimuksessa havaittiin vain, että maalivahtien vertikaalihypyjen tulokset ovat korkeimpia verrattuna muihin pelipaikkoihin. Puolestaan Arnason ym. (2004) raportoi tutkimuksessaan pienen eron vertikaalihypyn korkeudessa kahden ylimmän sarjatason välillä, mutta tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää pelaajien fyysisen suorituskyvyn yhteyttä pelinaikaisiin korkeatehoisiin juoksusuorituksiin (> 19,0 km/h) ja pelianalyysissä havaittuihin tekijöihin, sekä jalkapalloilijoille tyypillisten kenttätestien ja pelianalyysin yhteyttä. Lisäksi eri pelipaikoilla pelaavien tutkittavien testituloksia verrataan keskenään, jotta saataisiin tietoa eri pelipaikkojen fyysisten vaatimusten eroista ja mahdollisesti löydettäisiin eroja selittäviä tekijöitä.

Tämän pro gradu -tutkielman tutkimuskysymyksiä olivat:

- 1) Korreloiko edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistestin (YYIR2) tulos korkeatehoisten juoksujen määrän kanssa?

Hypoteesi: YYIR2-testin tulos korreloi tilastollisesti merkitsevästi korkeatehoisten juoksujen määrän kanssa.

Hypoteesin perustelut: YYIR1 ja 2 -testit ovat suunniteltu helpoiksi kenttätesteiksi, jotka vastaavat jalkapallopelissä koettua kuormitusta. Testillä on korkea toistettavuus ja sensitiivisyys, ja täten ne soveltuvat hyvin jalkapalloilijoiden fyysisen suorituskyvyn mittaamiseen. YYIR1-testin on huomattu korreloivan tilastollisesti merkitsevästi korkeatehoisten juoksujen määrän kanssa sekä pelaajilla että tuomareilla. Lisäksi YYIR1 ja 2 -testitulosten välillä on havaittu suuri yhteys. (Krustrup & Bangsbo 2001; Krustrup ym. 2003; Bangsbo ym. 2008; Lockie ym. 2017.) Täten voisi olettaa, että myös YYIR2-testi korreloisi tilastollisesti merkitsevästi peleissä mitattujen korkeatehoisten juoksusuoritusten määrän kanssa.

- 2) Onko nopeudella ja teholla (voima–nopeus) yhteys pelinaikaisten korkeatehoisten juoksujen määrään?

Hypoteesi: Nopeudella ja teholla on yhteys pelinaikaisen korkeatehoisten juoksujen määrän kanssa.

Hypoteesin perustelut: Nopeus on yksi merkittävimmistä pelaajaominaisuuksista jalkapallossa, jolla voidaan luoda etua vastustajaan

nähdän. Työn ja palautumisen suhde on muuttunut jalkapallossa, mikä on vaikuttanut myös pelin luonteeseen ja täten fyysisiin vaatimuksiin. (Wallace & Norton 2014; Mohr ym. 2003.) Nykyinen trendi osoittaa, että pelissä suositaan yhä lyhyempiä korkean intensiteetin jaksoja, joten pelaajilta vaaditaan nykyään yhä enemmän tehoa (voima–nopeus) ja nopeutta. Nämä tekijät ovat tärkeimpiä, jopa ratkaisevia, fyysisen kapasiteetin ominaisuuksia. Täten myös nopeus on kasvanut jalkapallossa yli kolmasosan 1990-luvulta tähän päivään mennessä. Lisäksi voiman käyttö on lisääntynyt toistettavien nopeusharjoitteiden ansionsa, mikä on vaikuttanut pelaajien pelipaikan fyysisiin ominaisuuksiin. Niin ikään voimalla on suuri vaikutus myös dynaamiseen ja räjähtävään suorituskyykyyn ja se voi ilmetä muun muassa niin, että pelaaja on nopeampi tai räjähtävämpi liikkeissä. (FIFA s.a, 126, 142; Tumilty 1993.; Ahtiainen & Rytönen 2019; Krstrup ym. 2003; Nummela 2018, 35–36; Krstrup ym. 2003; Krstrup ym. 2005.) Näin ollen on kohtuullista olettaa, että korkeatehoiset juoksut korreloisivat nopeuden, voiman ja täten myös tehon kanssa.

- 3) Onko korkeatehoisissa juoksussa ja liikutussa kokonaismatkassa eroja pelin ensimmäisellä ja toisella puoliajalla?

Hypoteesi: Toisella puoliajalla juostaan vähemmän korkeatehoista juoksua ja liikuttu kokonaismäärä on pienempi.

Hypoteesin perustelu: Tutkimuksissa on saatu viitteitä, että korkeatehoiset juoksut ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä hyvän ja huonon fyysisen ottelusuorituskyvyn välillä. Korkeatehoiset juoksut liittyvät nopeuskestävyyteen ja osoittavat pelaajan ottelusuorituskykyä ja harjoittelun tilaa. Puoliaikojen analysointi voi paljastaa väsymyksen esiintymisen ja kuinka se vaikuttaa tarkasteltaviin muuttujiin. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että pelin toisella puoliajalla pelaajat suorittavat vähemmän korkeatehoisia juoksua ja liikkuvat kokonaismäärällisesti vähemmän kuin ensimmäisellä puoliajalla. Havainto on huomattu ammattilaisilla ja harrastelijoilla, niin miehillä kuin naisilla. (Reilly & Thomas 1979; Bangsbo 1994; Mohr, ym. 2003; Krstrup ym. 2005; Rienzi ym. 2000; Di Salvo ym. 2007.) Täten on perusteltua odottaa vastaavia tuloksia myös tässä tutkielmassa.

- 4) Onko eri pelipaikkaryhmien välillä eroja kenttätesteissä ja/tai peleissä mitatuissa muuttujissa, jotka mittaavat fyysistä suorituskyykyä?

Hypoteesi: Pelipaikkaryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitseviä eroja fyysisen suorituskyyvyn testeissä ja pelianalyysissä.

Hypoteesin perustelut: Aikaisempien tutkimusten perusteella pelipaikkaryhmien välillä on havaittu eroa muun muassa pelin aikana liikutussa kokonaismatkassa, korkeatehoisissa juoksuissa ja sprinttimäärissä (Rienzi ym. 2000; Reilly 2000; Mallo ym. 2015; Di Salvo ym. 2007; Di Mascio & Bradley 2013; Mohr, Krustrop & Bangsbo 2003; Altavilla ym. 2017; Mallo ym. 2015.) Lisäksi liikuttu kokonaismatka ja korkeatehoiset juoksuosuoritukset ovat havaittu olevan riippuvaisia pelin lopputuloksesta melkein jokaisella pelipaikalla (Andrzejewski ym. 2018).

Eroja on havaittu myös vertikaalihyppytesteissä (Wisløff ym. 1998; Adhikari & Kumar Das 1993) ja juoksuosteissa pelipaikkaryhmien välillä (Boone ym. 2012; Arslanoğlu ym. 2013; Deprez ym. 2015). Lisäksi mekaanisissa parametreissa (F_0 , V_0 , P_{max} , R_{fmax} & D_{rf}) on havaittu selviä eroja pelipaikkaryhmien välillä (Haugen, Breitschädel & Seiler 2020). Täten on perusteltua olettaa, että myös tässä tutkielmassa tullaan havaitsemaan tilastollisesti merkittäviä eroja peliryhmien välillä.

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston, Polar Electro Oy:n ja Suomen Palloliiton Keski-Suomen piiri ry:n tutkimusyhteistyötä. Kaikki pelianalyysit mitattiin joukkueen kotipeleissä. Kenttätestimipäivä ja pelianalyysit sijoituivat vuoden 2019 huhti–kesäkuun väliin.

Tutkimuksen mahdolliset eettiset riskit tunnistettiin. Keinot riskien hallintaan oli kuvattu tutkimussuunnitelmassa sekä tiedotteessa tutkittaville. Tutkimuksessa noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan Hyvä tieteellinen käytäntö –ohjeistusta. Lisäksi kaikki mittaukset olivat koehenkilöille turvallisia ja kivuttomia, eivätkä aiheuttaneet normaalia fyysistä rasitusta enempää haittaa. Jokaiselle tutkittavalle jaettiin tietosuojailmoitus tutkimuksesta sekä suostumuslomake tieteelliseen tutkimukseen. Tutkimuksen osallistuminen perustui vapaaehtoisuuteen ja sen sai päättää milloin tahansa. Tutkimukselle saatiin Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnalta puoltava lausunto ja kaikki tutkimuksessa olleet koehenkilöt ovat allekirjoittaneet suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta.

5.1 Koehenkilöt ja rekrytointi

Koehenkilöiden rekrytointi tapahtui Suomen Palloliiton Keski-Suomen piiri ry kautta, minkä mahdollisti Polar Electro Oy:n, Jyväskylän Yliopiston ja Suomen Palloliiton tutkimusyhteistyösopimus. Sopivan joukkueen löydyttyä, sovittiin joukkueen valmentajan kanssa joukkueelle sopiva kenttätestimipäivä sekä pelianalyysien ajankohdat. Pelaajat edustivat jalkapallojoukkuetta, joka pelasi kaudella 2019 Suomen neljänneksi korkeimmalla sarjatasolla Kolmosessa. Tutkimuksessa toteutettiin kaikkia Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan periaatteita.

Koehenkilöinä oli yhteensä 21 aktiivista amatöörijalkapalloilijaa, joista puolustajia oli 7 (3 keskuspuolustajaa ja 4 laitapuolustajaa), keskikenttäpelaajia 6 ja hyökkääjiä 5 (3 laitahyökkääjää ja 2 keskushyökkääjää) sekä 3 maalivahtia. Laitakaistan pelaajiksi luokiteltiin yhteensä 7 pelaajaa ja keskikaistan pelaajiksi 11. Laitakaistan pelaajiksi kuuluivat:

laitahyökkääjät ja laitapuolustajat. Keskikaistan ryhmään kuuluivat: keskushyökkääjät, keskikenttäpelaajat ja keskuspuolustajat.

Vertikaalihyppy- ja juoksutestin suoritti 20 pelaajaa ja YYIR2-testin suoritti 15 pelaajaa. Pelejä kertyi yhteensä 7 kappaletta, jotka ovat mukana pelianalyysissä. Näihin 7 peliin pääsi osallistumaan yhteensä 14 eri pelaajaa. Pelejä kertyi yksittäiselle pelaajalle 1–6 kappaletta.

Kaikilta koehenkilöiltä kysyttiin pelipaikka ennen mittauksia, koska pelipaikat kirjattiin ylös analyysija varten. Pelipaikkatietoa käytettiin vain aineiston analyysivaiheessa pelipaikkojen erojen selvittämiseksi, eikä se näin ollen vaikuttanut mitenkään testien suoritukseen. Sen sijaan maalivahdin rooli eroaa paljolti kenttäpelaajista, joten tutkielmassa päätettiin jättää maalivahdit pelianalyysien ulkopuolelle.

5.2 Tutkimusasetelma

Mittauksissa selvitettiin monipuolisesti Suomen neljänneksi korkeimman sarjatason pelaajien fyysistä suorituskykyä. Mittaukset jakautuivat kahteen osaan: kenttätesteihin ja pelianalyysihin. Kenttätestit kestivät noin kaksi tuntia ja ne ajoittuivat harjoituskaudelle juuri ennen jalkapallokauden alkua eli niin sanotulle valmistavalla kaudella. Kaikki kenttätestit suoritettiin samalla mittauskerralla. Pelianalyysi koostui pelaajien mittauksista yhdestä harjoituspelissä ennen kauden alkua sekä kuudesta sarjapelistä kauden aikana. Sääolosuhteet olivat samanlaiset pelien välillä, ja pelianalyysien ajankohdat sarjakauden aikana sovittiin valmentajan kanssa yhteisymmärryksessä.

Kenttätesteissä käytettiin samaa korkeatehoisten juoksujen määritelmää kuin Palloliitto ja Polar Electro. Nopeusraja oli 25,2 km/h, mitä myös Di Salvo ym. (2010) käyttivät tutkimuksessaan. Tarkoituksena oli keskittyä ensisijaisesti korkeatehoisiin juoksuihin nopeusalueella 4 ja 5 sekä kuljettuun kokonaismatkaan ja sprinttimääriin. Sprinttikynnyksen rajana käytettiin 19,0 km/h ja nopeustasot määriteltiin niin, että viides nopeusalue oli >25,2 km/h, neljäs nopeusalue 19,0–25,19 km/h, kolmas nopeusalue 13,0–18,99 km/h, toinen nopeusalue 7,0–12,99 km/h ja ensimmäinen nopeusalue 0,0–6,99 km/h. Arkikielessä nämä arvot vastaavat todella nopeaa

juoksua, nopeaa juoksua, juoksua, hölkkää ja kävelyä. Nopeasta juoksusta käytetään myös sanaa sprintti useissa tutkimuksissa.

Testeihin ei saanut osallistua sairaana eikä toipilaana. Tutkittavien ruokavaliota ei rajoitettu, mutta koehenkilöitä informoitiin, että suurta ateriaa eikä kofeiinia saanut nauttia juuri ennen testejä. Kenttättestipäivä järjestettiin harjoituskaudella huhtikuussa 2019, koska esimerkiksi raskas peli olisi voinut vaikuttaa tuloksiin.

Mukaanottokriteerinä pelianalyysissä oli vain kenttäpelaajat, jotka pelasivat vähintään 70 min kussakin pelissä. Analyysissä käytettiin vakioitua 0–70 min ja täyden 90 min aikaväliä, jotta ne olisivat samat kaikille. Vaihtomiehet ovat myös mukana tutkimuksen pelianalyysissä, jos pelasivat vähintään 70 min. Lisäksi korkeatehoisia juoksusuorituksia tarkasteltiin suhtautettuna peliaikaan. Maalivahdin pelipaikan luonne eroaa selvästi muista kenttäpelaajien pelipaikoista, joten maalivahtien korkeatehoisia suorituksia ei mitattu peleissä, koska niitä ei juurikaan kerry pelin aikana. Maalivahdit suorittivat kuitenkin 30 metrin juoksutestin ja vertikaalihyppytestin. Näissä testeissä pelipaikkaryhmien eroja vertailtiin maalivahtien kanssa sekä ilman.

5.3 Testit ja laitteisto

Tämän tutkimuksen testeiksi valittiin jalkapalloilijoille tyypillisiä kenttätestejä, jotka auttavat löytämään erilaisia yhteyksiä ja vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Kenttättestit sisälsivät kestävyys, nopeus ja räjähtävän voimantuoton testejä sekä kykyä toistaa korkeatehoisia juoksuja. Kenttätestejä olivat edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti (YYIR2), 30 metrin juoksutesti ja vertikaalihyppytesti. Vertikaalihyppytestiksi valittiin kevennyshyppy. Kenttättestit tehtiin sisätiloissa, jotta sää ei vaikuttanut tuloksiin. YYIR2-testi tehtiin sisähallin keinotekonurmella jalkapallokengillä, jotta siitä saatiin mahdollisimman lajinomainen. Lisäksi testi kuvattiin videokameralla tulosten tarkistusta varten. Pelianalyysi koostui seitsemästä pelistä, joissa mitattiin pelaajien kuljettua kokonaismatka, korkeatehoisten juoksujen ja sprinttien määrä sekä maksimaalinen syke pelin aikana. Tämän tutkielman testit ja laitteisto ovat kuvattuna tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

5.3.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti

Kestävyyskukkulajuoksum testi on joukkueurheilussa yleisessä käytössä oleva kumtometri, joka mittaa urheilijan kestävyysominaisuuksia. Jens Bangsbo kehitti erityisesti jalkapalloilijoiden testauksessa käytetyn Yo-Yo intervallimuotoisen kestävyyskukulatestin (Keskinen ym. 2018, 110). Intervallimuotoinen palautumistesti koostuu 20 m:n pituisesta tasaisesta juoksualueesta ja palautumisalueesta. Alue merkattiin kartioin ja mittaamista varten käytettiin pitkää mittanauhaa. Suurimpana erona normaaliin kestävyyskukulatestiin on 10 s:n palautumisaika jokaisen 40 m:n jälkeen (20 m + 20 m). Palautusalueella pelaajien on tarkoitus kiertää 5 m:n päässä olevan kartio kävellen tai holkäten.

Pelaajille annettiin 5–10 min aikaa verrytellä omatoimisesti ennen testiä. Omatoiminen verryttelyä koostui kevyestä holkäämisestä ja vapaasti valittavista dynaamisista venyttelyistä painopisteenä muun muassa pohkeet, lonkankoukistajat sekä taka- ja etureidet. Tässä kohtaa on hyvä mainita, että pelaajat olivat juuri ennen YYIR2-testiä suorittaneet hyvän lämmittelyn sekä sprintti- ja vertikaalihyppytestit, joten uutta perusteellista lämmittelyä ei tarvittu suorittaa uudestaan. Pienen verryttelyn jälkeen suoritettiin kaksi ensimmäistä tasoa, jotta pelaajat saivat kuvan alkunopeudesta ja testin suorituksesta. Tämän jälkeen vuorossa oli itse varsinainen testi.

Pelaajia motivoitiin maksimaaliseen tulokseen ja kannustettiin testin aikana, koska submaksimaalinen tulos antaa epätarkkoja arvoja. Ennen lämmittelyä pelaajille jaettiin omaa ID-numeroa vastaava Polar Team Pro sensori (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) ja numeroliivi, joka helpotti testin seuranta ja analysointia. Pelaajien tehtävänä oli kastella sensorin elektronipanta ja kiinnittää se rinnan alapuolelle. Testi voitiin aloittaa, kun kaikilta pelaajilta välittyi signaali telakkaan. Testin aikana sensorit mittasivat pelaajien maksimisykettä, ja sensorin sai irrottaa vasta testin jälkeen, kun siihen annettiin lupa. Kaikki pelaajat suorittivat testin samanaikaisesti.

Testissä pelaajat juoksimat edestakaisin 20 m:n matkaa kiihtyvällä nopeudella uupumukseen saakka. Testissä on kehitetty kaksi mallia: aloittelijoiden ja edistyneemmille urheilijoille. Tutkimuksessa käytettiin edistyneempien urheilijoiden mallia (YYIR2), koska pelaajat olivat

hyväkuntoisia ja suurin osa pelaajista oli suorittanut aikaisemmin edistyneempien urheilijoiden testin. Valintaan vaikutti myös valmentajan mielipide. Lisäksi YYIR2-testi korostaa enemmän anaerobisia kykyjä ja tarjoaa tarkemman mittauksen korkeatehoisten juoksusuorituksista (Lockie ym. 2017).

Testi alkoi nopeudesta 13,0 km/h ja loppui, kun pelaaja epäonnistui kahdella peräkkäisellä kierroksella saavuttamaan käänköpaikan ajallaan tai testattava ei kyennyt enää jatkamaan testiä. Tihenevät äänimerkit toistettiin kaiuttimen kautta pelaajille. Edistyneempien urheilijoiden mallissa kolme ensimmäistä nopeutta ovat 13, 15 ja 16 km/h, jonka jälkeen nopeus nousee aina 0,5 km/h per taso (Keskinen ym. 2018; Krustup ym. 2003). Pelaajalle annettiin varoitus ensimmäisellä kerralla, kun hän epäonnistui saavuttamaan käänköpaikan. Lopputuloksena testistä saatiin pelaajan kulkema matka metreinä ja kuinka monta tasoa pelaaja oli saavuttanut. Testi kuvattiin Go Pro 5 (GoPro, Inc.) videokameralla, jotta tulokset voitiin tarkistaa jälkikäteen. Jokaisella avustajalla oli tehtävänä seurata kahdesta kolmeen pelaajaa testin aikana ja varoittaa heitä, jos pelaaja ei saavuttanut tasoa tarpeeksi ajoissa. Avustajien tehtävänä oli varoittaa ensimmäisellä kerralla ja toisella myöhästymisellä heille oli oikeus lopettaa koehenkilön testi. Huomautuksen sai antaa myös, jos koehenkilö lähti juoksemaan ennen audiosignaalia tai ei koskettanut 20 m:n merkkiviivaa käänöksessä. Avustajat merkkasivat testitulokset Woodin (2018) tekemään pisteytyslomakkeeseen (liite 1), joka helpotti testin seuraamista sekä tulosten tarkistamista. YYIR2-testi kesti noin 5–10 min. Aiemmin mainitun kaavan 1 avulla saatiin laskettua intervallimuotoisen palautumistestin tuloksesta arvio maksimaalisesta hapenottokyvystä (Keskinen ym. 2018, 110).

5.3.2 30 metrin juoksutesti

30 metrin juoksutestissä pelaaja juoksee niin nopeasti kuin mahdollista 30 m:n matkan. Juoksu mitattiin lasertutkan ja valokennojen avulla samanaikaisesti. Tutkadataa hyödynnettiin mekaanisten parametrien selvittämiseen ja valokennoja juoksutestin ajanotossa. Valokennot olivat asetettu 0, 10 ja 30 m:n kohdille. Kennot asetettiin keskivartalon korkeuteen. Lähtöviiva merkattiin 70 cm:n päähän ensimmäisestä valokennoparista, jotta koehenkilö lähtiessään rikkoo säteen ajan aloitukseksi ja ettei käden heilautus lähtöasennossa aloita mittausta liian aikaisin.

Testipaikka valmisteltiin kartioin ja teipein. Maaliviiva merkattiin noin 32 m kohdalle, jotta koehenkilöt eivät lopettaisi juoksusuoritusta liian aikaisin. Tutka asetettiin juoksusuoralle kolmijalkaan suoraan koehenkilöiden selän taakse suunnilleen 1 m:n korkeuteen, joka kuvastaa suurin piirtein tutkittavien keskimääräistä massakeskipisteen kohtaa ja se oli asetettu tähtäämään suorituksen ajan koehenkilön alaselkään. Tutka sijaitsi telineessä 3,25 m:n etäisyyden päässä lähtöviivasta. Valokennoilla mitattiin 10 m:n ja 30 m:n juoksuajat ja tutkalla itse nopeus ja aika, minkä avulla laskettiin juoksusuorituksen mekaaniset parametrit käyttäen apuna Morinin & Samozinon (2017) laskentataulukkoa.

Koehenkilöille kerrottiin testin tavoite ja ohjeistettiin suullisesti sekä visuaalisesti testin suoritus. Ydinkohdiksi ohjeistuksessa nostettiin maksimaalinen kiihdytys, ylävartalon ja käsien rytmikäs liike eteenpäin suuntautuen ja loppuun asti juokseminen. Ohjeistuksen jälkeen pelaajat suorittivat lämmittelyn, joka koostui 1 km hölkkäyksestä, jalkapalloilijoille tyypillisistä dynaamisista venytyksistä (7 kpl), 30 m:n valmistavista juoksuista, joissa lisättiin nopeutta progressiivisesti (noin 60, 75 ja 90 %). Lisäksi lämmittelyyn kuului kaksi noin 10–20 m:n pituiset maksimi sprinttikiihdytykset. Dynaamisia venytyksiä varten asetettiin kartio 20 m:n päähän aloituksesta, mihin asti harjoitteet tehtiin ja matka takaisin lähtöön suoritettiin aina kävellen.

Pelaajat tulivat yksitellen suorittamaan sprintin satunnaisessa järjestyksessä. Aloitusasennossa koehenkilön etumainen jalka oli lähtöviivan takana. Asennon piti pysyä paikallaan ja heilumisliike oli kielletty. Sprinttejä tehtiin kolme onnistunutta suoritusta ja suoritusjärjestys pysyi samana koko testin ajan. Koehenkilöillä oli päällä urheiluvaatteet ja juoksukengät. Sprinttien väliseksi palautumisajaksi muodostui 7–8 min, joka oli hieman tavoiteaikaa pidempi, mikä johtui koehenkilöiden lukumäärästä ja tutkan datan tallennukseen vievästä ajasta.

Tutkija käytti tutkaa ja tallensi sprinttidatan tietokoneelle jokaisen juoksun jälkeen. Tutkan käyttäjän tehtävänä oli myös huutaa koehenkilölle komento: ”saa suorittaa!”. Tämä merkitsi sitä, että tutka oli tallennustilassa ja koehenkilö sai lähteä juoksemaan. Mittaus lopetettiin vasta sitten, kun koehenkilö oli selvästi ylittänyt maaliviivan, jotta koko juoksumatka tallentui. Ensimmäinen avustaja tallensi kennoista saadun ajan väliaikoinen tietokoneelle sekä piti kirjaa

järjestyksessä kutsuen oikean koehenkilön suorittamaan testiä. Toisen avustajan tehtävänä oli vahtia aloitusasentoa ja katsoa, ettei tutkittava tee heilahdusliikkeettä lähdössä. Kolmas avustaja oli maaliviivan läheisyydessä valvomassa, että juoksut tehdään loppuun asti sekä kannustamassa koehenkilöitä parhaaseen suoritukseen.

Testi tehtiin juoksuradalla sisätiloissa, jotta olosuhteet ovat kaikille samat. Mitatusta nopeudesta laskettiin mallinnuksen avulla pelaajan voima–nopeus- ja teho–nopeuskäyrät Excel-laskentataulukon avulla, mikä kertoo lihasten ominaisuuksista. (Morin & Samozino 2017; Samozino ym. 2016). Laskentataulukoon syötetään tutkittavan ajan ja nopeuden arvot. Näillä arvoilla laskettiin koehenkilön juoksun: maksimaalinen horisontaalinen voima [F_0 (N)], kiihtyvyys [F_0 (N/kg)], teoreettinen maksiminopeus [V_0 (m/s)], horisontaalinen maksimiteho [P_{max} (W)], horisontaalinen maksimiteho suhteessa painoon [P_{max} (W/kg)], voima-nopeus -profiili [FV profile], maksimi voimasuhde [R_{fmax} (%)] ja voimasuhteen alentuma [D_{rf} (%)]. Maksimivoimasuhde (R_{fmax}) on kokonais-horisontaalivoima jaettuna voiman resultantilla. Voimasuhteen alentuma (D_{rf}) on voimasuhteen (R_f) kulmakerroin.

5.3.3 Vertikaalihyppytesti

Vertikaalihyppytestiksi valittiin kevennyshyppy, josta mitattiin hypyn lentoaika kontaktimatolla. Vertikaalihyppytesti aloitettiin välittömästi juoksutestin jälkeen viereisellä suorituspaikalla.

Kevennyshyppy tuli suorittaa nopeasti keventämällä ja pitämällä kädet lanteilla. Alastulo oli tärkeää suorittaa päkiällä laskeutuen, koska esimerkiksi jalat koukussa laskeutuminen vääristäisi tulosta. Alkuasennossa tutkittavan oli oltava seisten ja kädet lanteilla. Tästä asennosta kevennettiin nopeasti noin 90 asteen polvikulmaan selkä suorana, minkä jälkeen tehtiin maksimaalinen ponnistus ylöspäin. Polvikulmaa ei määriteltä tarkasti, vaan tutkittavat saivat keventää itselleen sopivaan polvikulmaan.

Mallisuoritus demonstroitettiin koehenkilöille ennen testin aloitusta, minkä jälkeen koehenkilöt tulivat suorituspaikalle satunnaisessa järjestyksessä suorittamaan kolme kappaletta valmistavia

kevennyshyppyjä noin 50, 75 ja 100 % intensiteetillä. Tämän jälkeen suoritettiin kolme onnistunutta kevennyshyppyä noin 30 s palautumisajalla. Kolmesta onnistuneesta hypystä laskettiin keskiarvo. Tulos muutettiin taulukon avulla nousukorkeudeksi (cm). Taulukon arvot perustuvat kaavaan $h = g \times t^2 \times 8^{-1}$ (kaava 3) (Bosco ym. 1983). Vertikaalihypyn huipputeho laskettiin hypyn nousukorkeuden ja kehon painon avulla kaavan $P_{max} = [60,7 \times \text{hypyn korkeus (cm)}] + [45,3 \times \text{kehon paino (kg)}] - 2055$ (kaava 4) avulla (Keskinen ym. 2018, 199–200). Kaavassa olevan hypyn korkeuden arvona käytettiin kolmen onnistuneen hypyn keskiarvoa ja pelaajien mitattua kehonpainoa.

5.3.4 Pelianalyysi

Pelianalyysillä saatiin selvitettyä muun muassa pelaajiin kohdistuvaa sisäistä kuormitusta sykkeen kautta ja ulkoista kuormitusta liikkumista mittaamalla Polar Team Pro -järjestelmällä (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Pelianalyysin tuloksena saatiin muun muassa maksimisyke, sprinttien määrä ja matka eri nopeusalueilla (4 & 5) sekä kuljettu kokonaismatka.

Pelipaikkaryhmien vertailussa selvitettiin, että onko pelipaikkojen välillä tilastollisesti merkitsevä ero korkeatehoisissa juoksuissa nopeusalueilla 4 ja/tai 5 aikaikkunassa 0–70 ja 90 min. Lisäksi selvitettiin, että löytyykö tilastollisesti merkitsevää eroa sprinttien määrässä ja maksimisykkeessä pelin aikana. Pelianalyysin pelipaikkaryhmittelyssä ei otettu huomioon maalivahteja, koska pelipaikkaryhmä eroaa selvästi kenttäpelaajista.

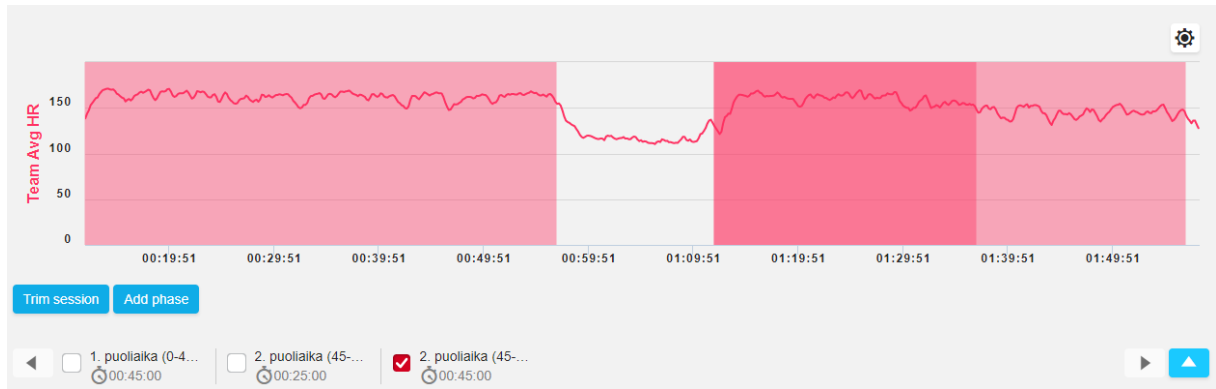
Pelianalyysissä tarkasteltiin myös ensimmäisen ja toisen puoliajan eroja kuljetussa kokonaismatkassa ja korkeatehoisissa juoksuosuorituksissa. Analyysissä oli mukana kaikki mittaukset, joissa pelaaja oli pelannut 90 min. Useamman kuin yhden pelin pelanneiden ensimmäisen ja toisen puoliajan tuloksista laskettiin keskiarvo, koska olettamuksena on, että jokaisella pelaajalla on oma tapansa pelata ja se näkyy liikutussa määrässä.

Pelejä mitattiin yhteensä seitsemän kotipeliä huhti–kesäkuun aikana kaudella 2019. Näin saatiin kuva pelaajien suorituskyvystä luonnollisessa ympäristössä. Joukkue käytti 4-3-3 kokoonpanoa ryhmityksenä eli 4 puolustajaa, 3 keskikenttäpelaajaa ja 3 hyökkääjää. Kolmesta hyökkääjästä

kaksi pelasi niin sanottua laitahyökkääjän pelipaikkaa ja kaksi puolustajaa laitapuolustajan pelipaikkaa.

Pelianalyysin tallennus pyrittiin ajoittamaan pelin aloitukseen ja lopettamaan tallennus, kun tuomari päätti pelin. Mahdollisia häiriöitä pelianalyysin aikana seurattiin Ipadin näytöltä Polarin sovelluksesta (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Kaikki häiriöt kirjattiin ylös ja niiden vaikutus tulokseen tarkastettiin jälkikäteen Polarin verkkopalvelusta. Esimerkiksi yhdeltä pelaajalta tippui sensori kesken pelin ja näin ollen hänet jouduttiin hylkäämään tästä yhdestä pelianalyysistä pois, koska dataa ei kerennyt tallentumaan vähintään 70 peliminuutin ajalta. Kaikki vaihdot kirjattiin ylös ja tarkastettiin vielä jälkikäteen Palloliiton tulospalvelun kautta. Lisäksi puoliaika kirjattiin muistiin. Pelin päätteeksi sensorit kerättiin pelaajilta. Sensorit kiinnitettiin telakkaan, jotta data saatiin tallennettua ja synkronoitua turvattuun Polarin pilvipalveluun Internet-yhteyden avulla.

Pelianalyysiä varten Polar Team Pro verkkopalvelussa (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) jaksotettiin ensimmäinen (45 min) ja toinen puoliaika (45 min) sekä toisesta puoliajasta ensimmäiset 25 min, jotta saatiin laskettua 70 min pelanneet. Aikarajaa tuki, että suurin osa vaihdoista tulee puoliajalla ja 60–85 min välillä (Bradley, Lago-Peñas & Rey 2014) ja keskimäärin vain yksi vaihto suoritetaan ennen 70 peliminuuttia (Myers 2012). Näin saatiin mahdollisemman moni pelaaja mukaan analyysiin. Lisäksi jaksotuksella saadaan rajattua puoliaika pois ja näin puoliajalla liikuttu matka ei vaikuta tuloksiin. Jaksoissa ei huomioitu tuomarin antamaa lisäaikaa, koska haluttiin, että kaikki jaksot ovat samanpituisia analyysin takia. Kuvassa 2 on esitetty kuva Polarin verkkopalvelusta, jossa näkyy jaksotus. Kuvan alalaidassa näkyy jaksojen pituudet (45 min, 25 min ja 45 min), mitkä näkyvät kuvan punaisina alueina. Käyrä näyttää joukkueen keskiarvoisen sydämen sykkeen ja kuten kuvasta näkyy, puoliaika erottuu selvästi alhaisempana keskiarvoisena sykkeenä.



KUVA 2. Pelianalyysin jaksotus Polar Team Pro verkkopalvelussa (Polar Electro Oy 2019).

Jalkapallon Kolmosessa on käytössä viisi vaihtoa, joten yli 70 min pelanneita kertyi peliä kohti 6–10 kappaletta. Pelaajat, jotka pelasivat kaksi tai useamman pelin, tuloksista laskettiin keskiarvo. Ratkaisuun päädyttiin, koska pelimäärissä oli merkittäviä eroja. Esimerkiksi pelaaja, joka pelaa useassa pelissä ja liikkuu paljon, voi vääristää joukkueen keskiarvoista tulosta huomattavasti, jos tulosta ei keskiarvoisteta ennen analyysia.

5.3.5 Laitteisto

Juoksutestissä käytettiin The Stalker ATS II tutkaa (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi) ja tähän liittyvää Stalker ATS 5.0 tietokoneohjelmaa, jonka avulla saatiin käsiteltyä tutkan data. Kuvassa 3 on testeissä käytetty The Stalker ATS II tutka. Tutkan toimintataajuus oli $34.7 \pm 0,05$ GHz. Valmistajan ilmoittama tarkkuus on $\pm 0,16$ km/h ja tavoite näyteaika 0,01 s.



KUVA 3. The Stalker ATS II tutka (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi).

Vertikaalihyppytestissä käytettiin kontaktimattoja (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi). Kontaktimaton sisällä on pieniä mikrokytkimiä, joiden tehtävänä on havaita painetta. Kontaktimatto oli yhdistettynä käsikäyttöiseen ajastimeen, joka aktivoituu, kun paine poistuu koehenkilön hypätessä ilmaan ja keskeyttää ajanoton koehenkilön laskeuduttua. Tästä ajasta voidaan laskea esimerkiksi suoraan kaavalla nousukorkeus tai käyttää hyväksi Fyysisen kunnan mittaaminen –kirjan muuntotaulukkoa, jota hyödynnettiin tutkielmassa. (Buckthorpe, Morris & Folland 2012; Keskinen ym. 2018, 177, 198–199.)

Polar Team Pro (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) -laittekokonaisuus sisältää 20 kpl sensoreita, telakan ja sovelluksen, jonka saa ladattua sovelluskaupasta. Kuvassa 4 on esitetty Polar Team Pro laitteisto. Pelianalyyseissä käytettiin Jyväskylän Yliopiston Apple Ipad Pro tablettia (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi), joka kiinnitettiin telakkaan testien hallinnointia varten. Testausta varten jokaiselle pelaajalle annettiin oma Polar Team Pro -sensori, joka kiinnitettiin ylävartaloon pehmeän tekstiilivyön avulla, niin ettei se häiritse pelaamista. Sensori mittaa sykettä, sykevälivaihtelua ja seuraa liikettä erittäin tarkalla 10 Hz:n GPS:lla ja 200 Hz:n 3D-MEMS-liikeanturimen avulla. Polar Team Pro yhdistää datan vaivattomaksi ja mobiiliksi, pelaajaseurantajärjestelmäksi. Sensorit hyödyntävät Bluetooth -teknologiaan datan siirrossa ja dataa hallitaan turvallisesti pilvipohjaisen ratkaisun avulla. (Polar Electro Oy 2019.) Laitteistoon kuuluvalla sovelluksella saadaan tietoa pelaajista suoraan reaaliajassa tabletin näytölle.



KUVA 4. Polar Team Pro -laitteisto (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) (Polar Electro Oy 2019).

5.3.5.1 GPS ja kiihtyvyydenmuuttajat

Polar Team Pro:n (Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) sensorit yhdistyvät automaattisesti maata kiertäviin satelliitteihin ulkona ollessa. Laitteisto yhdistää GPS-pohjaisen liiketiedon ja liikeanturin tuottaman kiihtyvyyden saumattomasti. (Polar Electro Oy 2019.)

Polar Team Pro:n anturi hyödyntää monia adaptiivisia tietolähteitä ja suodatusalgoritmeja laskeakseen pelaajan nopeuden, matkan ja kiihtyvyyden. Signaalin vahvuus ja tarkkuus riippuvat ympäristöolosuhteista, kuten esimerkiksi satelliittien saatavuudesta ja rakennusten katvealueista. (Peltonen & Tuulari 2018.) Kaikki pelit pelattiin ulkona, jossa GPS-anturit saivat hyvän satelliittisignaalin ja Bluetoothin kantama oli hyvä. GPS oli näistä kahdesta ensisijainen seurantamenetelmä. Laitteistoa pidettiin mittauksen ajan kentän välittömässä läheisyydessä, josta se sai hyvän signaalin.

Polar Team Pro:n sensorin näytteenottotaajuus on 10 Hz (Polar Electro Oy 2019). 10 Hz:n GPS-sensoreiden etäisyystietojen tarkkuus on havaittu olevan siedettävä. Keskiarvon vakiomittausvirhe oli 10,9 % 15 m:n pituisessa sprintissä. Tarkkuus parani etäisyyden kasvaessa ja keskiarvon vakiomittausvirhe laski 5,1 %:iin 30 m:n sprintissä. Lisäksi 10 Hz:n sensoreilla on havaittu korkea laitteen sisäinen ja laitteiden välinen luotettavuus. (Castellano ym. 2011.)

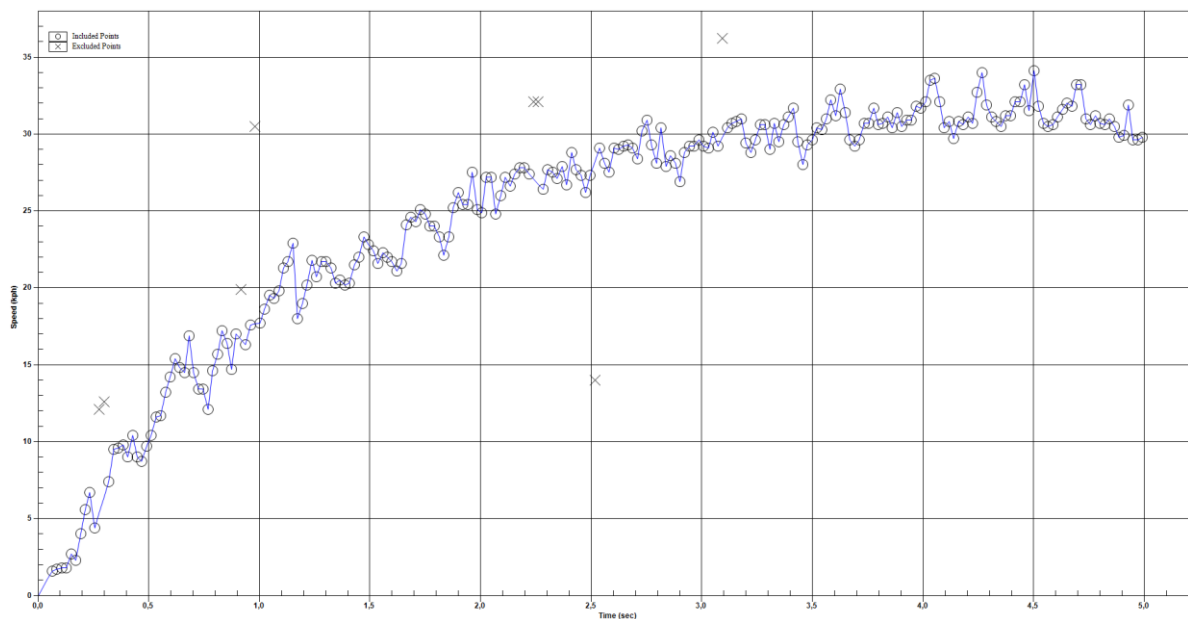
Polarin paitaan integroidun sensorin (Polar Team Pro, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) validointitutkimus osoitti luotettavuuden kokonaismatkan (% CV) mittaamiseksi olevan < 5 % 40 m:n ja 100 m:n liikkumistehtävissä eri nopeuksilla ja simuloitu joukkueurheiluharjoitus osoitti kokonaismatkan olevan luotettava (CV = 0,96 %). 100 m:n aikana vakionopeuden virhe oli 3,3–7,0 % ja 40 m:n aikana 1,4–2,6 %, mikä viittaa siihen, että suuremmalla etäisyydellä virhe kasvaa nopeusalueesta riippumatta. (Giersch ym. 2018.)

5.4 Mittausdatan käsittely ja tilastolliset menetelmät

YYIR2-testin tuloksessa, maksimisykkeessä ja sprinttien lukumäärässä käytettiin paras-tulosperiaatetta. Parhaan tuloksen käyttö on perusteltua YYIR2-testissä, koska testi suoritettiin vain

kerran. Maksimisykkeen ja sprinttien määrissä haluttiin sen sijaan selvittää absoluuttinen maksimitulos. Keskiarvoista tulosta käytettiin vertikaalihyppy- ja juokсутestissä. Lisäksi pelianalyysin tuloksista laskettiin keskiarvo ennen analyysiä vaihtelevan pelimäärän takia. Keskiarvoinen tulos valittiin mukaan osaan analyyseistä, koska oletettiin, että keskiarvon toistettavuus testikerrasta toiseen on parempi kuin parhaan tuloksen. Toinen syy miksi keskiarvoista tulosta käytettiin, oli todennäköisyys, että paras tulos on vain tulos, jonka kohdalle osui suurin mittausta positiivisesti vääristävä virhe.

Tutkan juoksudatasta poistettiin kaikki nopeuden arvot, jotka oli mitattu ennen varsinaista sprintin alkamista ja suurimman nopeuden ylätasoa jälkeen. Lisäksi kaikki häiriöpisteet jätettiin valitsematta, kuten kuvasta 5 voi huomata. Kuvassa näkyvät ruksit ovat mittausdatan häiriösignaaleja, jotka erottuvat selvästi muusta joukosta. Ruksit näkyvät ympyröinä valinnan jälkeen. Jokainen juoksu käsiteltiin käsikäyttöisesti ja datan suodatusta ei käytetty. Häiriöpisteiden käsittelyn jälkeen juoksudata avattiin Excel-ohjelmassa. Tutkalla mitatut pelaajan nopeuden ja ajan arvot siirrettiin Excel-ohjelmasta Morinin & Samozinon (2017) sprintin kiihtyvyysoiman, nopeuden ja voiman profilointi laskentataulukkoon, jossa hyödynnettiin Excel-ratkaisinta (Excel Solver function, Microsoft Excel, Microsoft). Taulukkoon syötettiin tutkittavan paino ja pituus sekä mittausten aikana vallinnut lämpötila ja ilmanpaine. Laskennassa käytettiin 20° lämpötilaa, joka vastaa suurin piirtein mittauspaikan lämpötilaa ja 760 mmHg arvoa ilmanpaineena, joka on normaali ilmanpaine maan pinnalla. Laskentataulukko näyttää laskennan jälkeen automaattisesti voima-nopeus-teho-käyrät ja tärkeimmät mekaaniset parametrit.



KUVA 5. Tutkadan käsittely Stalker ATS 5.0 ohjelmalla. Kuvan pystyakselilla on nopeus (km/h) ja vaaka-akselilla aika (s).

Osassa testeissä jouduttiin rajaamaan pois pelaajat, jotka olivat pelanneet vain yhden pelin, koska esimerkiksi parittainen vertailu on mahdotonta tehdä tällöin. Pelipaikkojen välisessä vertailussa pelaajat olivat jaettu kolmeen pelipaikkaryhmään: puolustajat, keskikenttäpelaajat ja hyökkääjät. Pelipaikkakohtaisessa jaottelussa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaiseen jakoon pienen otannan takia. Toinen ryhmittelytapa, jota käytettiin tuloksien analyysissä, oli pelaajien ryhmittely laita- ja keskikaistan pelaajiksi.

Tilastolliset analyysit toteutettiin IBM SPSS Statistics 25 tilastomenetelmäohjelmalla (Chicago, IL, Yhdysvallat) ja tilastollisen merkitsevyyden tasona käytettiin $p \leq 0,05$. Otosten normaalijakautumisen testaamiseen käytettiin Shapiro-Wilk -testiä, sillä useissa analyyseissä otoskoko oli alle 50. Suurimmassa osassa tarkasteltavissa muuttujissa otoskoko oli niin pieni, että normaalijakautuneisuutta ei voitu olettaa, joten niitä tarkasteltiin ei-parametrisin testein.

Tutkielmassa käytettyjen muuttujien jakaumien kuvailemiseen käytettiin keskiarvoja (KA) ja keskiahajontoja (KH) sekä vaihteluväliä. Peliryhmien eroja tarkasteltiin ei-parametrisin riippumattomien otosten Kruskal-Wallis ja Mann-Whitneyn U testeillä, koska kyseessä oli

pieni otos ($n < 30$) ja t-testin käyttäjäedellytykset eivät välttämättä täyty. Niin ikään pienen otoskoon takia ei voitu olettaa, että data normaalisti jakautunut, mikä voitiin todeta myös pylväsdiagrammista. Lisäksi jakaumat eri ryhmissä olivat erilaiset.

Mitattujen muuttujien korrelaatiota tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokerroimen (r) avulla. Testiksi valittiin Pearsonin testi, koska korrelaatiokerroin on muuttujien mittayksiköistä riippumaton tunnusluku. Korrelaation voimakkuuden suuruutta arvioitiin Evans (1996) ohjeella, jonka mukaan korrelaatio on todella heikko 0,00–0,19, heikko 0,20–0,39, keskisuuri 0,40–0,59, vahva 0,60–0,79 ja erittäin vahva 0,80–1,00 välillä.

Nopeusalueille 4 ja 5 (0–70 min) laskettiin päivien välinen toistettavuus variaatiokerroimen avulla, koska Cronbachin alpha reliabiliteettikerrointa ei voitu määrittää liian pienen tapausmäärän vuoksi. Yksittäisten pelaajien juoksumatkojen vertailuun ei voitu soveltaa mitään varsinaista tilastomenetelmää, joten yksittäisiä pelaajia vertailtiin numeraalisesti pelistä toiseen liikutuissa matkoissa nopeusalueilla 4 ja 5. Päiväkohtaisessa vertailussa käytettiin myös yhdistettyä variaatiokerrointa ja tuloksissa ilmoitettiin keskivirheet.

Pelipaikkaryhmien parittaisessa vertailussa käytettiin Kruskal-Wallis testia, koska testi antaa yleensä ”varovaisemman” tuloksen Bonferronin korjauksen takia ja pieni aineistokoko suosii tätä menetelmää. Laita- tai keskikaistan pelaajien vertailussa käytettiin Mann-Whitney U testia. Pelipaikkaryhmien vaikutuksen koon laskemisessa käytettiin Hedgesin g kaavaa, koska pelipaikkaryhmien koko oli erisuuri ja otoskoko oli pieni ($n < 20$) (Hedges 1981). Ensimmäisen ja toisen puoliajan maksimisykettä, liikuttua kokonaismatkaa ja korkeatehoisia juoksua verrattiin riippumattomien otosten T-testillä, jonka yhteydessä tarkastettiin Levene-testin avulla varianssin yhtäsuuruus ($p > 0,05$).

Ryhmittelyanalyysi luokittelee samanlaiset pelaajat samaan ryhmään. Tutkielmassa käytettiin hierarkkista ja k-keskiarvoista ryhmittelyanalyysiä, millä etsittiin joukosta poikkeavia ryhmiä. Molemmissa menetelmissä valittiin tarkasteltavaksi muuttujaksi korkeatehoiset juoksut nopeusalueella 4 ja 5. K-keskiarvoinen ryhmittelyanalyysi jakoi pelaajat kahteen ryhmään ja tapauksia tarkasteltiin keski- ja laitakaistan pelaajiin jaoteltuina.

Hierarkkisen ryhmittelyanalyysin tapaukset merkittiin kolmen pelipaikkaryhmän mukaan. Ryhmittelymetodiksi valittiin lähin naapuri. Ryhmittelytaulukon kerroin kohdasta katsottiin, missä kohtaa ryhmittelytasoa on suurin suhteellinen etäisyys, joten ryhmiä valittiin kaksi kappaletta lopulliseen analyysiin. Ryhmittelymetodiksi muutettiin Wardin menetelmä, joka piirsi lopullisen dendrogrammin.

6 TULOKSET

Tutkittavia oli yhteensä 21 ja heidän tietonsa ovat esitetty taulukossa 4 ja kaikki tutkielman kannalta olennaiset korrelaatiot löytyvät koottuna yhteen liite 2 korrelaatiomatriisista. Taulukosta 4 puuttuu yksi koehenkilö, joka osallistui pelkästään pelianalyysiin.

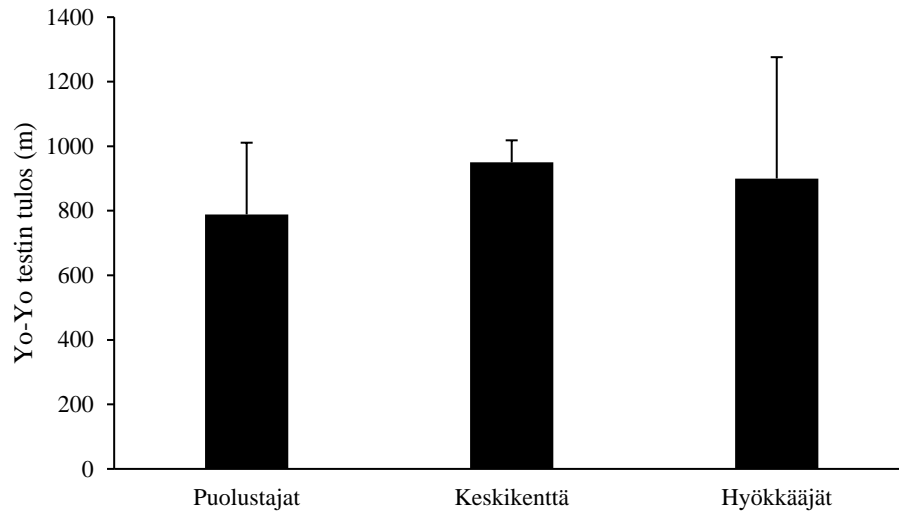
TAULUKKO 4. Tutkittavien tiedot ovat esitettynä keskiarvoina ja keskihajontoina. Suluissa on ilmoitettu vaihteluväli.

n	20
Ikä (v)	20,3 ± 2,8 (17,0–26,0)
Paino (kg)	75,9 ± 8,3 (66,0–99,5)
Pituus (m)	181,8 ± 6,7 (167,2–198,0)
F0 (N)	542,7 ± 56,7 (448,0–644,0)
F0 (N/kg)	7,2 ± 0,5 (6,3–8,0)
Pmax (W)	1228,1 ± 135,4 (1026,0–1469,0)
Pmax (W/kg)	16,2 ± 1,2 (14,4–18,3)
V0 (m/s)	9,1 ± 0,3 (8,5–9,6)

F0 (N) = horisontaalinen maksimivoima, F0 (N/kg) = kiihtyvyyys, Pmax (W) = horisontaalinen maksimiteho, Pmax (W/kg) = horisontaalinen maksimiteho suhteessa kehon painoon, V0 (m/s) = teoreettinen maksiminopeus

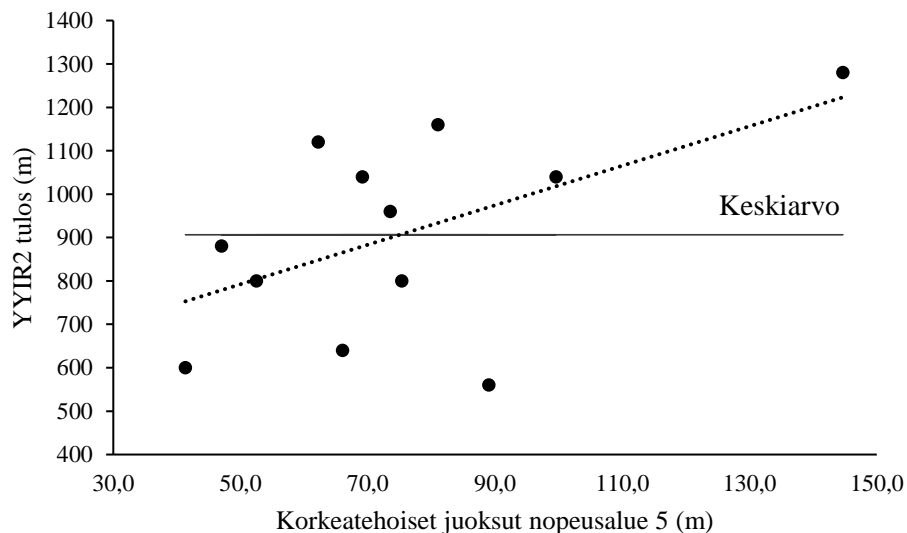
6.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti

Yo-Yo intervallimuotoiseen palautumistestiin (YYIR2) osallistui 15 pelaajaa, joista puolustajia 7, keskikenttäpelaajia 4 ja hyökkääjiä 4. Joukkueen tulos oli 840 ± 234 m (520–1280 m). Puolustajien tulos oli 789 ± 222 m, keskikenttäpelaajien 950 ± 68 m ja hyökkääjien 900 ± 376 m. Testin aikainen keskiarvoinen maksimisyke oli 192 ± 7 lyöntiä minuutissa ja laskennallinen arvio VO₂max:sta 57 ± 3 ml/kg/min (kaava 1) (Keskinen ym. 2018, 110). Kuvassa 6 on esitetty pelipaikkojen tulokset keskiarvoina ja keskihajontoina. Puolustajien ja hyökkääjien keskihajonta oli suuri verrattuna keskikenttäpelaajiin.



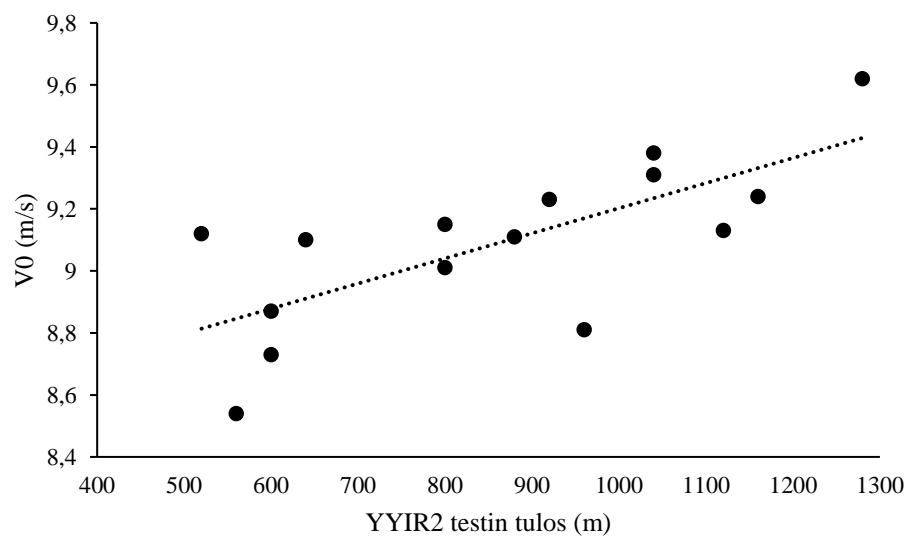
KUVA 6. YYIR2-testin tulos pelipaikkaryhmittäin (n = 15).

Keskikenttäpelaajat suoriutuivat testistä keskiarvoisesti parhaiten, jonka jälkeen hyökkääjät ja puolustajat. Pelipaikkaryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta YYIR2-testin tuloksessa ja testin aikaisessa maksimisykkeessä. Myöskään laita- ja keskikaista ryhmittelyllä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta. Lähes tilastollisesti merkitsevä korrelaatio havaittiin YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksujen nopeusalueella 5 aikavälillä 0–70 min ($r = 0,540$; $p = 0,070$; kuva 7).



KUVA 7. YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksujen nopeusalueen 5 (70 min) yhteys (n = 12).

YYIR2-testin aikana mitattu maksimisyke ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi peleissä mitatun keskiarvoisen maksimisykkeen kanssa 0–70 min ja 90 min aikaikkunassa, eikä ensimmäisen ja toisen puoliajan maksimisykkeen kanssa (n = 11–12). YYIR2-testin tuloksen havaittiin myös korreloivan tilastollisesti merkitsevästi vertikaalihypyn nousukorkeuden (cm) (r = 0,543; p = 0,037), V0:n (m/s) (r = 0,719; p = 0,003; kuva 8), Pmax:n (W/kg) (r = 0,717; p = 0,003) ja RFmax:n (%) (r = 0,736; p = 0,002) kanssa. Lisäksi YYIR2-testin tuloksen havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi 10 m:n (r = -0,645; p = 0,009) ja 30 m:n (r = -0,739; p = 0,002) juoksuajojen kanssa. Kaikissa tapauksissa otoskoko oli 15.



KUVA 8. YYIR2-testin tuloksen ja V0:n riippuvuus (n = 15).

6.2 30 metrin juoksutesti

30 metrin juoksutestissä tulokset olivat: 10 m:n aika $1,78 \pm 0,04$ s, 30 m:n aika $4,23 \pm 0,09$ s, voimasuhde $50,6 \pm 1,6$ % ja voimasuhteen alentuma oli $-7,2 \pm 0,5$ %. Juoksutestin muut tulokset löytyvät taulukossa 4. Tulokset ja korrelaatiot ovat käytetyllä merkitsevyyden asteilla lähes samat maalivahtien kanssa tai ilman. Tulokset ovat ilmoitettu maalivahtien kanssa.

Taulukossa 5 on esitetty pelaajaryhmien juoksusuorituksista tärkeimmät mitatut muuttujat keskiarvoina ja keskihajontoina. Kolme pelipaikkaryhmää eivät eroa muussa kuin Pmax muuttujassa ($p = 0,033$), kun analyysissä on mukana maalivahdit. Keskikenttäpelaajat eroavat tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0,020$) hyökkääjistä, joiden huipputeho oli korkeampi. Kuitenkin tarkasteltaessa vain kenttäpelaajia, ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia useammassa muuttujassa. Hyökkääjät eroavat tilastollisesti merkitsevästi puolustajista 10 m:n ja 30 m:n ajoissa. Hyökkääjät eroavat tilastollisesti merkitsevästi keskikenttäpelaajista F0 (N) ja Pmax (W) muuttujissa.

TAULUKKO 5. 30 metrin juokсутestin muuttujia pelipaikkaryhmittäin ($n = 17$).

	10 m (s)	30 m (s)	F0 (N)	F0 (N/kg)	V0 (m/s)	Pmax (W)	Pmax (W/kg)
Puolustajat	1,81 ± 0,03	4,28 ± 0,09	550 ± 63	7,0 ± 0,4	9,0 ± 0,3	1200 ± 130	15,6 ± 1,0
Keskikenttäpelaajat	1,79 ± 0,04	4,23 ± 0,06	490 ± 26 ^c	7,0 ± 0,4	9,1 ± 0,2	1100 ± 52 ^d	16,0 ± 0,8
Hyökkääjät	1,75 ± 0,03 ^a	4,13 ± 0,08 ^b	590 ± 50	7,4 ± 0,5	9,3 ± 0,2	1400 ± 130	17,1 ± 1,5

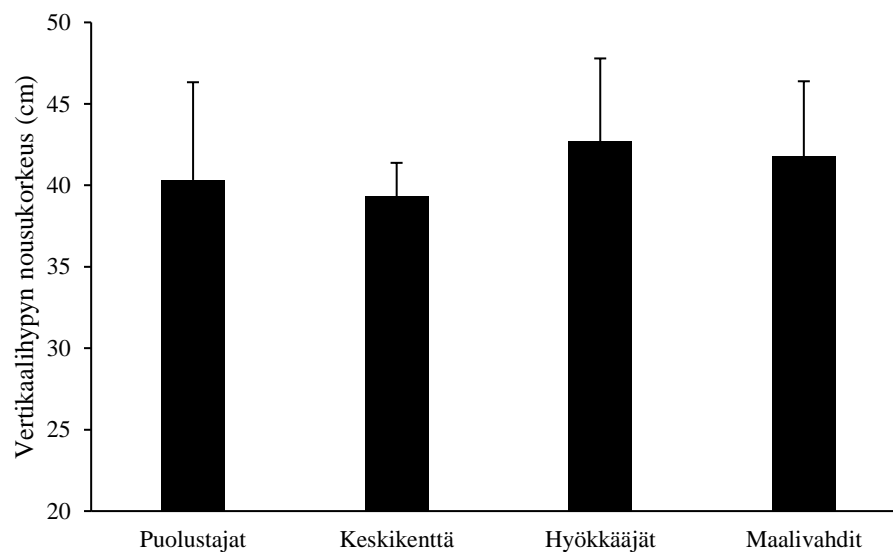
10 m (s) & 30 m (s) = juokсутestin ajat, F0 (N) = horisontaalinen maksimivoima, F0 (N/kg) = kiihtyvyys, V0 (m/s) = teoreettinen maksiminopeus, Pmax (W) = horisontaalinen maksimiteho, Pmax (W/kg) = horisontaalinen maksimiteho suhteessa kehon painoon. ^a eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä puolustajat ($p = 0,030$), ^b eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä puolustajat ($p = 0,031$), ^c eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä hyökkääjät ($p = 0,037$), ^d eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä hyökkääjät ($p = 0,018$).

10 m:n juoksun aika korreloi tilastollisesti merkitsevästi 30 m:n juoksun ajan ($r = 0,930$; $p < 0,001$), hypyn nousukorkeuden ($r = -0,599$; $p = 0,005$), F0:n (N/kg) ($r = -0,667$; $p = 0,001$), V0:n ($r = -0,620$; $p = 0,004$) ja Pmax:n (W/kg) ($r = -0,853$; $p < 0,001$) kanssa. Vastaavasti juokсутestin 30 m:n aika korreloi tilastollisesti merkitsevästi, hypyn nousukorkeuden ($r = -0,623$; $p = 0,003$), F0 (N/kg) ($r = -0,544$; $p = 0,013$), V0 ($r = -0,835$; $p < 0,001$) ja Pmax (W/kg) ($r = -0,836$; $p < 0,001$). Otokoko oli kaikissa edellä mainituissa merkittävän korrelaation tapauksissa 20, paitsi YYIR2-testissä otokoko oli 15.

F0:n (N) havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi pelissä kuljetun kokonaismatkan (0–70 min) ($r = -0,597$; $p = 0,024$), hypyn nousukorkeuden ($r = 0,474$; $p = 0,035$) ja Pmax:n (W) ($r = 0,959$; $p < 0,001$) kanssa. Vastaavasti F0 (N/kg) korreloi hypyn nousukorkeuden ($r = 0,642$; $p = 0,002$) ja Pmax:n (W/kg) ($r = 0,904$; $p < 0,001$) kanssa. Lisäksi V0 korreloi tilastollisesti merkitsevästi Pmax:n ($r = 0,481$; $p = 0,032$) kanssa. Pelissä mitattujen muuttujien otoskoko oli 14 ja muissa se oli 20.

6.3 Vertikaalihyppytesti

Vertikaalihyppytestiin osallistui 20 pelaajaa, joista kolme oli maalivahteja. Keskiarvoinen nousukorkeus kevennyshypyssä oli 39,5 cm ja vaihteluväli 32,5–46,4 cm. Kenttäpelaajien keskiarvo oli 39,4 cm. Pelipaikkakohtaiset tulokset on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Vertikaalihypyn tulokset pelipaikkaryhmittäin (n = 20).

Pelaajien huipputeho vertikaalihypyssä oli keskimäärin 3860 ± 483 W (3220–4790). Hyökkääjien (4170 ± 508 W) keskimääräinen huipputeho oli korkein, jonka jälkeen puolustajat (3970 ± 557 W), maalivahdit (3760 ± 190 W) ja keskikenttäpelaajat (3480 ± 202 W).

Vertikaalihypyn tulos korreloi tilastollisesti Pmax (W) ($r = 0,549$; $p = 0,012$) ja Pmax (W/kg) ($r = 0,714$, $p < 0,001$) kanssa. Myös ilman maalivahteja havaitaan täsmälleen samoissa muuttujissa lähes yhtä voimakkaita korrelaatiokertoimia, joten maalivahtien vaikutus on todella pieni. Vertikaalihypyn huipputehon havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi kuljetun kokonaismatkan ($r = -0,553$; $p = 0,040$) sekä juoksun F0 (N) ($r = 0,907$; $p < 0,001$) ja Pmax (W) ($r = 0,910$; $p < 0,001$) kanssa todella vahvasti. Pelipaikkojen välillä ei havaittu merkitsevää eroavaisuutta huipputehossa kummassakaan ryhmittelyssä

6.4 Pelianalyysi

Taulukossa 6 on esitetty jokaisen pelin korkeatehoisen juoksujen määrä yhteenlasketulla nopeusalueella 4 ja 5 keskiarvoina (KA) ja keskihajontoina (KH) aikaikkunassa 0–70 min. Täyden peliajan 90 min tulokset ovat näkyvillä taulukossa 7. Ensimmäinen eli harjoituspelejä ei eroa keskiarvoiltaan numeraalisesti huomattavasti muista peleistä. Ensimmäisen pelin tulos (537,4 m) oli seitsemän mitatun pelin mediaanitulos. Viides peli eroaa muista silmämääräisesti, missä liikuttui selvästi suurempi määrä korkeatehoista juoksua. Kyseinen peli oli ainoa sarjapeli, joka päättyi häviöön.

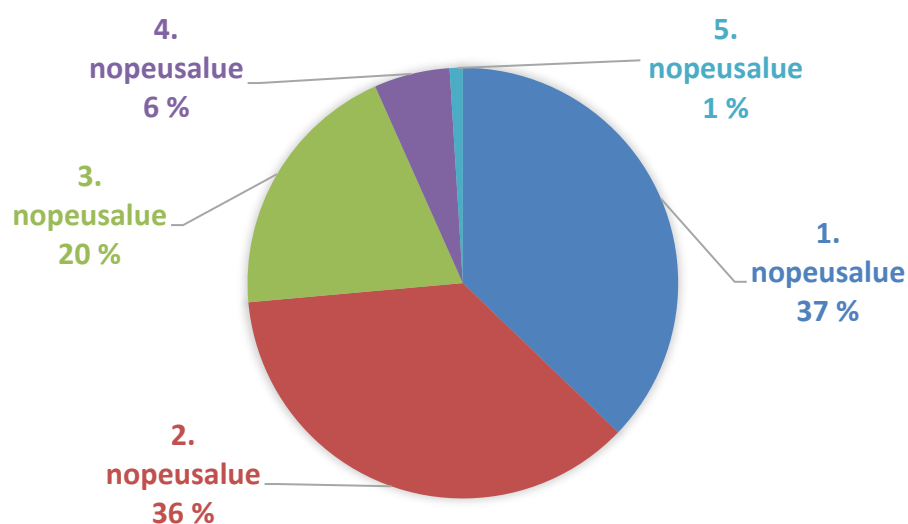
TAULUKKO 6. Nopeusalueen 4 ja 5 korkeatehoiset juoksut (m) 0–70 aikaikkunassa.

70 min	Nopeusalue 4		Nopeusalue 5		Nopeusalue 4 & 5		n
	KA	KH	KA	KH	KA	KH	
1. peli	468	89	70	32	537	121	7
2. peli	412	116	66	47	479	163	6
3. peli	476	141	80	37	556	177	8
4. peli	485	121	101	50	586	172	7
5. peli	594	126	121	61	715	187	10
6. peli	416	112	70	47	486	159	9
7. peli	399	140	84	37	483	177	7
KA	464	121	84	44	549	165	8

TAULUKKO 7. Nopeusalueen 4 ja 5 korkeatehoiset juoksut (m) 0–90 min aikaikkunassa.

90 min	Nopeusalue 4		Nopeusalue 5		Nopeusalue 4 & 5		n
	KA	KH	KA	KH	KA	KH	
1. peli	567	109	99	13	666	123	5
2. peli	482	157	72	61	554	217	5
3. peli	599	199	95	53	694	251	4
4. peli	509	110	110	62	619	172	5
5. peli	667	139	125	78	793	218	7
6. peli	552	170	85	58	638	228	7
7. peli	523	174	105	50	628	224	7
KA	557	151	99	53	656	205	6

Kuvassa 10 on esitetty miten liikuttu kokonaismatka jakautuu nopeusalueisiin. Keskimäärin pelin aikana (90 min) liikuttiin 3800 m nopeusalueella 1, 3730 m nopeusalueella 2, 2010 m nopeusalueella 3, 573 m nopeusalueella 4 ja 96 m nopeusalueella 5. Korkeatehoisten juoksujen käsitettiin kattavan nopeusalueet 4 ja 5. Toisin sanoen kokonaismäärästä vain 5,5 % oli korkeatehoista juoksua (>19,0 km/h). Nopeusalueet 1 ja 2 eli kävely ja hölkkäys käsittivät lähes kolme neljäsosaa (73,7 %) kokonaismatkasta.



KUVA 10. Liikuttu matka eri nopeusalueina esitetty (90 min).

Taulukossa 8 on esitetty pelianalyyseissa saatuja tuloksia aikavälillä 0–70 min. Seitsemässä pelissä kertyi yhteensä 54 mittausta. Yksittäinen pelaaja pääsi osallistumaan 1–6 peliin seitsemästä. Taulukossa 9 on esitetty tuloksia vain pelaajilta, jotka pelasivat 90 min eli täyden pelin.

TAULUKKO 8. Joukkueen pelianalyyseihin tuloksia aikaikkunassa 0–70 min.

Muuttuja	Keskiarvo ± keskihajonta	Vaihteluväli	n
Liikuttu kokonaismäärä (m)	8112 ± 404	7450–8936	15
Sprintit (kpl)	42 ± 8	28–55	15
KT juoksut nopeusalue 4 (m)	481 ± 111	304–728	15
KT juoksut nopeusalue 5 (m)	86 ± 37	41–179	15
Maksimisyke (/min)	193 ± 6	182–202	15

KT = korkeatehoiset

TAULUKKO 9. Joukkueen pelianalyyseihin tuloksia täydeltä 90 min peliajalta.

Muuttuja	Keskiarvo ± keskihajonta	Vaihteluväli	n
Liikuttu kokonaismäärä (m)	10213 ± 594	9042–10863	13
Sprintit (kpl)	47 ± 8	35–57	13
KT juoksut nopeusalue 4 (m)	573 ± 132	360–887	13
KT juoksut nopeusalue 5 (m)	96 ± 44	46–186	13
Maksimisyke (/min)	192 ± 6	182–202	13

KT = korkeatehoiset

Tarkasteltaessa vain näitä 13 pelaajaa, jotka pelasivat vähintään yhden täyden pelin, esimerkiksi liikuttu kokonaismäärä kasvoi viimeisen 20 peliminuutin aikana 8114 m:stä 10213 m:iin ja sprinttien lukumäärä 41:stä 47:ään. Toisin sanoen liikuttu kokonaismäärä kasvoi 25,9 % ja sprinttien lukumäärä 14,6 %. Vastaavia korkeatehoiset juoksut kasvoivat nopeusalueella neljä 19,1 % ja nopeusalueella viisi 11,6 % viimeisten 20 peliminuutin aikana. Pelin loppuvaiheessa pelaajat liikkuiivat suhteessa enemmän alemmilla nopeustasoilla (<19,0 km/h), koska sprinttien lukumäärä ja korkeatehoisten juoksujen määrä ei kasvanut samassa suhteessa kuin liikuttu kokonaismäärä.

Nopeusalueille 4 ja 5 (0–70 min) laskettiin päivien välinen toistettavuus keskiarvon, keskihajonnan, neliöiden summan, normaalijakauman ja yhdistetyn keskihajonnan avulla, koska päivien väliselle toistettavuudelle ei voitu laskea Cronbach alphan reliabiliteettikerrointa. Yhdistetyksi variaatiokertoimeksi saatiin 23,0 % nopeusalueella 4 luottamusvälin ollessa 45,2 % tai 205,3 m. Vastaavasti nopeusalueen 5 yhdistetyksi variaatiokertoimeksi saatiin 50,1 % luottamusvälin ollessa 98,2 % tai 83,3 m. Nopeusalueet yhdistettynä variaatiokertoimeksi muodostui 22,4 % luottamusvälin ollessa 43,9 % tai 236,8 m. Keskvirheet olivat 2,2; 0,9 ja 2,6 tässä järjestyksessä. Variaatiokerroin kertoo keskiarvoon suhteutetun hajonnan eli keskiarvon vaikutus hajontaan skaalataan pois (Tilastokeskus 2020).

Maksimisyke korreloi tilastollisesti merkitsevästi spinttimäärän ($r = 0,582$; $p = 0,023$) ja korkeatehoisten juoksujen nopeusalueella 4 ($r = 0,669$; $p = 0,006$) ($n = 15$) kanssa. Maksimisyke korreloi myös tilastollisesti merkitsevästi F0:n (N/kg) ($r = -0,748$; $p = 0,002$) ja Pmax:n (W/kg) ($r = -0,686$; $p = 0,007$) kanssa ($n = 14$).

Kuljettu kokonaismatka (0–70 min) pelin aikana korreloi tilastollisesti merkitsevästi sprinttimäärän ($r = 0,567$; $p = 0,028$) ja nopeusalueen 4 korkeatehoisten juoksujen ($r = 0,643$; $p = 0,010$) kanssa. Lisäksi korrelaatio havaittiin kuljetun kokonaismatkan ja korkeatehoisten juoksujen nopeusalueella 4 ja 5 ($r = 0,630$; $p = 0,012$) välillä. Edellisissä muuttujissa otoskoko oli 15. Lisäksi negatiivinen merkitsevä korrelaatio havaittiin F0:n (N) ($r = -0,597$; $p = 0,024$) ja Pmax:n (W) ($r = -0,541$; $p = 0,046$) ($n = 14$) välillä. Täyden peliajan (90 min) kuljettu kokonaismatkan havaittiin korreloivan samojen muuttujien kanssa. Lisäksi korkeatehoisten juoksujen suhteutettuna peliaikaan (m/min) havaittiin korreloivan täsmälleen samojen muuttujien kanssa kuin korkeatehoiset juoksut (m) 0–70 min vakioidulla aikavälillä nopeusalueella 4.

Pelaajien paino korreloi tilastollisesti merkitsevästi korkeatehoisten juoksujen nopeusalueella 4 ($r = -0,667$; $p = 0,009$) ja yhteenlasketulla nopeusalueella 4 ja 5 ($r = -0,646$; $p = 0,013$) kanssa. Niin ikään pelaajien paino korreloi tilastollisesti merkitsevästi kuljetun kokonaismatkan kanssa aikaikkunassa 0–70 min ($r = -0,858$; $p < 0,001$) ja 90 min ($r = -0,833$; $p = 0,001$). Lisäksi pelaajien paino korreloi tilastollisesti merkitsevästi F0 (N) ($r = 0,817$; $p < 0,001$) ja Pmax (W)

($r = 0,770$; $p < 0,001$) kanssa. Toisin sanoen painavimmat pelaajat liikkivat vähemmän pelin aikana ja tuottivat suuremman maksimitohon ja -voiman juoksutestissä kuin kevyemmät pelaajat.

Pelaajia, jotka pääsivät osallistumaan lähes kaikkiin peleihin, vertailtiin numeraalisesti korkeatehoisten juoksusuorituksien määrässä. Taulukkoon 10 on koottu kaikki pelaajat, jotka pääsivät osallistumaan vähintään viiteen peliin. Jokaista pelipaikkaryhmää taulukossa edustaa kaksi pelaajaa.

TAULUKKO 10. Yksittäisten pelaajien korkeatehoisten juoksujen määrä (m) pelianalyysissä nopeusalueella 4 ja 5 (0–70 min). Taulukossa on ilmoitettu myös vaihteluväli, keskiarvon 95 % luottamusväli ja pelimäärä (n).

Pelipaikka	KA ± KH	Vaihteluväli	Luottamusväli	n
Puolustaja	412 ± 109	294–517	277–547	5
Hyökkääjä	649 ± 106	508–719	538–760	6
Keskikenttäpelaaj	562 ± 74	456–632	470–654	5
Puolustaja	568 ± 169	375–823	391–745	6
Keskikenttäpelaaj	505 ± 126	372–698	373–637	6
Hyökkääjä	672 ± 159	425–838	505–839	6

Kuten taulukosta 10 voidaan huomata, niin jokaisen pelaajan henkilökohtainen keskihajonta oli varsin suurta pelistä toiseen, kun sitä verrataan keskiarvoon. Keskimääräinen vaihteluväli oli suuri ja osassa tapauksissa vaihteluvälin minimi oli jopa alle puolet maksimituloksesta. Näiden tarkasteltavien pelaajien vaihteluvälin suuruus oli keskimäärin 300 m, joten päiväkohtainen variaatio oli laaja.

Joukkueen puoliaikojen vertailu on näkyvillä taulukossa 11. Yhteensä mittauksia kertyi 43 kappaletta per puoliaika 13 pelaajalta.

TAULUKKO 11. Puoliaikojen erot korkeatehoisten juoksujen määrässä (yhteenlaskettu nopeusalue 4 & 5) ja liikutussa kokonaismatkassa (90 min) (n = 13).

	Korkeatehoiset juoksut	Liikuttu kokonaismatka	Maksimisyke
	KA ± KH	KA ± KH	KA ± KH
1. puoliaika	350 ± 81 (208–454)	5311 ± 332 (4614–5888)	192 ± 6
2. puoliaika	319 ± 81 (198–498)	4901 ± 306 (4428–5304)*	189 ± 6

* $p \leq 0,01$ tilastollisesti merkitsevä ero puoliaikojen välillä

Liikuttua kokonaismatkaa kertyi ensimmäisellä puoliajalla 5311 ± 332 m ja toisella puoliajalla 4901 ± 306 m. Ero osoittautui tilastollisesti merkitseväksi ($p = 0,003$). Ensimmäisen puoliajan maksimisyke oli 192 ± 6 ja toisen puoliajan 189 ± 6 lyöntiä minuutissa, joten maksimisyke oli alhaisempi toisella puoliajalla.

Taulukkoon 12 on koottuna olennaisia pelimuuttujia 0–70 min aikaikkunassa. Puolustajien ja hyökkääjien välillä huomattiin tilastollisesti merkitsevä ero korkeatehoisissa juoksuissa nopeusalueella 4 ja 5 ($p = 0,024$) parittaisessa tarkastelussa, kuten myös suhteutettuna peliaikaan samalla nopeusalueella ($p = 0,028$). Puolustajat suorittivat keskimäärin korkeatehoista juoksua nopeusalueella 4 ja 5 (> 19 km/h) 462 m ja hyökkääjät 660 m. Vaikutuksen kooksi saatiin Hedges' g kaavalla 0,4; joka tarkoittaa lähes keskikokoista vaikutusta. Toisin sanoen 66 % puolustajista sai keskimääräistä hyökkääjän tulosta heikomman tuloksen. (Coe 2002; Hedges 1981.)

TAULUKKO 12. Pelipaikkaryhmien muuttujat, joissa havaittiin eroja (0–70 min) (n = 15).

Mitatut muuttujat	Puolustajat	Keskikenttäpelaajat	Hyökkääjät
KT juoksut nopeusalue 4 (m)	398 ± 88	504 ± 66	547 ± 61
KT juoksut nopeusalue 4 & 5 (m)	462 ± 101 ^a	605 ± 87	660 ± 16
KT juoksut nopeusalue 4 (m/min)	5,50 ± 1,27	6,68 ± 0,46	7,44 ± 0,68
KT juoksut nopeusalue 4 & 5 (m/min)	6,38 ± 1,50 ^b	7,95 ± 0,68	8,94 ± 0,03
Kuljettu kokonaismatka (m)	7770 ± 243 ^c	8510 ± 266	8150 ± 455
Sprinttimäärä (kpl)	36 ± 8	43 ± 6	50 ± 8

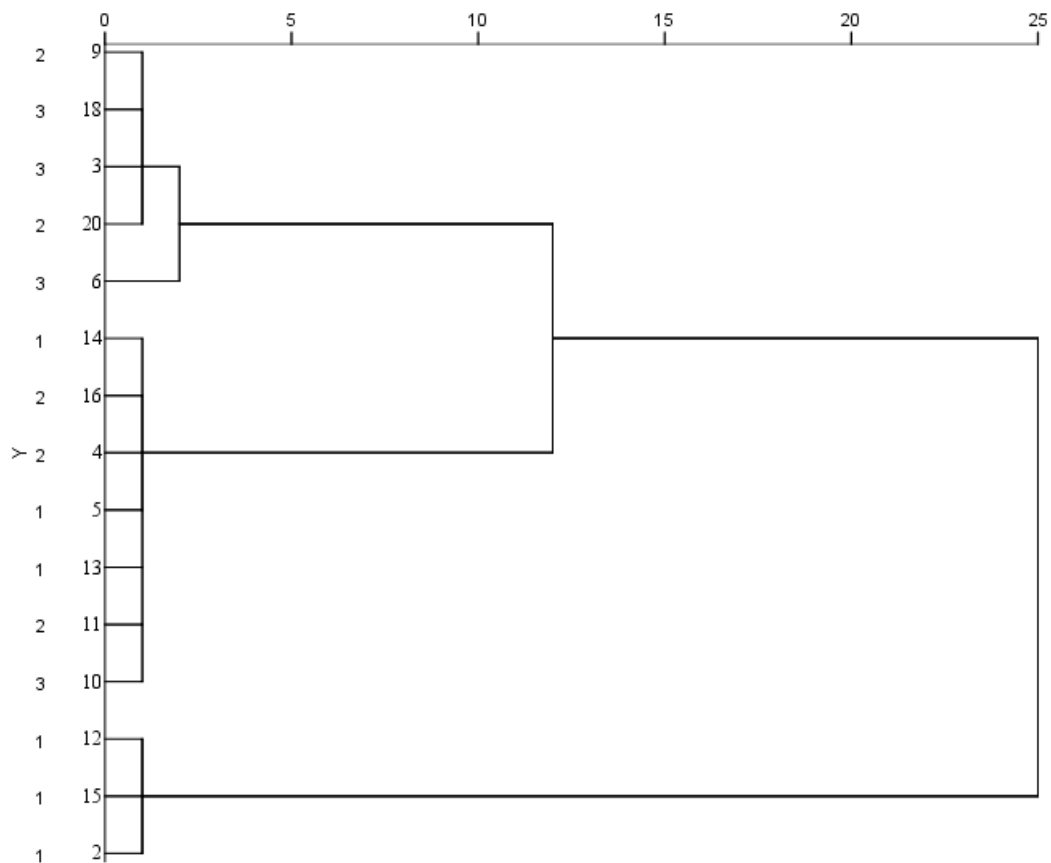
KT = korkeatehoiset, ^a eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä hyökkääjät (p = 0,024), ^b eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä hyökkääjät (p = 0,028), ^c eroaa tilastollisesti merkitsevästi ryhmästä keskikenttäpelaajat (p = 0,006).

Puolustajat liikkuvat 0–70 min aikaikkunan aikana keskimäärin 7770 m (p = 0,006) ja 0–90 min aikaikkunan aikana 9790 m (p = 0,015), kun taas keskikenttäpelaajat vastaavassa järjestyksessä 8510 m ja 10600 m. Vaikutuksen kooksi laskettiin 0–70 min aikaikkunassa 0,3; joka tarkoittaa pientä vaikutusta. Toisin sanoen 62 % puolustajista oli alle keskimääräisen keskikenttäpelaajan tuloksesta. Täyden peliajan vaikutuksen koko oli 2,0; joka vastaa, että 98 % puolustajista oli alle keskimääräisen keskikenttäpelaajan täyden peliajan tuloksesta. (Coe 2002; Hedges 1981.) Parittaisessa vertailussa sprinttimäärässä ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää eroavaisuutta.

Ryhmittelyanalyysissä oli mukana yhdeksän keskikaistan ja kuusi laitakaistan pelaajaa. Keskiarvon ryhmittelyanalyysi jakoi pelaajat kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän keskiarvo korkeatehoisissa juoksuissa yhteenlasketulla nopeusalueella 4 ja 5 oli 429 m. Mainittuun ryhmään kuului viisi pelaajaa. Toisen ryhmän keskiarvo oli 636 m, mihin kuului 10 pelaajaa. Ensimmäisen ryhmän pelaajista 4/5 eli 80 % oli keskikaistan pelaajia ja toisen ryhmän pelaajista 5/10 eli 50 % oli keskikaistan pelaajia. Toisin sanoen 5/6 laitakaistan pelaajasta ryhmittyi toiseen ryhmään, joka suoritti peleissä enemmän korkeatehoista juoksua. Laitakaistan pelaajat suorittivat 613 ± 97 m ja keskikaistan pelaajat 536 ± 139 m korkeatehoista juoksua, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Aineistolle suoritettiin myös hierarkkinen ryhmittelyanalyysi. Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, niin analyysi jakoi pelaajat kahteen pääryhmään ja siitä edespäin pienempiin

alaryhmiin. Kuvaa tulkitaan oikealta vasemmalle ja kahta pääryhmää edustaa oikealta lähtevät vaakaviivat. Vaaka-akselilla on suhteellisen etäisyyden mitta eli mitä pidempi vaakaviiva on, sitä enemmän se eroaa viereisestä ryhmästä. Kuvan vasemman laidan toiset numerot ovat pelaajien ID-numeroita. Toinen pääryhmä, taulukon alalaidassa, eroaa selvästi muista, minkä huomaa etäisyydestä ja ryhmittelystä. Analyysissä pelaajan pelipaikkaa vastasi numero, jotka näkyvät kuvan vasemmassa laidassa. Numerolla 1 on merkitty puolustajat, numerolla 2 keskikenttäpelaajat ja numerolla 3 hyökkääjät, joten edellä mainittu pääryhmä koostuu vain puolustajista. Jokainen näistä kolmesta pelaajasta pelasi keskuspuolustajana. Kaksi pääryhmää eroaa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p = 0,009$), joten keskuspuolustajien tulokset ovat vaikuttaneet myös keski- ja laitakaistan ryhmittelyn tuloksiin. Kuvan ylälaidan alaryhmästä ovat eniten korkeatehoisia juoksuja suorittaneet pelaajat (9, 18, 3, 20 ja 6). Yksikään puolustaja ei yltänyt tähän ryhmään.



KUVA 11. Hierarkkisen ryhmittelyanalyysin mitoitettu etäisyysklusteriyhdistelmä dendrogrammi ($n = 15$).

7 POHDINTA

Tulokset osoittivat, että YYIR2-testin tulos ei korreloinut korkeatehoisten juoksusuoritusten kanssa tilastollisesti merkitsevästi. Tutkielmassa havaittiin vain yksi lähes tilastollisesti merkitsevä korrelaatio YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksujen välillä, mikä oli nopeusalueella 5. Nopeudella ja teholla (voima–nopeus) ei havaittu olevan yhteyttä pelinaikaisten korkeatehoisten juoksusuoritusten määrän kanssa. Juoksutestissä mitatut nopeuden ja tehon parametrit (F0, Pmax & V0) eivät korreloineet tilastollisesti merkitsevästi minkään nopeusalueen korkeatehoisten juoksujen kanssa. Tulokset osoittivat myös, että ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä on eroja, esimerkiksi korkeatehoiset juoksut yhteenlasketulla nopeusalueella 4 ja 5 ja liikuttu kokonaismatka oli alhaisempi sekä maksimisyke pienempi toisella puoliajalla. Vain liikuttu kokonaismatka erosi tilastollisesti merkitsevästi puoliaikojen välillä. Pelipaikkaryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja juoksutestin ajoissa ja testissä mitatuissa mekaanisissa parametreissa: F0 (N) ja Pmax (W). Niin ikään peleissä kuljetussa korkeatehoisissa juoksuissa yhteenlasketulla nopeusalueella 4 ja 5 ja liikutussa kokonaismatkassa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero.

Tutkielma tarjoaa kaksi hyvin käytännöllistä näkökulmaa ja arvoa. Ensiksi tieto siitä, kuinka paljon pelaajat liikkuvat Suomen neljänneksi korkeimman sarjatason peleissä ja toiseksi mitkä testitulokset olivat yhteydessä pelimuuttujiin. Pohdinnassa syvennytään näihin asioihin enemmän ja tulkitaan saatuja tuloksista, sekä yritetään avata lukijalle, mitkä tekijät ovat mahdollisesti vaikuttaneet tuloksiin. Lukemisen helpottamiseksi pohdinta on jaettu erilaisiin alalukuihin, muun muassa kenttätesteihin ja pelianalyysiin. Pohdinnan lopussa puhutaan tulosten käytettävyydestä ja luotettavuudesta, jatkotutkimusehdotuksista sekä johtopäätöksistä.

7.1 Yo-Yo intervallimuotoinen palautumistesti

Taulukossa 1 on esitetty eri tasoisten jalkapalloilijoiden YYIR2-testin tuloksia (Schmitz ym 2018). Kuten Schmitzin ym (2018) taulukosta voidaan havaita, niin tämän tutkielman YYIR2-testin tulos 840 ± 234 m asettuu hyvin harrastelija–eliitti -tason väliin. Tutkielman tulos mukailee myös Krustrup ym. (2006) raportoitua 2. divisioonan pelaajien (771 ± 26 m) tulosta.

Tämän tutkielman tulos osoittaa, että joukkueella on varsin hyvä kyky toistaa korkeatehoisia juoksuosituksia, kun otetaan huomioon sarjataso. Toisaalta vaihteluväli (520–1280 m) kertoo sen, että pelaajien välillä on suuria eroja. Lisäksi harrastajatason tuloksissa on havaittu usein suurin keskihajonta, kuten taulukosta 1 voidaan todeta. Vaihteluvälin suuruus voi johtua esimerkiksi sarjatasosta, koska pelaajilla voi olla kyseisellä sarjatasolla hyvin vaihteleva kuntotaso. Pelaajan henkilökohtainen motivaatio on myös voinut vaikuttaa tuloksiin.

Pelipaikkaryhmien välillä ei havaittu merkitsevää eroavaisuutta YYIR2-testin tuloksessa, mikä on linjassa Bangsbon (2014) tutkimuksen kanssa. Esimerkiksi YYIR1-testissä on yleisesti havaittu, että keskuspuolustajat suoriutuvat testistä heikommin kuin muun pelipaikan pelaajat, mutta vastaavaa eroavaisuutta ei ole havaittu YYIR2-testissä. Tulos osoittaa, että keskuspuolustajilla on matalampi intensiivinen kestävyyskapasiteetti, mutta sama kyky palautua. (Bangsbo 2014.)

Krustrup ym. (2006) käyttivät neljään pelipaikkaryhmään jakoa, joka erosi tämän tutkielman jaosta siten, että laitapuolustajat ja keskuspuolustajat olivat omana pelipaikkaryhmänä. Tutkimuksessa keskikenttäpelaajat suoriutuivat YYIR2-testistä parhaiten, kuten myös tässä tutkielmassa. Verrattaessa tutkimusten tuloksia keskenään, havaitaan, että keskikenttäpelaajien (950 ± 68 m vs. 968 ± 48 m) ja hyökkääjien (900 ± 376 m vs. 894 ± 47 m) tulokset ovat hyvin yhdenmukaisia. Suurin ero havaittiin puolustajien välillä. Yhdistämällä Krustrup ym. (2006) tutkimuksessa käytetyn puolustajien jaon yhdeksi ryhmäksi, havaitaan, että tämän tutkielman puolustajat suoriutuivat testistä selvästi heikommin (789 ± 222 m vs. 982 ± 42 m).

Aloittelijoiden YYIR1-testi on havaittu korreloivan pelissä tehtyjen korkeatehoisten juoksujen kanssa (Krustrup & Bangsbo 2001; Krustrup ym. 2003; Bangsbo ym. 2008). Tulosten vertailua hankaloittaa eri nopeusalueiden rajat ja YYIR-testitasot. Lisäksi tutkimuksissa on havaittu hieman suurempia korrelaatioiden voimakkuuksia YYIR1-testissä ($r = 0,71-0,76$) kuin YYIR2-testissä ($r = 0,54-0,56$) (Krustrup ym. 2005; Krustrup & Bangsbo 2001; Bradley ym. 2013). Merkitsevät korrelaatiot ovat saatu selvästi pienemmällä nopeusrajoilla kuin tässä tutkielmassa. Esimerkiksi Krustrup ym. (2003) käyttivät aloittelijoiden YYIR1-testiä ja 15 km/h nopeusrajaa. Kuitenkin tämän tutkielman tulokset osoittavat, että edistyneempien urheilijoiden YYIR2-testin

tulos ei korreloi tilastollisesti merkitsevästi korkeatehoisten juoksujen kanssa. Ainoa lähes merkitsevä korrelaatio ($r = 0,540$; $p = 0,070$) havaittiin YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksujen nopeusalueen 5 välillä (0–70 min). Ensimmäisen hypoteesin mukaista YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksusuoritusten tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei havaittu, joten kyseinen hypoteesi hylätään. Tulos voi johtua muun muassa sarjatasosta, otoskoosta tai nopeusrajaista. Esimerkiksi Suomen Kolmosessa ei vaadita yhtä hyvää fyysistä suorituskykyä kuin Englannin kahdella korkeimmalla sarjatasolla, jossa havaittiin YYIR2-testin tuloksen korreloivan tilastollisesti merkitsevästi korkeatehoisten juoksujen kanssa ($\geq 19,8$ km/h) (Bradley ym. 2013). Lisäksi YYIR2-testin tuloksen ja korkeatehoisten juoksujen (nopeusalue 5) lähes merkitsevä korrelaatio syntyi melko varmasti yhden pelaajan vaikutuksesta. Kyseinen pelaaja erottuu kuvan 7 oikeassa laidassa selvästi muista suuremmilla arvoilla.

YYIR2-testin tuloksen havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi vertikaalihypyn nousukorkeuden, $V0:n$ (m/s), $P_{max:n}$ (W/kg), $R_{fmax:n}$ (%) sekä 10 m:n ja 30 m:n juoksuaikojen kanssa. Kaikki korrelaatiokertoimet osoittavat vähintään kohtuullista yhteyden voimakkuutta. YYIR2-testin tulos vaikuttaa olevan yhteydessä lihasten nopeus-teho-ominaisuuksiin, koska mitä nopeampi ja/tai suurempi maksimiteho suhteessa kehon painoon (W/kg) pelaajalla oli, sitä paremmin hän suoriutui YYIR2-testistä. Lisäksi juoksuaikojen korrelaatiokertoimen voimakkuus osoitti vahvaa lineaarista yhteyttä, mutta esimerkiksi Krustrup ym. (2006) eivät havainneet tutkimuksessa YYIR2-testin tuloksen korreloivan 30 metrin juoksutestin ajan kanssa.

7.2 30 metrin juoksutesti

Yhdeksi verrokkitutkimukseksi valittiin Haugenin, Breitschädelin & Seilerin (2020) suuri poikkileikkaustutkimus. Tutkimus on yksi harvoista tutkimuksista, jossa on käytetty samaa Morinin & Samozinon (2017) laskentataulukkoa juoksun profilointiin, kuten tässä tutkielmassa.

Lähin vertailuryhmä Kolmosen pelaajille on 3-5. divisioonan miesjalkapalloilijat taulukossa 2. Vaikka mittausmenetelmät poikkeavat hieman, niin tulokset olivat hyvin samansuuntaisia.

Esimerkiksi maksimivoima suhteessa kehon painoon oli suurempi Norjan 3-5. divisioonan pelaajilla, mutta huippunopeus oli alhaisempi kuin tämän tutkielman pelaajilla. Eniten merkillepantavaa olivat R_{fmax} ja D_{rf} tulokset. Tutkielman tulokset olivat suuremmat kuin millään taulukon ryhmällä, mikä osoittaa, että pelaajat olivat mekaanisesti tehokkaimpia ja voiman kohdistamisen kiihtyvyyden aikana oli parempi. Tuloksia voidaan pitää positiivisena löytönä, mutta eri mittausmenetelmän takia tuloksesta ei voi päätellä juuri mitään. Kaiken kaikkiaan vaikuttaisi kuitenkin siltä, että Norjan ja Suomen alemman sarjatasojen pelaajat eivät eroa huomattavasti toisistaan.

Haugenin, Breitschädelin & Seilerin (2020) tutkimuksessa hyökkääjät olivat parhaimpia 10 m:n ja 40 m:n juoksuajoissa sekä F_0 (N), V_0 (m/s), P_{max} (W/kg) ja R_{fmax} (%) arvoissa verrattuna muihin pelipaikkoihin. Lisäksi maalivahdit olivat hitaimpia 40 m:n juoksuajassa sekä R_{fmax} arvossa verrattuna keskikenttäpelaajiin ja puolustajiin. Vastaavia tuloksia havaittiin tässä tutkielmassa, koska hyökkääjät osoittivat olevan parhaimpia kaikissa juoksumuuttujissa. Vastaavasti 30 metrin juokсутestissä maalivahdit olivat hitaampia kuin keskikenttäpelaajat ja hyökkääjät, mutta eivät hitaampia kuin puolustajat. Hyökkääjät erosivat tilastollisesti merkitsevästi puolustajista 10 m:n ja 30 m:n juoksuajoissa sekä F_0 ja P_{max} arvoissa keskikenttäpelaajista. Havaintoja tukee belgialainen sprinttiaika-analyysitutkimus, jossa huomattiin vastaavasti hyökkääjien paremmuus eri sprinttimatkoilla (Boone ym. 2012). Toisaalta on myös saatu tuloksia, että pelipaikat eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan 30 m:n juokсутestin ajoissa (Di Mascio & Bradley 2013). Kuitenkin tämän tutkielman tulosten perusteella 30 m:n juokсутestin mitatuissa muuttujissa on eroja pelipaikkojen välillä.

F_0 :n, V_0 :n, P_{max} :n, R_{fmax} :n ja juokсутestin ajan välillä havaittiin keskisuuria-erittäin voimakkaita korrelaatioita, kuten myös Haugenin, Breitschädelin & Seilerin (2020) tutkimuksessa. Lisäksi mainitussa tutkimuksessa huomattiin, että korkeamman sarjatason pelaajat saavuttivat parempia juoksuajoja sekä F_0 , V_0 , P_{max} , R_{fmax} ja D_{rf} arvoja kuin alemman tason pelaajat. Mitä ylemmäksi sarjatasoa tullaan, sitä parempia pelaajat olivat mitatuissa muuttujissa kyseisessä tutkimuksessa. Tämä vahvistaa ajatusta siitä, että lineaarinen sprinttauskyky on erotteliva suorituskyvyn tekijä jalkapallossa (Haugen, Tønnessen & Seiler 2013).

7.3 Vertikaalihyppytesti

Tutkielmaan osallistuneen joukkueen kevennyshypyn tulos oli $39,5 \pm 4,0$ cm. Tulos on lähellä Arnasonin ym. (2004) tutkimuksen tulosta, jossa käytettiin samaa mittausmenetelmää. Ensimmäisen divisioonan pelaajien tulos oli $38,8 \pm 0,7$ cm ja pääsarjan pelaajien vastaavasti $39,4 \pm 0,4$ cm. Eri maiden sarjatasoja on todella vaikea verrata toisiinsa, mutta vaikuttaisi siltä, että tutkielmaan osallistuneella joukkueella ojentajalihasten isoinertiaalinen voimantuotto on hyvällä tasolla. Olennaista tässäkin testissä oli, että se on lajikohtainen ja se mittaa lajin kannalta keskeisten lihasten nopeus-voima-ominaisuuksia sekä alaraajojen räjähtäviä ominaisuuksia. Kyky on olennainen pelissä, koska esimerkiksi lyhyet sprintit ja puskeminen vaativat näitä ominaisuuksia. Täten vertikaalihypyn tulos on havaittu myös korreloivan muun muassa 10 m:n ja 30 m:n juoksuaikojen sekä maksimaalisen voiman puolikykyssä kanssa. (Stølen ym. 2005; Wisløff ym. 2004; FIFA s.a, 124; Sarajärvi, Volossovitch & Almeida 2020.)

Nopeus on yksi merkittävimmistä pelaajaominaisuuksista jalkapallossa, koska sillä voidaan luoda etua vastustajaan nähden (Wallace & Norton 2014). Etenkin, kun suurin osa juoksuista pelin aikana on alle 30 m (Barros ym. 1999; FIFA s.a, 124), ja peli on muuttunut yhä nopeammaksi vuosien saatossa (Tumilty 1993). Pelaajien kiihtyvyys ja nopeus lyhyillä matkoilla vaikuttavat olevan todella tärkeitä ominaisuuksia jalkapalloilijoille, mikä on syytä huomioida myös harjoittelussa. Vaikuttaisi niin ikään siltä, että hyppy- ja voimaharjoitukset harjoitusohjelmassa ovat myös tärkeitä jalkapalloilijoille, koska hyppytestin nousukorkeuden ja joukkueen menestyksen välillä on havaittu positiivinen yhteys (Arnason ym. 2004).

Wisløff ym. (2004) eivät havainneet tutkimuksessaan pelipaikkaryhmissä eroa. Toisaalta aikaisemmassa tutkimuksessa Wisløff ym. (1998) havaitsivat, että puolustajilla ja hyökkääjillä vertikaalihypyn tulos oli merkitsevästi korkeampi verrattuna keskikenttäpelaajien tulokseen. Puolestaan Boone ym. (2012) havaitsivat, että hyökkääjät olivat parempia kuin keskikenttäpelaajat ja laitapuolustajat, mikä on linjassa tämän tutkielman tulosten kanssa. Tämän tutkielman keskikenttäpelaajat suoriutuivat vertikaalihypystä heikoiten, mutta ero pelipaikkaryhmien välillä ei ollut merkitsevää - oli sitten mukana maalivahdit tai ei. Myöskään vertikaalihypyn huipputehossa ei havaittu merkitsevää eroa pelipaikkaryhmien välillä.

Maalivahdin tehtävänä on peittää mahdollisimman suuri osa maalista sekä olla mahdollisimman ulottuva, ja tämän takia maalivahdit ovat usein joukkueen pisimpiä pelaajia ja pärjäävät parhaiten vertikaalihypyssä. Adhikari & Kumar Das (1993) raportoivat maalivahtien olevan parhaita vertikaalihypyssä, mutta vastaavaa tulosta ei saatu tässä tutkielmassa. Ottaen huomioon maalivahdin roolin kentällä, olisi voinut olettaa maalivahtien suoriutuvan paremmin vertikaalihypyssä, sekä olevan pidempiä kuin muut kenttäpelaajat. Tämän tutkielman maalivahdit eivät olleet joukkueen pisimpiä pelaajia.

Vertikaalihypyn tulos osoitti joukkueen olevan varsin homogeeninen, koska eroavaisuudet olivat pieniä pelipaikkaryhmien välillä. Tämä voi johtua siitä, että nykypäivän jalkapallossa kenttäpelaajien roolit eivät ole niin jäykkiä kuin ennen (Tumilty 1993), joten pelipaikkojen väliset fyysiset eroavaisuudet ovat mahdollisesti pienempiä. Esimerkiksi Wisløff ym. (1998 & 2004) tutkimuksissa oli mukana sama Rosenborg FC (Trondheim, Norja) joukkue. Joukkueen vertikaalihypyn tuloksissa ei ollut juurikaan eroa tutkimusten välillä ($56,7 \pm 6,6$ vs. $56,4 \pm 4,0$ cm). Pelipaikkaryhmien välinen ero ei ollut uudemman tutkimuksen tulosten mukaan merkitsevä, mikä saattaa johtua esimerkiksi pelipaikkakohtaisten vaatimusten monipuolistumisesta.

Tämän tutkielman tuloksista huomattiin, että kevennyshypyn tulos korreloi negatiivisesti juoksuaikojen ja vastaavasti positiivisesti YYIR2-testin tulosten kanssa. Lisäksi korrelaatio havaittiin kevennyshypyn tuloksen ja F_0 (N), F_0 (N/kg), P_{max} (W) ja P_{max} (W/kg) muuttujan välillä. Korrelaatioiden voimakkuudet olivat vähintään keskisuuria. Suhteellisen vahva korrelaatio oli odotettavissa kevennyshypyn tulosten ja juoksuaikojen välillä, koska molemmat ovat maksimaalisen voiman johdannaisia. Juoksuaikojen ja vertikaalihypyn korkeuden välinen vahva korrelaatio on linjassa Wisløff ym. (2004) tutkimuksen kanssa.

7.4 Pelianalyysi

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa täytyy ottaa huomioon mahdolliset kulttuuriset ja maantieteelliset erot sarja- ja nopeustasoissa tutkimusten välillä. Vertailu on syytä tehdä varovaisesti. Lisäksi tuloksissa on hyvä huomioida se, että joukkue pelasi Suomen neljänneksi

korkeimmalla tasolla eli Kolmosessa, jossa on käytössä viisi vaihtoa. Vaihtojen määrä on todennäköisesti vaikuttanut tuloksiin, koska vaihtoja on tyypillisesti korkeimmilla sarjatasoilla käytössä kolme kappaletta ja täten aloituksen pelaajista pienempi määrä pelaa 90 min.

Tutkimuksissa on raportoitu liikutuksi kokonaismääräksi noin 10–11 km (Bangsbo & Michalsik 2002; Arnason ym. 2004; FIFA s.a, 124). Tämän tutkielman joukkueen liikuttu kokonaismäärä oli $10,2 \pm 0,6$ km, josta korkeatehoista juoksua oli 96 ± 44 m ($> 25,2$ km/h) täydeltä 90 min peliajalta. Tämän tutkielman joukkueen liikuttu kokonaismatka on linjassa aikaisempiin tutkimuksiin. Di Salvon ym. (2010) tutkimuksessa korkeatehoista juoksua kertyi 205 ± 108 m ($> 25,2$ km/h) ja Bradleyn ym. (2014) tutkimuksessa 234 ± 117 m ($> 25,1$ km/h). Tulokset osoittavat, että joukkueen kyky on selvästi pienempi kuin ammattilaisjalkapalloilijoilla ja tulos tukee väitettä, että korkeatehoiset juoksut olisivat yksi merkittävimmistä erottelevista tekijöistä harrastajan ja huipputason välillä (Bangsbo 2014) ja liittyvät läheisesti harjoittelun tilaan (Krustrup ym. 2003). Usein harjoitusmäärät ovatkin pienempiä harrastetasolla. Myös muissa tutkimuksissa on havaittu, että ylemmän tason jalkapalloilijat suorittavat enemmän korkeatehoista juoksua (Mohr ym. 2003), mutta he liikkuvat myös kokonaismäärällisesti enemmän (Ekblom 1986; Mohr ym. 2003). Puolestaan Bradley ym. (2013) havaitsivat päinvastaisen eron. Englannin korkeimmalla sarjatasolla juostiin vähemmän korkeatehoista juoksua kuin kahdella alemmalla sarjatasolla. Tulokset ovat hieman ristiriitaisia, joten selvästi lisätutkimuksille olisi tarvetta.

Todennäköisesti joukkueen korkeatehoisten juoksujen alhainen määrä on monen tekijän summa. Pelaajien aerobisen ja anaerobisen kuntotason ero ammattilaisiin nähden voi mahdollisesti selittää korkeatehoisten juoksujen määrän eroavaisuuden, koska molemmat energiantuottojärjestelmät ovat korkeasti kuormitettuja jalkapallossa (Bangsbo 2014) ja hyvä aerobinen kestävyyskunto auttaa todennäköisesti palautumaan korkeatehoisista juoksuista sekä toistamaan niitä (FIFA s.a, 130; Tomlin & Wenger 2001).

Liikuttu kokonaismatka ja korkeatehoiset juoksusuoritukset ovat riippuvaisia pelin lopputuloksesta melkein jokaisella pelipaikalla ammattilaistasolla. (Andrzejewski ym. 2018.) Niin ikään pelaajien on havaittu suorittavan vähemmän korkeatehoista juoksua ($> 19,1$ km/h) voitetuissa peleissä verrattuna hävittyihin (Lago ym. 2010). Vaikka tässä tutkielmassa ei

keskitytty korkeatehoisiin juoksusuorituksiin pelin lopputuloksen kannalta, niin edellä mainitut havainnot saattaisivat selittää, miksi viidennessä pelissä liikuttiin huomattavasti suurempi määrä korkeatehoista juoksua kuin muissa peleissä. Kyseinen peli oli ainoa sarjapeli, joka päättyi häviöön. Tulokset viittaisivat siihen, että voitolla oleminen on mukava tila joukkueelle, ja täten pelaajien ei tarvitse käyttää maksimaalista fyysistä kapasiteettiä pelin aikana. Sen sijaan joukkueen tarvitsee tehdä enemmän töitä häviöllä ollessa saadakseen pelistä hyvän lopputuloksen. Hyökkääjien pääasiallisena tehtävänä on tehdä maaleja. Esimerkiksi tappiotilanteessa, kun maalinteon tarve on kriittinen, hyökkääjät saattavat osallistua enemmän peliin. Kun taas puolustajat usein nousevat kentällä enemmän ja yrittävät syöttää palloa maalintekoalueelle häviöllä ollessaan, mikä aiheuttaa heille pidempiä sprinttimatkoja. Usein häviöllä oleva joukkue joutuu ottamaan enemmän riskejä, joten puolustajat ovat alttiimpia vastahyökkäyksille, mikä voi myös johtaa pidempiin korkeatehoisten juoksujen matkoihin. (Andrzejewski ym. 2018; Lago ym. 2010.) Tutkielman tulokset näyttäisivät tukevan tätä teoriaa, mutta tuloksiin on hyvä suhtautua erittäin varovaisesti, koska mitattuja sarjapelejä oli vain kuusi kappaletta. Tulos voi olla myös pelkkää sattumaa, koska variaatiokerroin ja hajonta ovat suuria. Sattuma voi johtua esimerkiksi siitä, että juuri tähän kyseiseen peliin pääsi osallistumaan pelaajia, joilla on keskimääräistä parempi kyky toistaa korkeatehoisia juoksua.

Pelin aikaisten korkeatehoisten juoksujen määrä ei useamman tutkimuksen mukaan ennusta menestystä (Hoppe ym. 2015; Bradley ym. 2013), eikä Englannin ylimmillä sarjatasoilla havaittu fyysisessä kapasiteetissa eroja sarjatasojen välillä, mutta fyysinen kapasiteetti korreloi korkeatehoisten juoksujen kanssa (Bradley ym. 2013). Tulos on kuitenkin ristiriidassa monen muun tutkimuksen kanssa (Mohr, Krustup & Bangsbo 2003; Andersson ym. 2010; Krustup ym. 2006a), joissa havaittiin, että ylemmän sarjatason pelaajat suorittavat enemmän korkeatehoista juoksua. Tästä seuraakin hyvä kysymys, että millä sarjatasolla erot alkavat näkymään? Tutkimuksissa sarjatasojen väliset erot ovat mahdollisesti olleet paljon suurempia kuin Englannin kolmen ylimmän sarjatasojen välillä ja Bradley ym. (2013) mukaan juuri tämä saattaa selittää tuloksen. Käytännössä Englannin kolmen ylimmän sarjatasojen pelaajat ovat täysipäiväisiä huippuammattilaisia, kun taas muissa tutkimuksissa on käytetty muun muassa harrastelijoita vertailuryhmänä. Tällä tutkielmalla ei ole valmiuksia vastata tarkasti millä tasolla erot alkavat näkymään, mikä osoittaa, että tutkimusta tarvitaan lisää tällä saralla.

Toisen hypoteesin mukaista nopeuden ja tehon yhteyttä pelinaikaisten korkeatehoisten juoksusuoritusten määrän välillä ei havaittu, koska F_0 , V_0 ja P_{max} muuttujien ei havaittu korreloivan korkeatehoisten juoksujen kanssa nopeusalueella 4 ja/tai 5. Täten kyseinen hypoteesi hylätään. Sen sijaan pelaajan liikkuma kokonaismatka oli sitä vähäisempi, mitä voimakkaampi (F_0) ja tehokkaampi (P_{max}) pelaaja oli testitulosten perusteella. Lisäksi korkeampi kehonpaino korreloi negatiivisesti pelaajan liikuttun kokonaismatkan kanssa. Rabadán ym. (2011) havaitsivat, että painavammilla keskipitkän matkan juoksijoilla oli matalampi maksimaalinen hapenkulutus sekä aerobinen että anaerobinen kynnyksinä kuin kevyemmällä pitkänmatkan juoksijoilla. Korkeampi VO_2max ja anaerobinen kynnyksinä ovat yhteydessä parempaan juoksusuorituskykyyn pitkällä matkoilla (Foster 1983; Ghosh 2004). Rabadán ym. (2011) tutkimuksen löydökset ovat linjassa tässä tutkimuksessa havaittujen tulosten kanssa, missä kevyempien pelaajien liikkuma kokonaismatka oli pidempi kuin painavampien. Mikäli erot anaerobisessa kynnyksivauhdissa olisivat suuria, voisivat kevyemmät pelaajat juosta pidemmän matkan pelin aikana jopa alhaisemmalla suhteellisella intensiteetillä kuin painavimmat pelaajat. Tämä voisi olla mahdollinen selitys sille, että liikuttu kokonaismatka korreloi positiivisesti sprinttimäärien sekä korkeatehoisten juoksujen (nopeusalueella 4 ja yhteenlasketulla nopeusalueella 4 & 5) kanssa. Korkeampi paino on mahdollisesti yhteydessä suurempaan lihasmassan määrään. Painavimpien nuorten aikuisten on havaittu olevan vahvempia (absoluuttisesti) sekä suorituvan paremmin voimaharjoituksissa kuin normaalipainoiset (Gill ym. 2018), mikä saattaisi selittää tässä tutkimuksessa havaitun suuremman voiman ja tehon painavimmilla pelaajilla. Toisaalta Rienzi ym. (2000) havaitsivat kehon massan ja lihasmassa yhteyden liikuttun kokonaismatkan ($r = 0,43$; $r = 0,53$; $p < 0,05$) kanssa, mikä on päinvastainen tulos.

Toisella puoliajalla havaittiin vähemmän korkeatehoista juoksua ja liikuttu kokonaismatka oli pienempi ($p = 0,003$) kuin ensimmäisellä puoliajalla. Tulokset ovat linjassa moneen aiempaan tutkimukseen (Bangsbo 1994; Mohr, ym. 2003; Krstrup ym. 2005; Rienzi ym. 2000; Di Salvo ym. 2007). Näin ollen kolmas hypoteesi jää voimaan, koska toisella puoliajalla juostaan vähemmän korkeatehoista juoksua ja liikuttu kokonaismäärä on pienempi. Lisäksi pelin loppua kohti korkeatehoiset juoksut vähenivät suhteessa enemmän kuin kuljettu kokonaismatka, joka viittaa pelin loppua kohti kasvavaan väsymykseen. Korkeatehoisten juoksujen vähentyminen

pelissä voi johtua myös pelaajista, jotka käyttävät alitajuisesti tai tietoisesti nopeuden säätelyä pelin aikana, mikä ei edusta todellista väsymystä (Bangsbo 2014).

Krustrup ym. (2005) havaitsivat, että korkeatehoiset juoksut vähenivät jopa kolmanneksen toisen puoliajan viimeisten 15 minuutin aikana verrattuna toisen puoliajan alun 15 minuuttiin. Suorituskyvyn lasku voi olla useamman kuin yhden tekijän summa. Se voi johtua siitä, että pelin loppupuolella peli on jo ratkennut, koska useat mitatut pelit olivat suurimaalisia voittoja. Lisäksi vaihtopelaajien on havaittu suorittavan enemmän korkeatehoisia juoksuja kuin muiden, mikä tukee ehdotusta, että väsyminen ilmenee pelin loppua kohti pelaajilla, jotka ovat pelanneet täyden 90 min pelin. (Mohr, Krustrup & Bangsbo 2003.) Väsyminen voi johtua aiemmin pelissä tehdyn työn seurauksena, mikä ilmenee työntehon laskuna pelin loppua kohti. Vähentynyt lihasglykokeenin määrä, energiavaje ja alhainen aerobinen voima ovat niin ikään yhteydessä väsymiseen. (Rienzi ym. 2000; Krustrup ym. 2006b.) Lisäksi pelaaja on voinut kokea nestehukkaa pelin aikana, mikä on voinut vaikuttaa tuloksiin, koska sen on havaittu edesauttavan väsymyksen kehitystä. Väsyminen on sitä voimakkaampaa, mitä kuumempi ja kosteampi olosuhde on. Pelit kuitenkin pelattiin vuodenajalle tyypillisessä leudossa säässä, joten nestehukan ja hypohydraation vaikutus tuloksiin on todennäköisistä pientä.

Hyökkääjät kulkivat korkeatehoista juoksua ($> 19,0$ km/h) peleissä keskimäärin suurimman määrän ja se erosi tilastollisesti merkitsevästi puolustajista ($p = 0,024$). Korkeatehoiset juoksut suhteutettuna aikaan erosivat myös tilastollisesti merkitsevästi puolustajien ja hyökkääjien välillä ($p = 0,028$). Tulos saattaa johtua joukkueen käyttämästä 4-3-3 muodostelmasta, koska 4-3-3 muodostelmassa hyökkääjien on havaittu suorittavan noin 30 % enemmän korkeatehoista juoksua kuin hyökkääjät 4-4-2 ja 4-5-1 muodostelmissa (Bangsbo 2014). Hyökkääjät olivat myös nopeimpia ja suorittivat eniten sprinttejä, mikä on linjassa aiempiin tutkimuksiin. Hyökkääjät ovat todennäköisesti nopeimpia ja kerryttävät suurimman matkan korkeatehoista juoksua, koska he osallistuvat usein ratkaiseviin kaksintaisteluihin hyökkäyspäässä. (Vescovi 2012; Andrzejewski ym. 2018.) Keskikenttäpelaajien kuljettu kokonaismatka erosi sen sijaan tilastollisesti merkitsevästi puolustajista niin 0–70 min kuin täyden 90 min peliajassa ($p = 0,006$; $p = 0,015$). Keskikenttäpelaajat liikkuvat suuremman kokonaismatkan verrattuna hyökkääjiin, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä, kuten Rienzin ym. (2000) tutkimuksessa. Keskikenttäpelaajille sprinttinopeus vaikuttaa olevan vähemmän tärkeä

ominaisuus kuin muut fyysiset ominaisuudet, kuten aerobinen kestävyyskunto. Neljännen hypoteesin mukaan pelipaikkaryhmien välillä havaitaan tilastollisesti merkitseviä eroja fyysisen suorituskyvyn testeissä ja pelianalyysissä, joten tutkielman tulosten perusteella hypoteesi jää voimaan.

Pelipaikka vaikuttaa olevan yhteydessä korkeatehoisten juoksujen määrään, koska tarkasteltaessa yhtä pelaajaa huomattiin, että hän suoritti kaksinkertaisesti määrän korkeatehoista juoksua laitapuolustajana verrattuna keskuspuolustajana. Pelin tuloksen vaikutusta ei voida kuitenkaan sulkea kokonaan pois. Sen sijaan tutkielmassa käytetty neljän pelipaikkaryhmän jako on jonkin verran rajoittava. Esimerkiksi laitapuolustajan ja keskuspuolustajan pelipaikkaa ei eroteltu toisistaan pienen otannan takia. Puolustajien korkeatehoisten juoksujen määrässä oli suurempi keskihajonta kuin muilla pelipaikkaryhmillä, mikä saattaa johtua pelipaikkajasta. Hierarkkinen ryhmittelyanalyysi osoitti, että joukkueen kaikki kolme keskuspuolustajaa eroaa selvästi muista kenttäpelaajista. Niin ikään 98 % tutkielman puolustajista oli alle keskimääräisen keskikenttäpelaajan täyden peliajan kuljetun kokonaismatkan tuloksesta. Vaikuttaisi siltä, että fyysiset vaatimukset ovat kaikista vaatimattomampia etenkin keskuspuolustajille. Keskuspuolustajat suorittivat kaikista vähiten muun muassa korkeatehoisia juoksuja nopeusalueella 4 ja 5 ja kulkivat kokonaismäärällisesti vähiten. Kuitenkin saman pelipaikan pelaajien välillä voi olla fyysisessä profiilissa selviä eroja (Sutton 2014), mistä kertoo pelipaikkaryhmien sisäinen vaihteluvälin suuruus monissa testituloksissa.

Laita- ja keskikaistan ryhmittelyssä ei havaittu missään muuttujissa merkittäviä eroja, vaikka k-keskiarvo ryhmittelyanalyysin tuloksena oli, että merkittävä enemmistö laitakaistan pelaajista ryhmittyi paremman suorituskyvyn ryhmään korkeatehoisia juoksuja tarkasteltaessa. Tulosten valossa vaikuttaa, että harjoitteluohjelma tulisi luoda yksilöllisesti pelaajan ominaisuuksien mukaan, koska fyysisessä rasittavuudessa ja pelitavassa on eroja pelipaikkojen välillä. Pelaajan pelipaikka saattaa määräytyä toimintaprofiilin ja vaatimusten mukaan.

7.5 Tulosten käytettävyys ja luotettavuus

Sarjatasojen ja nopeusrajojen välillä on eroja tutkimusten välillä. Suora vertaus on harhaanjohtavaa, jos nopeusalueiden nopeusrajat ovat erisuuria. Jo pienillä eroilla (esim. 0,1 km/h) voi olla suuriakin vaikutuksia liikuttuun kokonaismatkaan eri nopeusalueilla. Niin ikään mittausmenetelmät ja niiden tarkkuudet saattavat aiheuttaa eroja tuloksissa.

Tulosten käytettävyydessä ja luotettavuudessa on hyvä huomioida miten pieni otoskoko vaikuttaa p-arvoon. Tilastolliset analyysit perustuvat p-arvon merkittävien yhteyksien osoittamiseksi ja tutkimuksissa yleisin käytetty merkitsevyystaso on $p < 0,05$, jota myös tässä tutkielmassa käytettiin. Arvoon voi vaikuttaa negatiivisesti satunnainen virhe, otoskoko ja ennakkoluulo. Parhaiten satunnaisista virheistä pääsee eroon otoskoko kasvattamalla, jolloin myös vaihtelun määrä vähenee. (Thiese, Ronna & Ott 2016.) Kuitenkin otoskoon kasvattaminen ei ollut mahdollista, koska pelianalyysien määrä oli ennalta sovittu ja esimerkiksi koko kauden pelien mittaaminen ei olisi ollut mahdollista.

Suurilla aineistoilla hyvin pienetkin erot ovat usein tilastollisesti merkitseviä. Päinvastoin pienillä aineistoilla, kuten tässä tutkielmassa, erot täytyvät olla suuria, jotta ne ovat tilastollisesti merkitseviä. Pienillä aineistoilla keskivirhe ja tarkkuus ovat heikkoja, joten luottamusväli on yleensä suuri, joka näkyy hyvin esimerkiksi korkeatehoisten juoksujen tuloksissa. Tutkielmassa keskityttiin vain yhden joukkueen tutkimiseen ja täten pienen otoskoon takia tutkimuksen voima on alhainen. Suuria eroja ei välttämättä kyetä havaitsemaan tilastollisesti merkitseväksi. (Vahlberg 2017.) Suurin ongelma oli, että pelaajien osallistumisaktiivisuus peleihin vaihteli paljon. On vaikea ennustaa ketkä pelaajista pääsevät osallistumaan mihinkin peleihin, koska tällä tasolla pelaajat eivät pelaa amatikseen jalkapalloa. Lisäksi sairastumisia ja loukkaantumisia on lähes mahdotonta arvioida etukäteen. Tästä kertoo se, että vain kuusi pelaajaa 15:sta pääsi osallistumaan viiteen tai useampaan peliin.

19,8 km/h nopeusraja saattaa olla herkempi kuin 15,0 km/h nopeusraja arvioimaan korkeatehoisia juoksuja (Di Mascio & Bradley 2013; Mohr, Krusturp & Bangsbo 2003). 19,8 km/h nopeusraja saattaa huomattavasti aliarvioida korkeatehoisten juoksujen määrää, koska toisen hengityskynnyksen 15,0 km/h rajan ja absoluuttisen 19,8 km/h käytetyn rajan

keskimääräinen ero on havaittu todella suureksi (Abt & Lovell 2009). Olisiko erilaisia korrelaatioita havaittu kenttätestien ja pelianalyysin välillä, jos 4. nopeusalueen rajana olisi käytetty esimerkiksi 15 km/h, koska korkeatehoisten juoksujen (> 15 km/h) ja YYIR1-testin tuloksen on havaittu korreloivan tilastollisesti merkitsevästi ($r = 0,71$; $p < 0,05$) (Bangsbo ym. 2008). Tässä tutkielmassa ei havaittu korrelaatiota käytetyllä 19,0 km/h nopeusrajalla, mutta tutkielmassa käytettiin eri tason testiä (YYIR2).

Korkeatehoisten juoksujen päivien välistä toistettavuutta arvioitiin variaatiokertoimen avulla. Yhdistetyksi variaatiokertoimeksi saatiin 22,0–50,1 % eri nopeusalueilla. Näin suuri hajonta tarkoittaa, että yhden päivän tuloksesta ei voi päätellä juuri mitään. Vaatisi pitkää seurantaa, jotta voidaan sanoa, kuka tekee paljon korkeatehoisia juoksuja ja kuka ei. Tietysti tähän vaikuttaa sarjataso ja täten vastustajien vaihteleva taso. Näihin ei kuitenkaan voitu vaikuttaa tässä tutkielmassa, mutta valmentajan ja tutkijoiden on hyvä tiedostaa tämä. Korkeatehoisten juoksujen toistattavuutta tarkasteltiin myös eniten pelanneiden pelaajien tuloksista numeraalisesti (taulukko 10). Keskihajonnasta voidaan todeta, että jakauma oli heikosti keskittynyt, koska keskimääräinen vaihteluväli oli suuri. Myös vaihteluvälit ja täten keskiarvon 95 % luottamusvälit olivat suuria, mikä vaikuttaa tulosten käytettävyyteen ja luotettavuuteen. Sen sijaan keskikenttäpelaajien vaihteluväli ja keskihajonta olivat selvästi pienempiä YYIR2-testissä, vertikaalihypyn tuloksissa ja kuljetussa kokonaismatkassa kuin muilla pelipaikkaryhmillä. Sitä vastoin juoksutestissä sekä pelin korkeatehoisissa juoksuissa ja sprinteissä ei ollut selvää eroa sisäisessä vaihtelussa pelipaikkaryhmien välillä.

30 metrin juoksutestissä loppuaikaan voi vaikuttaa monia asia, kuten käynnistyslaitteisto (esim. valokennot, kytkin tai pistooli), reaktioaika, ajanottolaitteiden korkeus ja etäisyys lähtöviiivan suhteen, painopisteen nopeus käynnistyslaitteen kohdalla ja kehon mittasuhteet (Haugen, Tønnessen & Seiler 2012). Todennäköisesti taulukon 2 arvot eroavat hieman tämän tutkielman arvoista, koska esimerkiksi juoksusuorituksen ajanoton käynnistymistapa on erilainen, palautumisaika juoksujen välissä oli hieman pienempi (3–5 vs. 7–8 min), lähtöviiwa oli hieman eri kohdassa ensimmäiseen valokennoon mitattuna (60 vs. 70 cm), lämmittelyssä pieniä eroavaisuuksia ja juoksut ovat mitattu eri mittausten menetelmillä (valokennot vs. tutka). Lisäksi tutkimuksessa käytettiin paras tulos periaatetta keskiarvoisen tuloksen sijaan.

Korkeimpien tasojen pelaajien on havaittu olevan merkitsevästi nopeampia 10 m:n matkalla verrattuna harrastelijoihin (Cometti ym. 2001.) Tämän tutkielman harrastepelaajat olivat selvästi nopeampia kuin taulukon 2 pelaajat 10 m:n ajassa. Jälkikäteen on mahdotonta sanoa tarkkaa syytä mistä ero johtuu. Tulos osoittaa, että valokennoilla mitatut juoksuajat eivät ole kovin hyvin verrattavissa Haugenin, Breitschädelin & Seilerin (2020) tutkimuksen juoksuaikojen tuloksiin, koska huipputaso pelaajien pitäisi olla nopeampia 10 m:n matkalla kuin Suomen Kolmosen harrastepelaajien.

Tutkielmassa käytettiin Polarin (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) sykemittareita ja ne tarjoavat ± 1 ms:n resoluution tarkkuudella R-R intervallidatan. Sykemittauksessa tämä tarkoittaa $\pm 0,4$ % lyöntitarkkuutta minuutissa mittausalueella. (Peltonen & Tuulari 2018.) Täten on perusteltua sanoa, että käytetty sykesensorit sopivat hyvin tähän tutkielmaan. Toinen keskeinen mittauslaite oli The Stalker ATS II tutka. Valmistajan ilmoittama tutkan tarkkuus on hyvä ($\pm 0,16$ km/h) ja Roen ym (2017) tutkimuksessa on osoitettu, että tutka on pätevä laite arvioimaan juoksun huippunopeutta. Tutkan vääristymä oli pieni ja korrelaatiot olivat lähes täydellisiä kaikissa mittauksissa verrattuna valokennoihin. Lisäksi yli 40 m:n juoksumatkalla oli vain pieni tyypillinen mittausvirhe tutkan ja aikaporttien välillä (0,15 m/s). Kuitenkin Stalker ATS II tutkaa ei ole vielä validoitu täysin automaattiseen ajanottojärjestelmään verrattuna, jota pidetään niin sanottuna kultaisena standardina (Haugen & Buchheit 2016), mikä on pieni rajoite tutkimukselle.

Tutkimuksessa käytetty Morinin & Samozinon (2017) Excel-laskentataulukko on osoitettu päteväksi mittausmenetelmäksi, myös tutkاداتalla, arvioimaan juoksun tärkeimpiä mekaanisia muuttujia vain pelkillä antropometrisillä ja spatiotemporaalisilla perustiedoilla. Mittausmenetelmä on osoittanut todella suurta yhteisymmärrystä kultaisena standardina pidetyn voimalevymittauksen kanssa. Niin ikään uudelleen testin suuri luotettavuuden arvo tukee menetelmän käyttöä useissa urheilulajeissa, joille on ominaista lyhyet sprintit. Lisäksi menetelmää on helppo käyttää kenttäolosuhteissa ja tarkkuus on hyvä. (Morin & Samozino 2016; Samozino ym. 2016; Morin, & Samozino 2017.)

Tutkielmassa käytetty Morinin & Samozinon (2017) laskentataulukko sprinttikiihdytyksen voima-nopeus-teho -profilointiin on varsin uusi julkaisu. Vuonna 2019 tuli päivitys, joka

mahdollisesti tutkan raakadatan hyödyntämisen sprintin väliaikojen ohella. Ilmeisesti kyseisellä laskentataulukolla saatujen tuloksien yhteyttä tämän tutkielman vastaaviin kenttätesteihin ei ole ennen tutkittu, joten tämä tutkielma voi olla mahdollisesti ensimmäisiä Suomessa, missä tätä menetelmää on käytetty jalkapalloilijoiden tutkimiseen.

7.6 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimukseen osallistuneella joukkueella on mahdollisuus suorittaa samat kenttätestit ja mitata pelejä tulevilla sarjakausilla nähdäkseen mihin suuntaan kehitys on mennyt. Kenttätestit ovat tarkalleen kuvattu Tutkimusmenetelmät-luvussa ja ne ovat helposti uudelleen toteutettavissa sekä ne eivät vaadi suurta taloudellista ja ajallista panostusta. Valmentajat voivat käyttää tuloksia muun muassa kehittämään interventioita, jotka optimoivat harjoittelun yksittäiselle jalkapalloilijalle.

Mielenkiintoista olisi ollut nähdä mihin suuntaan esimerkiksi YYIR2-testin tulokset olisivat kehittyneet, jos testi olisi suoritettu kolme kertaa kauden aikana. Kyseistä mallia hyödynnetään jo esimerkiksi Singaporen ammattilaisliigassa, jossa kaikki pelaajat testataan YYIR-testillä ennen kauden alkua, kauden puolessa välissä ja kauden jälkeen. Lisäksi he hyödyntävät GPS-pelaajaseurantajärjestelmää viikoittain peleissä. (Football Association of Singapore 2018.) Vastaavalla tavalla saataisiin kokonaisvaltainen kuva pelaajien kunnosta kauden aikana myös Suomessa.

Väliajat tarjoavat hyvää tietoa sprintistä ja kätevän lähtökohdan sprintin analysoimiseen, mutta sprintin mekaaniset muuttujat tarjoavat syvemmän kuvan yksittäisistä biomekaanisista rajoituksista ja ominaisuuksista. Tässä tutkimuksessa pelaajat käyttivät juoksutestissä sisäradalla lenkkareita, mutta tulevissa tutkimuksissa voisi tutkia esimerkiksi jalkapallokenkien ja lenkkareiden sekä juoksupinnan, kuten ruohokentän ja sisäradan, potentiaalisia vaikutuksia sprintin mekaanisiin muuttujiin.

Yksi mielenkiintoinen jatkotutkimusehdotus on tutkia lihasglykokeenin yhteyttä korkeatehoisiin juoksuihin, koska glykokeenin vaje voi liittyä väsymykseen ja täten kykyyn

toistaa korkeatehoisia juoksuja. Siitä huolimatta on epäselvää, mitkä tekijät ovat tämän lihasglykokeenipitoisuuden ja väsymyksen syy-yhteyden välillä pitkäaikaisen jaksollisen harjoituksen aikana. (Bangsbo, Mohr & Krstrup 2006.)

Huomiota pitäisi enemmän keskittää siihen, että onko korkeatehoiset juoksut tehty pallonhallinnan kanssa vai ilman, koska vaikuttaisi siltä, että menestyneemmät joukkueet osaavat liikkua viisaammin kuin vähemmän menestyneet joukkueet. Toisin sanoen paremmat pelaajat osaavat ajoittaa korkeatehoiset juoksut oikeille hetkille. (Rampinini ym. 2010; Bradley, Lago-Peñas & Rey 2014.) Tulevaisuuden tutkimukset voisivat paneutuvat korkeatehoisiin juoksuihin sekä kuinka niihin vaikuttaa pelin tulos, taktiikan muutokset ja pallonhallinta. Suorituskyvyn arviointi auttaa valmentajia ja pelianalyttikkoja kehittämään harjoittelua, kun tiedetään, miten joukkue käyttäytyy eri lopputuloksien suhteen. Tällöin voidaan puuttua harjoitteluun ja pelaamiseen sekä tehdä tietoisia päätöksiä, joilla voidaan vaikuttaa etenkin epäsuotuisiin lopputuloksiin.

Suomessa eri sarjatasojen vertailu samoilla mittausmenetelmillä voisi mahdollisesti avata aiemmin pohdittua kysymystä: millä tasolla tasoerot alkavat näkyä korkeatehoisissa juoksuissa. Lisäksi olisi mielenkiintoista nähdä kuinka pelin aikaisissa teknillisissä taidoissa sarjatasot eroavat. Jos kunnossa ei havaita eroja sarjatasojen välillä, niin voisi olettaa, että menestyneemmät joukkueet eroavat vähemmän menestyneistä joukkueista teknillisesti, taidollisesti ja/tai taktisesti.

7.7 Johtopäätökset

Tutkielman tulosten mukaan edistyneempien urheilijoiden Yo-Yo intervallimuotoisen palautumistestin (YYIR2) tulos ei ole yhteydessä pelin aikana suoritettuihin korkeatehoisiin juoksuihin, joten kyseinen testi ei sovellu arvioimaan pelaajien kykyä toistaa korkeatehoisia juoksuja pelissä. Niin ikään 30 metrin juokсутestissä mitatut nopeuden ja tehon arvot eivät ole yhteydessä korkeatehoisiin juoksuasuorituksiin pelissä, mutta Morinin & Samozinon (2017) laskentataulukosta avulla saatiin syvempi kuva suomalaisten jalkapalloilijoiden sprintin

mekaanisista muuttujista. Saatua tuloksia voidaan hyödyntää muun muassa harjoittelun optimoinnissa.

Liikuttu kokonaismatka ja korkeatehoiset juoksut vähenivät toisella puoliajalla sekä pelin intensiteetti pieneni toisen puoliajan lopussa. Tulokset viittaavat siihen, että pelin loppua kohti väsyminen suurenee, mikä on vaikuttanut tuloksiin. Lisäksi tuloksiin on voinut vaikuttaa se, että peli on jo ratkennut lopussa tai pelaajat alitajuisesti tai tietoisesti säätelevät vauhtia pelissä, mikä ei vastaa todellista väsymystä tai se on vain hetkellistä.

YYIR2-testissä ja vertikaalihyppytestissä ei havaittu pelipaikkaryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Puolestaan 30 metrin juokstestissä havaittiin eroja pelipaikkaryhmien välillä. Hyökkääjät erottuvat selvästi edukseen juoksun mekaanisissa muuttujissa. Hyökkääjät olivat myös nopeimpia ja kerryttivät eniten korkeatehoista juoksua. Tulokset voivat johtua joukkueen käyttämästä 4-3-3 muodostelmasta ja siitä, että hyökkääjät osallistuvat useisiin ratkaiseviin palloihin hyökkäyspäässä, missä nopeus on etuna. Vastaavasti keskikenttäpelaajat kulkivat kokonaismäärällisesti eniten, mikä vaatii hyvää aerobista kuntoa. Lisäksi keskikenttäpelaajat erosivat fyysisiltä ominaisuuksiltaan vähiten toisistaan. Sen sijaan puolustajat olivat lähes kaikissa mitatuissa asioissa heikoin pelipaikkaryhmä, joka voi johtua heidän taktisesta roolistansa joukkueessa. Ryhmittelyanalyysi paljasti, että etenkin keskuspuolustajat erottuivat korkeatehoisissa juoksuissa muista pelipaikoista. Kaiken kaikkiaan tutkielman tulokset antavat hyvää kuvaa Suomen Kolmosen pelaajien fyysisten ominaisuuksien tasosta ja pelipaikkaryhmien eroista.

Ennen kuin voidaan yleistää tutkielman tulokset kattamaan koko perusjoukkoa ja hyödyntää tuloksia käytännössä, vaatisi se useita vastaavia tutkimuksia osoittamaan, että tulokset eivät ole vain sattumasta johtuvaa. Pelipaikan tyypillisistä piirteistä ja vaatimuksista on vaikea antaa tarkkaa kuvaa, jos vaihteluväli on näin suurta monella eri pelipaikalla. Kaiken kaikkiaan tutkielman tulokset vastasivat jalkapallossa keskeisiin tutkimuskysymyksiin ja tarjoavatkin hyvän lähtökohdan jatkotutkimuksille.

LÄHTEET

- Abt, G. & Lovell, R. 2009. The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences* 27 (9), 893-898.
- Achten, J. & Jeukendrup, A. E. 2003. Heart rate monitoring. *Sports Medicine* 33 (7), 517-538.
- Adhikari, A. & Kumar Das, S. 1993. Physiological and physical evaluation of indian national soccer squad. *Hungarian Review of Sports Medicine* 34 (1), 197-205.
- Ahtiainen, J. & Rytönen, T. 2019. Voima se on joka jyllää – voimantuoton kenttätestaamisen lyhyt oppimäärä. *Liikunta & Tiede*, 31-36.
- Altavilla, G., RIELA, L., Di Tore, A. P. & Raiola, G. 2017. The physical effort required from professional football players in different playing positions. *Journal of Physical Education and Sport* 17 (3), 2007-2012.
- Andersson, H. Å, Randers, M. B., Heiner-Møller, A., Krstrup, P. & Mohr, M. 2010. Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24 (4), 912-919.
- Andrzejewski, M., Chmura, P., Konefał, M., Kowalczyk, E. & Chmura, J. 2018. Match outcome and sprinting activities in match play by elite german soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 58 (6), 785-792.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. 2004. Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (2), 278-285.
doi:10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA.
- Arslanoğlu, E., Sever, O., Arslanoğlu, C., Şenel, Ö & Yaman, M. 2013. The comparison of acceleration and sprint features of soccer players according to their positions. *Tojras* 2 (3), 39-42.
- Balsom, P., Lindholm, T., Nilsson, J. & Ekblom, B. 1999a. Precision football. Kempele, Finland: Polar Electro Oy.

- Balsom, P. D., Gaitanos, G. C., Söderlund, K. & Ekblom, B. 1999b. High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiologica Scandinavica* 165, 337-346.
- Bangsbo, J. 1994a. Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences* 12 (sup1), S5-S12.
- Bangsbo, J. 1994b. The physiology of football: With special reference to intense physical exercise. *Acta Physiol Scand* 150 (619), 1-156.
- Bangsbo, J. 2014. Physiological demands of football. *Sports Science Exchange* 27 (125), 1-6
- Bangsbo, J., Iaia, F. M. & Krstrup, P. 2008. The yo-yo intermittent recovery test. *Sports Medicine* 38 (1), 37-51.
- Bangsbo, J. & Michalsik, L. 2002. Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. *Science and Football IV*, 53-62.
- Bangsbo, J., Mohr, M. & Krstrup, P. 2006. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences* 24 (7), 665-674. doi:10.1080/02640410500482529.
- Barnard, R. J. 1975. Long-term effects of exercise on cardiac function. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 3 (1), 113-134.
- Barros, T., Valquer, W. & Sant'Anna, M. 1999. High intensity motion pattern analysis of brazilian elite soccer players in different positional roles. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (5).
- Berthoin, S., Gerbeaux, M., Turpin, E., Guerrin, F., Lensel-Corbeil, G. & Vandendorpe, F. 1994. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *Journal of Sports Sciences* 12 (4), 355-362.
- Blomqvist, C. G. & Saltin, B. 1983. Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology* 45 (1), 169-189.
- Boone, J., Vaeyens, R., Steyaert, A., Bossche, L. V. & Bourgois, J. 2012. Physical fitness of elite belgian soccer players by player position. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 26 (8), 2051-2057.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273-282.

- Bradley, P. S., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., Boddy, M., Krstrup, P. & Mohr, M. 2013. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of english professional soccer. *Human Movement Science* 32 (4), 808-821. doi:10.1016/j.humov.2013.06.002.
- Bradley, P. S., Lago-Peñas, C. & Rey, E. 2014. Evaluation of the match performances of substitution players in elite soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9 (3), 415-424.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P. & Krstrup, P. 2009. High-intensity running in english FA premier league soccer matches. *Journal of Sports Sciences* 27 (2), 159-168.
- Buckthorpe, M., Morris, J. & Folland, J. P. 2012. Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences* 30 (1), 63-69.
- Casajús, J. A. 2001. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 41 (4), 463-469.
- Castagna, C., Abt, G. & D'Ottavio, S. 2005. Competitive-level differences in yo-yo intermittent recovery and twelve minute run test performance in soccer referees. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (4), 805.
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 233.
- Chang, Y., Chi, L., Etnier, J. L., Wang, C., Chu, C. & Zhou, C. 2014a. Effect of acute aerobic exercise on cognitive performance: Role of cardiovascular fitness. *Psychology of Sport and Exercise* 15 (5), 464-470.
- Coe, R. 2002. It's the effect size, stupid: What effect size is and why it is important. Viitattu 25.02.2020. <https://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00002182.htm>.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. & Maffulli, N. 2001. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur french soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 22 (01), 45-51.
- Cronin, J. & Hansen, K. 2005. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res* 19 (2), 349-357.
- Cronin, J. & Sleivert, G. 2005. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine* 35 (3), 213-234.

- Deprez, D., Fransen, J., Boone, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. & Vaeyens, R. 2015. Characteristics of high-level youth soccer players: Variation by playing position. *Journal of Sports Sciences* 33 (3), 243-254.
- Di Mascio, M. & Bradley, P. S. 2013. Evaluation of the most intense high-intensity running period in english FA premier league soccer matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 27 (4), 909. doi:10.1519/JSC.0b013e31825ff099.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachl, N. & Pigozzi, F. 2007. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine* 28 (03), 222-227.
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F. & Bachl, N. 2010. Sprinting analysis of elite soccer players during european champions league and UEFA cup matches. *Journal of Sports Sciences* 28 (14), 1489-1494. doi:10.1080/02640414.2010.521166.
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust, B. 2009. Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *International Journal of Sports Medicine* 30 (03), 205-212.
- Evans, J. D. 1996. *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
- Farias, D. L., Teixeira, T. G., Madrid, B., Pinho, D., Boullosa, D. A. & Prestes, J. 2013. Reliability of vertical jump performance evaluated with contact mat in elderly women. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 33 (4), 288-292.
- Fatissou, J., Oswald, V. & Lalonde, F. 2016. Influence diagram of physiological and environmental factors affecting heart rate variability: An extended literature overview. *Heart International* 11 (1), heartint. 5000232.
- FIFA. s.a. Youth football FIFA Education and Technical Development Department. Viitattu 18.9.2019. <https://resources.fifa.com/image/upload/youth-football-training-manual-2866317.pdf?cloudid=mxpozhr2gshmxrilpf>.
- Football Association of Singapore. 2018. Yo-yo test will take over as the new fitness test - football association of Singapore. Viitattu 25.09.2019. <http://www.fas.org.sg/yo-yo-test-will-take-over-as-the-new-fitness-test/>.
- Foster, C. (1983). V O₂ max and training indices as determinants of competitive running performance. *Journal of Sports Sciences*, 1(1), 13-22.

- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*, 11(1), 24.
- Giersch, G. E., R. A. Huggins, C. L. Benjamin, W. M. Adams, L. N. Belval, R. M. Curtis, J. T. Peltonen, Y. Sekiguchi & D. J. Casa. 2018. Validity and reliability of A shirt-based integrated gps sensor. Published: American College of Sports Medicine, 65th Annual Meeting 2018, Minneapolis, USA.
- Gill, A., Plasqui, G., Schols, A. M., & Kok, G. (2018). A Benefit of Being Heavier Is Being Strong: a Cross-Sectional Study in Young Adults. *Sports medicine-open*, 4(1), 12.
- Glaister, M. 2005. Multiple sprint work. *Sports Medicine* 35 (9), 757-777.
- Gollapudi, N. 2017. How the yo-yo test became a selection standard. Viitattu 25.09.2019. https://www.espnricinfo.com/story/_/id/21651933/nagraj-gollapudi-how-yo-yo-test-became-selection-standard-international-teams.
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., Gonzalez-Badillo, J. J. & Ibanez, J. 2004. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology* 91 (5-6), 698-707.
- Haugen, T. A., Breitschädel, F. & Seiler, S. 2020. Sprint mechanical properties in soccer players according to playing standard, position, age and sex. *Journal of Sports Sciences*, 1-7.
- Haugen, T. A., Tønnessen, E. & Seiler, S. 2013. Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (2), 148-156.
- Haugen, T. A., Tønnessen, E. & Seiler, S. K. 2012. The difference is in the start: Impact of timing and start procedure on sprint running performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 26 (2), 473-479.
- Haugen, T. & Buchheit, M. 2016. Sprint running performance monitoring: Methodological and practical considerations. *Sports Medicine* 46 (5), 641-656.
- Hedges, L. V. 1981. Distribution theory for glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational Statistics* 6 (2), 107-128.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U. & Hoff, J. 2001. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (11), 1925-1931.
- Hoffman, J. R. 1997. The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Military Medicine* 162 (7), 484-488.

- Hoppe, M. W., Slomka, M., Baumgart, C., Weber, H. & Freiwald, J. 2015. Match running performance and success across a season in German Bundesliga soccer teams. *International Journal of Sports Medicine* 36 (07), 563-566.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N. A., Castagna, C., Bizzini, M. & Wisløff, U. 2008. Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 33 (6), 1192-1198.
- Itkonen, H., Nevala, A. & Heikkinen, A. (toim.). 2007. Kuningaspelin kentät: Jalkapalloilu paikallisena ja globaalina ilmiönä. Helsinki: Gaudeamus.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. 2015. *Physiology of sport and exercise*. 6th ed painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Keskinen, K. L., Keskinen, K. L., Häkkinen, K., Kallinen, M., Kuivalainen, J. & Aartolahti, E. 2018. *Fyysisen kunnon mittaaminen: Käsi- ja oppikirja kuntotestaaajille*. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura. Liikuntatieteellisen Seuran Julkaisuja.
- Krustrup, P. & Bangsbo, J. 2001. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences* 19 (11), 881-891.
- Krustrup, P., M. Mohr, T. Amstrup, T. Rysgaard, J. Johansen, A. Steensberg, P. K. Pedersen & J. Bangsbo. 2003. The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. United States: Lippincott Williams & Wilkins, *WK Health* 35. doi:10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32.
- Krustrup, P., M. Mohr, H. Ellingsgaard & J. Bangsbo. 2005. Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. United States: Lippincott Williams & Wilkins, *WK Health* 37. doi:10.1249/01.mss.0000170062.73981.94.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J. & Bangsbo, J. 2006a. The yo-yo IR2 test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (9), 1666-1673.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M. & Bangsbo, J. 2006b. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38 (6), 1165-1174.
- Kunz, M. 2007. 265 million playing football, 10-15.

- Lago, C., Casais, L., Dominguez, E. & Sampaio, J. 2010. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science* 10 (2), 103-109.
- Lambert, M. I., Mbambo, Z. H. & Gibson, A. S. C. 1998. Heart rate during training and competition for longdistance running. *Journal of Sports Sciences* 16 (sup1), 85-90.
- Leard, J. S., Cirillo, M. A., Katsnelson, E., Kimiatek, D. A., Miller, T. W., Trebincevic, K. & Garbalosa, J. C. 2007. Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 21 (4), 1296-1299.
- Lew, F. L. & Qu, X. 2014. Effects of mental fatigue on biomechanics of slips. *Ergonomics* 57 (12), 1927-1932.
- Lockie, R. G., Jalilvand, F., Moreno, M. R., Orjalo, A. J., Risso, F. G. & Nimphius, S. 2017. Yo-yo intermittent recovery test level 2 and its relationship with other typical soccer field tests in female collegiate soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 31 (10), 2667-2677.
- Maffetone, P. 2010. *The big book of endurance training and racing* Skyhorse Publishing, Inc.
- Magal, M., Webster, M. J., Sistrunk, L. E., Whitehead, M. T., Evans, R. K. & Boyd, J. C. 2003. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (1), 150-156.
- 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 (1), 179-188.
- Mallo, J., Navarro, E., Aranda, J. M. G. & Helsen, W. F. 2009. Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *Journal of Sports Sciences* 27 (1), 9-17.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. 2004. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 18 (3), 551-555.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2010. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance*. Seventh edition painos. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2015. Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance. Eighth edition painos. Philadelphia; Philadelphia: Wolters Kluwer.
- McNaught, A. D. & Wilkinson, A. 1997. Compendium of chemical terminology. IUPAC recommendations.
- Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. 2003. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences* 21 (7), 519-528.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J. & Bangsbo, J. 2004. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 14 (3), 156-162.
- Mohr, M., Thomassen, M., Girard, O., Racinais, S. & Nybo, L. 2016. Muscle variables of importance for physiological performance in competitive football. *European Journal of Applied Physiology* 116 (2), 251-262.
- Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1680-1688.
- Morin, J. B. & Samozino, P. 2017. Spreadsheet for Sprint Acceleration Force-Velocity-Power Profiling. ResearchGate.
- Morin, J. & Samozino, P. 2016. Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 11 (2), 267-272. doi:10.1123/ijsp.2015-0638.
- Myers, B. R. 2012. A proposed decision rule for the timing of soccer substitutions. *Journal of Quantitative Analysis in Sports* 8 (1).
- Norton, K. & Olds, T. 2001. Morphological evolution of athletes over the 20th century. *Sports Medicine* 31 (11), 763-783.
- Norton, K., Schwerdt, S. & Lange, K. 2001. Evidence for the aetiology of injuries in Australian football. *British Journal of Sports Medicine* 35 (6), 418-423.
- Nummela, A. 2018. Miten palloilulajien nopeuskestävyys harjoittelua voitaisiin kehittää? *Liikunta & Tiede*, 34-37.
- Peltonen, J. & E. Tuulari. 2018. Polar team pro – portable player tracking system to increase team performance and prevent injuries Polar Electro Oy.

- Polar Electro Oy. 2019. Team pro 2019. Viitattu 20.09.2019. <https://teampro.polar.com>.
- Pollard, R., Ensum, J. & Taylor, S. 2004. Estimating the probability of a shot resulting in a goal: The effects of distance, angle and space. *International Journal of Soccer and Science* 2 (1), 50-55.
- Rabadán, M., Díaz, V., Calderón, F. J., Benito, P. J., Peinado, A. B., & Maffulli, N. (2011). Physiological determinants of speciality of elite middle-and long-distance runners. *Journal of sports sciences*, 29(9), 975-982.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J. & Wisløff, U. 2009. Technical performance during soccer matches of the italian serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12 (1), 227-233.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences*, 15(3), 257-263.
- Reilly, T. 2000. The physiological demands of soccer. *Soccer and Science: In an Interdisciplinary Perspective*. Copenhagen: Munksgaard, 91-105.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. & Martin, A. 2000. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite south american international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40 (2), 162.
- Roe, G., Darrall-Jones, J., Black, C., Shaw, W., Till, K. & Jones, B. 2017. Validity of 10-HZ GPS and timing gates for assessing maximum velocity in professional rugby union players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (6), 836-839.
- Saltin, B. & Hermansen, L. 1966. Esophageal, rectal, and muscle temperature during exercise. *Journal of Applied Physiology* 21 (6), 1757-1762.
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez, d. V. & Morin, J. -. 2016. A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (6), 648-658. doi:10.1111/sms.12490.
- Sarajärvi, J., Volossovitch, A. & Almeida, C. H. 2020. Analysis of headers in high-performance football: Evidence from the english premier league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-17.
- Schmitz, B., Pfeifer, C., Kreitz, K., Borowski, M., Faldum, A. & Brand, S. 2018. The yo-yo intermittent tests: A systematic review and structured compendium of test results. *Frontiers in Physiology* 9, 870.

- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. 2018. Heart rate monitoring in team sports—a conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology* 9.
- Segen's Medical Dictionary. 2011. Aerobic capacity. Viitattu 28.04.2020. <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Aerobic+capacity>
- Skinner, J. S., Gaskill, S. E., Rankinen, T., Leon, A. S., Rao, D. C., Wilmore, J. H. & Bouchard, C. 2003. Heart rate versus% VO₂max: Age, sex, race, initial fitness, and training response—HERITAGE. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (11), 1908-1913.
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M. & Marcora, S. M. 2016. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (2), 267-276.
- Sperlich, B., De Marées, M., Koehler, K., Linville, J., Holmberg, H. & Mester, J. 2011. Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 25 (5), 1271-1278.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. 2005. Physiology of soccer. *Sports Medicine* 35 (6), 501-536.
- Strudwick, A. & Doran, T. R. D. 2002. Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42 (2), 239.
- Sullivan, M. J., Higginbotham, M. B. & Cobb, F. R. 1989. Exercise training in patients with chronic heart failure delays ventilatory anaerobic threshold and improves submaximal exercise performance. *Circulation* 79 (2), 324-329.
- Suomen Palloliitto. 2017. Vuosikertomus 2017. Viitattu 25.2.2020. https://www.palloliitto.fi/sites/default/files/Palloliitto/vuosikertomus_2017_low.pdf
- Sutton, J. 2014. No title. *The Secret Footballer's Guide to the Modern Game: Tips and Tactics from the Ultimate Insider*.
- The Swedish, F. A. 2018. The swedish FA - general information - svensk fotboll. Viitattu 27.11.2019. <https://www.svenskfotboll.se/mediaguide/the-swedish-football-association/>.

- Thiese, M. S., Ronna, B. & Ott, U. 2016. P value interpretations and considerations. *Journal of Thoracic Disease* 8 (9), E928.
- Thomas, V. & Reilly, T. 1979. Fitness assessment of english league soccer players through the competitive season. *British Journal of Sports Medicine* 13 (3), 103-109.
- Tilastokeskus. 2020. Käsitteet. Variaatiokerroin. Viitattu 7.6.2020.
<https://www.stat.fi/meta/kas/variaatiokerroi.html>
- Tomlin, D. L. & Wenger, H. A. 2001. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine* 31 (1), 1-11.
 doi:10.2165/00007256-200131010-00001.
- Tsuji, H., Venditti Jr, F. J., Manders, E. S., Evans, J. C., Larson, M. G., Feldman, C. L., & Levy, D. (1994). Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 90(2), 878-883.
- Tumilty, D. 1993. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine* 16 (2), 80-96.
- Vahlberg, T. 2017. Otoksoon arviointi. Viitattu 13.3.2020. http://www.orl.fi/wp-content/uploads/2017/06/Tilastotiede_Otoskoko.pdf
- Vescovi, J. D. 2012. Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches: Female athletes in motion (FAiM) study. *Journal of Sports Sciences* 30 (12), 1259-1265.
- Walker, O. 2016. Yo-yo intermittent recovery test level 2 | science for sport. Viitattu 20.09.2019. <https://www.scienceforsport.com/yo-yo-intermittent-recovery-test-level-2/>.
- Wallace, J. L. & Norton, K. I. 2014. Evolution of world cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport* 17 (2), 223-228.
- Weil, E., A. Christopher, R. C. Giulianotti, B. Joy & J. Rollin. 2019. *Football Encyclopædia Britannica, inc.*
- Weston, M. & Brewer, J. 2002. A study of the physiological demands of soccer refereeing. *Journal of Sports Sciences* 20 (1).
- Whitmer, T. D., Fry, A. C., Forsythe, C. M., Andre, M. J., Lane, M. T., Hudy, A. & Honnold, D. E. 2015. Accuracy of a vertical jump contact mat for determining jump height and flight time. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29 (4), 877-881.

- Wilmore, J. H., Stanforth, P. R., Gagnon, J., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S. & Bouchard, C. 1996. Endurance exercise training has a minimal effect on resting heart rate: The HERITAGE study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28 (7), 829-835.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 38 (3), 285-288.
- Wisløff, U., Helgerud, J. & Hoff, J. 1998. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (3), 462-467.
- Wood, R. 2018. Free yo-yo test scoring sheet (YYIR2). Viitattu 28.09.2019. <https://www.theyoyotest.com/scoring-sheet-yyir2.htm>.
- Åstrand, P., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. 2003. Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise Human Kinetics.

LIITE 1. YYIR2 testin tulostaulukko (Wood 2018).

Yo-Yo Test Recording Sheet

Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2

Level	11.1							
Level	15.1							
Level	17.1	17.2						
Level	18.1	18.2	18.3					
Level	19.1	19.2	19.3	19.4				
Level	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8
Level	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8
Level	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8
Level	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8
Level	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8
Level	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8
Level	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8
Level	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8
Level	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8
Level	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8

Date: _____

Time: _____

Surface: _____

Conditions: _____

Liite 2. Korrelaatiomatriisi (n = 12–20).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
1. YoYo testin tulos																			
2. Kokonaismäärä	0,310																		
3. Sprintit	0,235	,567**																	
4. KT juoksut alue 4	0,097	,643**	,866**																
5. KT juoksut alue 5	0,540	0,217	0,474	0,265															
6. m/min alue 4	0,185	,639*	,866**	,950**	0,308														
7. m/min alue 5	0,531	0,175	0,474	0,245	,983**	0,309													
8. VH nousukorkeus	,543*	-0,034	0,106	-0,118	0,059	-0,110	0,052												
9. 10m juoksun aika	-,645**	-0,229	-0,357	-0,282	-0,378	-0,397	-0,339	-,599**											
10. 30m juoksun aika	-,739**	-0,193	-0,405	-0,320	-0,427	-0,390	-0,404	-,623**	,930**										
11. Maksimisyke	-0,154	0,462	,582*	,669**	0,019	,692**	0,039	-0,351	0,029	0,017									
12. F0 (N)	-0,115	-,597*	-0,250	-0,422	0,057	-0,419	0,065	,474*	-0,229	-0,213	-,758**								
13. F0 (N/kg)	0,505	0,242	0,403	0,261	0,403	0,336	0,338	,642**	-,667**	-,544*	-0,247	0,292							
14. V0 (m/s)	,719**	0,100	0,379	0,322	0,464	0,346	0,479	0,362	-,620**	-,835**	0,139	0,024	0,062						
15. Pmax (W)	0,084	-,541*	-0,127	-0,309	0,196	-0,298	0,208	,549*	-0,395	-0,439	-,686**	,959**	0,300	0,304					
16. Pmax (W/kg)	,717**	0,223	0,465	0,331	0,506	0,403	0,462	,714**	-,853**	-,853**	-0,135	0,268	,904**	0,481*	0,395				
17. FV profile (slope)	-0,152	-0,199	-0,226	-0,110	-0,151	-0,173	-0,073	-0,429	0,337	0,131	0,332	-0,252	-,896**	0,385	-0,135	-,623**			
18. Rfmax (%)	,736**	0,056	0,396	0,210	0,512	0,292	0,479	,728**	-,714**	-,698**	-0,247	0,358	,886**	0,340	0,440	,919**	-,667*		
19. Drf (%)	-0,113	-0,198	-0,151	-0,059	-0,086	0,115	-0,007	-0,377	0,278	0,064	0,341	-0,264	-,854**	0,442	-0,130	-,561*	,988**	-,614**	

KT = korkeatehoiset, alue = nopeusalue, VH = vertikaalilyhyppäys, F0 = voima, V0 = nopeus, Pmax = maksimi teho, FV profile = voima-nopeus -profiili, Rfmax = maksimi voimasuhde, Drf = voimasuhteen alentuma. *Merkitsevä korrelaatio tasolla 0.05 (2-suuntainen). **Merkitsevä korrelaatio tasolla 0.01 (2-suuntainen).