

**VOIMA- JA PLYOMETRISEN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET
PONNISTUSVOIMAAN, ALARAAJOJEN MAKSIMAALISEEN
VOIMANTUOTTOON JA PIENPELIN LIIKKUMISMUUTTUJIIN U16
JALKAPALLOILIJILLA**

Markus Saaristo

Valmennus- ja testausopin pro gradu – tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Kevät 2023

TIIVISTELMÄ

Saaristo, M. 2023. Voima ja plyometrisen harjoittelun vaikutukset ponnistusvoimaan, alaraajojen maksimaaliseen voimantuottoon ja pienpelin liikkumismuuttujiin U16 jalkapalloilijoilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin Pro Gradu tutkielma, 53 s.

Moderni jalkapallo edellyttää jalkapalloilijoilta monipuolista suorituskkyä. Lajin fyysisten ominaisuuksien vaatimukset kasvavat jatkuvasti, sillä pelaajat liikkuvat entistä nopeammin ja pidempään. Erot huipulla ovat marginaalisia, joten fyysinen suorituskky on oltava huippuunsa viritetty. Ominaisuuksia on kehitettävä monipuolisesti ja tehokkaasti, jotta harjoittelusta saadaan mahdollisimman vähäisellä panostuksella mahdollisimman paljon irti. Oheisharjoittelun tärkein tavoite on suoriutua kentälle entistä sujuvammin. Täten voima- ja plyometrisen harjoittelu sekä pienpelit ovat olleet keskeinen tutkimusaihe viime vuosina.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko nousujohteisella voima- ja plyometrisella harjoittelulla vaikutusta U16 jalkapalloilijoiden voimantuottoon ja vertikaalihyppyihin sekä 6 vs. 6 pelin liikkumismuuttujiin.

Tutkittavat jaettiin kontrolli- ja interventoryhmään. Harjoitusinterventio kesti 6 viikkoa. Tutkimukseen rekrytoitiin 21 tavoitteellisesti harjoittelevaa U16 jalkapalloilijaa B-junioreiden korkeimmalta- ja toiseksi korkeimmalta sarjatasolta. Koehenkilöiden suorituskkyä mitattiin staattisella- (SH) ja esikevennyshypyllä (EKH), 1–3 toistomaksimin maastavedolla trap-tangolla ja 6 vs. 6 pelin liikkumismuuttujilla. Alku- ja loppumittaukset toteutettiin kahtena päivänä. Tässä tutkimuksessa aineisto koostui EKH:sta, SH:sta, arvioidusta 1 RM maastavedosta ja 6 vs. 6 peleistä. Tilastollisissa analyysissä käytettiin 12 tutkittavaa. Tilastollisena menetelmänä käytettiin ANOVAN kaksisuuntaista toistettujen mittausten varianssianalyysiä Bonferroni korjauksella.

Harjoitusinterventio johti parantuneeseen voimantuottoon. Interventoryhmän voimantuotto parani tilastollisesti merkitsevästi $\sim 11,3\%$ ($p = .001$). EKH:ssa ja SH:ssa ei ryhmien sisäistä tai välistä muutosta havaittu. Pienpelin kiihdytyksissä, jarrutuksissa, ja kuljetussa kokonaismatkassa ei myöskään havaittu ryhmien sisäistä muutosta. Keskinopeus laski interventoryhmän sisällä tilastollisesti merkitsevästi ($p=.025$). Ryhmät ei antropometrisiltä ominaisuuksilta eronnut, mutta tilastollisesti merkittävä ero oli lähtötasossa voimantuotossa interventoryhmän hyväksi ($p=.019$). Toisaalta intervention jälkeen ryhmien ero oli entistä suurempi ($p=.003$). EKH:ssa, SH:ssa ja pienpelin liikkumismuuttujissa ei mittauksissa ollut ryhmien välistä eroa. Tutkimuksen mukaan nousujohteinen plyometrisen- ja voimaharjoittelu on hyödyllistä ja lisää U16 jalkapalloilijoiden voimaominaisuuksia, mutta sillä ei kuitenkaan ole suoraa yhteyttä 6 vs. 6 pelin kiihdytyksiin, jarrutuksiin ja kuljettuun kokonaismatkaan. Valmentajien olisikin keskeistä ymmärtää, että jalkapallon pienpelin taktiset ja tekniset tekijät tekevät pienpelin aikaisten liikkumismuuttujien vertailusta haastavaa, mutta laadukkaalla fysiikkaharjoittelulla on osoitettu olevan merkittäviä positiivisia vaikutuksia suorituskkyyn.

Asiasanat: jalkapallo, 6 vs. 6 peli, voimaharjoittelu, plyometrisen voimaharjoittelu

ABSTRACT

Saaristo, M. 2023. Effects of combined strength and plyometric training on U16 football players' strength, vertical jump, and movement variables on 6 vs. 6 games. Faculty of Sport and Health Science, University of Jyväskylä, Master's thesis, 53 pp..

Modern football requires versatile performance capabilities from athletes. The physical demands of the sport are consistently increasing as players move faster and for longer periods. The differences at the elite level are marginal, making it crucial for players to optimize their physical performance. Various aspects of performance need to be developed comprehensively and efficiently to achieve the maximum benefits from training. The main goal of supplementary training is to enhance on-field performance. Therefore, strength and plyometric training, as well as small-sided games, have been significant research topics in recent years.

This study was conducted in collaboration with another Master's thesis in the sports coaching and fitness testing methodology at the University of Jyväskylä. The aim of the study was to investigate the effects of progressive strength and plyometric training on U16 football players' force production, vertical jump performance, and movement variables in 6 vs. 6 games.

The participants were divided into control and intervention groups. The training intervention lasted for 6 weeks. A total of 21 U16 football players actively training in the Finnish highest and second-highest junior levels were recruited for the study. The participant's performance was measured through static- and countermovement jumps, 5- and 10-meter speed tests, agility tests, 1-3 repetition maximum trap-bar deadlift, 6 vs. 6 games movement variables. The pre- and post-test was conducted on two separate days. The data for this study consisted of countermovement jumps, static jumps, estimated 1 repetition maximum in the deadlift, and 6 vs. 6 games movement variables. The statistical analysis was conducted with 12 participants. The statistical method used was a two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni correction.

The training intervention resulted in improved force production. The intervention group showed a statistically significant improvement of approximately 11.3 % ($p=.001$) in force production. No significant changes were observed within or in between the groups for countermovement- and static jumps. There were no significant changes in acceleration, deceleration, and total distance covered in 6 vs. 6 games. However, the average speed within the intervention group decreased significantly ($p=.025$). There were no significant differences in anthropometric characteristics between the groups, but the baseline was better in force production for the intervention group ($p=.019$). Furthermore, the difference between the groups was even greater after the intervention ($p=.003$). No significant differences were found between the groups in countermovement jumps, static jumps, and 6 vs. 6 games movement variables. According to the study, progressive strength and plyometric training is beneficial and enhance U16 football players' force production, but it does not directly translate to 6 vs. 6 games accelerations, decelerations, and total distance covered. However, due to the small sample size, further research with a similar study design is needed. Coaches should understand that the tactical and technical aspects of football games make it challenging to compare movement variables during small-sided games. However, high-quality physical training has been shown to have significant positive effects on performance.

Key words: football, 6 vs. 6 medium sided games, combined plyometric- and strength training

KÄYTETYT LYHENTEET

EKH	esikevennyshyppy
HIIT	high intensity interval training, korkean intensiteetin intervalliharjoittelu
HR _{max}	the maximum heart rate, maksimisyke
HR	syke
MAS	maximal aerobic speed, maksimaalinen aerobinen nopeus
RFD	the rate of force development, voimantuottonopeus
RIR	repetitions in reserve, toistoja reservissä
RM	repetition maximum, toistomaksimi
RPE	the rating of perceived exertion, subjektiivinen käsitys harjoitteen raskaudesta
RSA	repeated sprint ability, kyky tehdä toistuvia sprinttejä
SH	staattinen hyppy
SSC	stretch-shortening cycle, venymis-lyhenemissykli
VO _{2max}	the maximum rate of oxygen consumption, maksimaalinen hapenottokyky
YJH	yhden jalan horisontaalinen hyppy
Yo-Yo	the Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Yo-Yo-testi
3 RM	three repetition maximum, kolmen toiston maksimi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 FYYSISET OMINAISUUDET JALKAPALLOSSA.....	3
2.1 Voima ja teho jalkapallossa.....	5
2.2 Kestävyys jalkapallossa.....	5
2.3 Nopeus jalkapallossa.....	7
3 HARJOITTELU JALKAPALLOSSA.....	9
3.1 Voimaharjoittelu jalkapallossa.....	9
3.2 Plyometrinen harjoittelu.....	11
3.3 Kestävyysharjoittelu.....	14
4 VOIMA-OMINAISUUKSIEN TESTAAMINEN.....	15
4.1 Maastaveto trap-bar tangolla.....	15
4.2 Alaraajojen maksimaalinen ponnistusvoima.....	16
5 PIENPELIT.....	17
5.1 Pienpelit harjoitusmuotona.....	17
5.2 Pienpelien variaatiot.....	18
5.3 Kuormituksen seuranta pieneleissä.....	20
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESEIT.....	21
7 MENETELMÄT.....	23
7.1 Tutkittavat.....	23
7.2 Tutkimuksen vaiheet.....	24
7.3 Harjoitusohjelma.....	24
7.4 Testimenetelmät.....	27
7.4.1 Esikevennys- ja staattinen hyppy.....	28
7.4.2 Maastaveto trap tangolla arvioitu yhden toistomaksimi.....	30

7.4.3 Pienpelit	31
7.5 Tilastolliset menetelmät.....	33
8 TULOKSET.....	34
8.1 Voima- ja vertikaalihyppyjen tulokset	34
8.2 6 vs. 6 pelien liikkumismuuttujien tulokset.....	35
9 POHDINTA.....	37
9.1 Suorituskykytestit	37
9.2 Pienpelit	39
9.3 Tutkimuksen vahvuudet ja haasteet.....	41
9.4 Tutkimuksen käytännön sovellukset	42
9.5 Johtopäätökset	42
LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Jalkapallo edellyttää pelaajalta monipuolista fyysistä suorituskykyä (Stølen ym. 2005). Jalkapallossa pelin vauhti ja fyysiset vaatimukset ovat lisääntyneet viime aikoina (Wallace & Norton 2013; Barnes ym. 2014). Näistä syistä on tarve nopeammille, vahvemmillem, kestävimmillä ja vammoille vastustuskykyisimmille pelaajille kasvanut (Wallace & Norton 2013). Aika-liikeanalyysi Englannin Valioliigasta kaudelta 2006–2007 verrattuna kauteen 2012–2013 on paljastanut, että pelaajien liikkuma kokonaismatka on pysynyt lähes samanlaisena, mutta sprinttien määrä, sprinteillä kuljettu kokonaismatka ja korkealla intensiteetillä juostu matka on kasvanut merkitsevästi (Barnes ym. 2014). Huippupelaajista on myös tullut nopeampia. Kiihdytysominaisuudet, maksiminopeus, ketteryyso ominaisuudet ja toistettujen sprinttien suorituskyky ovat huippupelaajilla erinomaisia (Haugen ym. 2013). Kuten tiedetään, jalkapalloilijalle voimaharjoittelun tärkein tavoite on kehittää pelaajan suorituskykyä kentällä. Täten monia erilaisia voimaharjoitteluinterventioita on tutkittu ja luotu kehittämään pelaajien relevantteja ominaisuuksia lajin vaatimusten mukaisesti (Hoff & Helgerud 2004).

Myös aerobinen kestävyys suorituskyky on avainasemassa jalkapallossa (Bangsbo 1993). Aerobinen kestävyyskunto mahdollistaa korkean intensiteetin suoritusten kuten kiihdytysten, sprinttien, ja hyppyjen toistamisen (Reilly 1997). Pienpelejä käytetään jalkapalloharjoittelussa, koska niillä saadaan kuormitettua useita jalkapallosuorituskyvyn osa-alueita samanaikaisesti (Hill-Haas ym. 2011). Pienpelejä voidaan manipuloida muuttamalla kentän kokoa, sääntöjä, lepotyösuhdetta ja valmentajan palautetta (Rampinini ym. 2007). Pienpelejä ja niiden fyysisiin vaatimuksiin vaikuttavia muuttujia on tutkittu paljon (Hill-Haas ym. 2011; Tyndel 2018).

Edellä esitettyjen tutkimustulosten käytännön hyödyntäminen joukkueiden fysiikkaharjoittelussa on haastavaa pitkien ja fyysisesti kuormittavien kausien aikana (Walker & Hawking 2018). Näin ollen onkin keskeistä kehittää mahdollisimman tehokkaita ja toimivia harjoitusmetodeja, sillä annos-vaste suhde on yleisesti nuorilla pelaajilla hyvä. Harjoittelun johdonmukaisella suunnittelulla ja ohjelmoinnilla pystytään saavuttamaan halutut harjoitusadaptaatiot ja välttämään ei tarkoituksenmukainen ylikuormitus. Nuorille jalkapalloilijoille suunnatut voimaharjoitteluinterventiot ovat toistaiseksi vielä puutteellisia, joten lisää tutkimuskirjallisuutta aihealueesta tarvitaan. (Silva ym. 2015; Garcia ym. 2017)

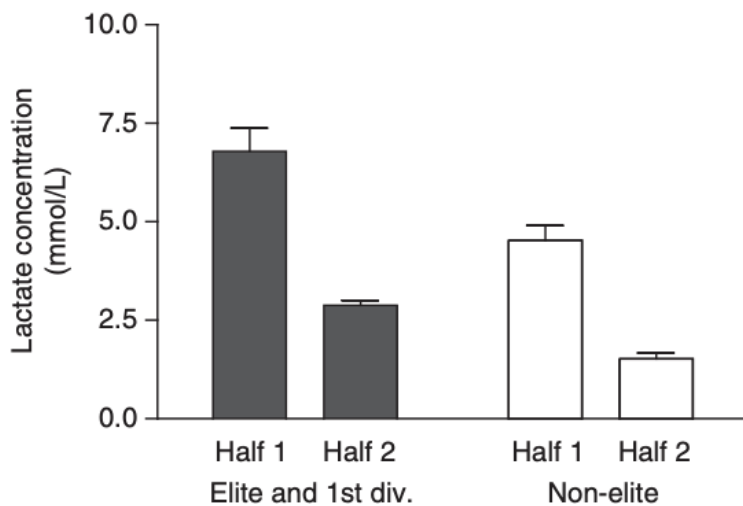
Nämä tekijät yhdistettynä korostavat, että nuorten pelaajien hermolihaskäytännön suorituskykyyn tulee panostaa. Erilaisten yhdistettyjen voimaharjoitteluinterventioiden on havaittu parantavan jalkapallolle ominaista fyysistä suorituskykyä (Silva ym. 2015). Toistaiseksi ei kuitenkaan ole tutkittu, vaikuttaako harjoittelu suoritukseen pienpelissä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin tarkastella voimaharjoitteluintervention vaikutuksia nuorten jalkapalloilijoiden suorituskykyyn ja suoritukseen pienpeleissä.

2 FYYSISET OMINAISUUDET JALKAPALLOSSA

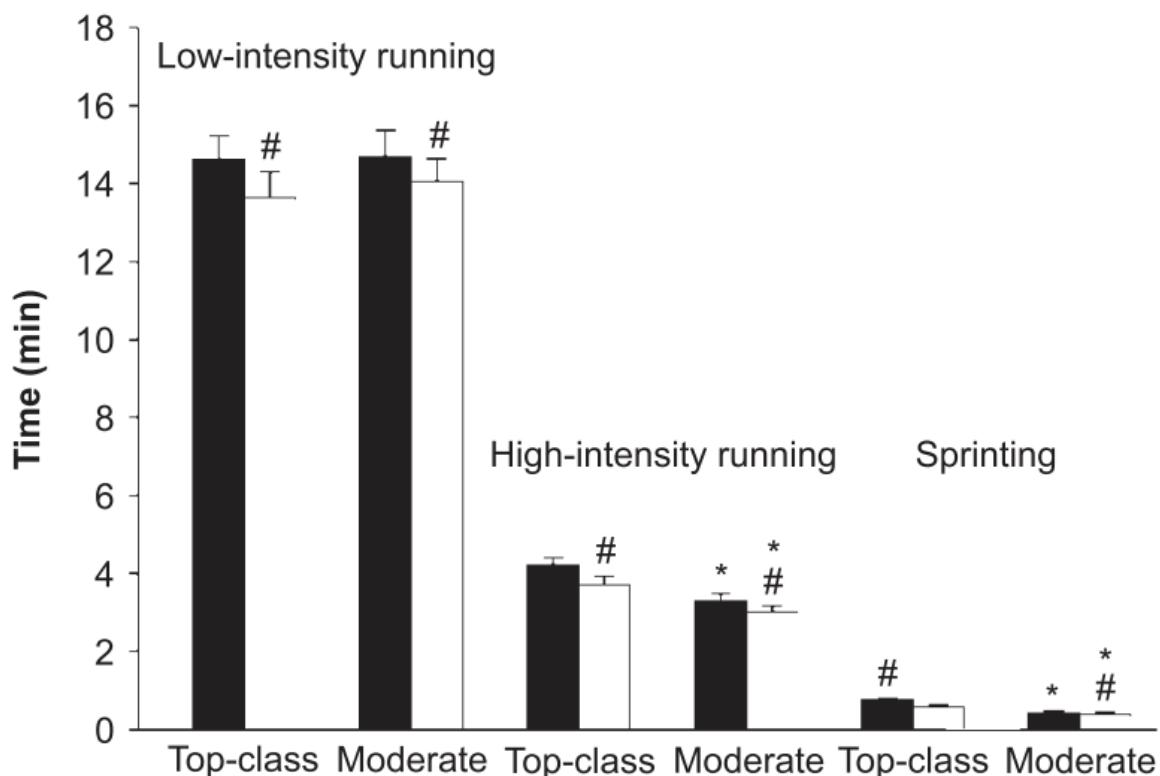
Jalkapallossa pelin vauhti ja fyysiset ominaisuudet ovat entistä monipuolisempia (Wallace & Norton 2013; Barnes ym. 2014). Ammattilaisjalkapalloilijan kuljettu kokonaismatka pelin aikana on 10–12 km, kun mukaan otetaan kaikki pelipaikat. Maalivahdin vastaava luku on 4 km. (Stølen ym. 2005) On kuitenkin raportoitu, että parempi suorituskyvyn indikaattori on tarkastella korkean intensiteetin juoksuja, kuin kokonaismatkaa pelin aikana (Bradley ym. 2011; Krustup ym. 2005), sillä 90 minuutin ottelusta suurin osa ajasta työskennellään 80–90 % maksimisykkeestä (HRmax) (Stølen ym. 2005). Pelipaikkakohtaisesti keskikenttäpelaajat juoksevat kaikkein eniten. Nykypäivänä keskikenttäpelaajat sijoittuvat keskeisimmille paikoille hyökkäyksen tueksi, mikä mahdollistaa eritoten laitapuolustajien nousemisen hyökkäyksen tueksi. Laitapuolustajien on kuitenkin palattava puolustukseen hyökkäysasemasta mahdollisimman nopeasti, mikä tukee havaintoa pelaajien kasvaneesta tarpeesta suorittaa entistä enemmän korkean intensiteetin juoksuja. (Bush ym. 2015)

Jalkapallossa korkean intensiteetin juoksut kestävät ainoastaan 2–4 sekuntia ja niitä suoritetaan noin 90 sekunnin välein muiden räjähtävien suoritusten kuten taklauksien, jarrutusten, kiihdytysten ja suunnanmuutosten ohella (Bangsbo ym. 1991; Helgerud ym. 2001). Pelaajan pelin aikana suoritetusta kokonaismatkasta 7–12 % on korkean intensiteetin juoksua ja maksimaalista juoksua 1–4 % (Bradley ym. 2009). On kuitenkin huomioimisen arvoista, että juoksujen määrään sekä intensiteettiin vaikuttaa myös joukkueen taktiikka ottelun aikana. Ei olekaan yllätys, että jalkapalloseuran ominaisten fyysisten ominaisuuksien lisäksi pelaajilta vaaditaan teknisiä, taktisia ja psykologisia ominaisuuksia. (Stølen ym. 2005)

Kuitenkin tiedetään, että ammattipelaajien ja amatööripelaajien eroavan selvästi fyysisiltä ominaisuuksiltaan (Stølen ym. 2005). Kuvassa 1 esitetty huippu- ja amatööripelaajan laktaattikonsentraatio ensimmäisellä ja toisella puoliajalla. Kuvassa 2 puolestaan on esitetty huipputaso ja keskitason pelaajien juoksuja eri nopeuksilla pelin aikana.



KUVA 1. Laktaattikonsentraatio huippu- ja amatööripelaajilla. Aineisto esitetty keskiarvona (Stølen ym. 2005).



KUVA 2. Maksimaalisen juoksun, korkean ja matalan intensiteetin juoksua huippu- ja keskitason jalkapalloilijalla. Ensimmäinen puoliaika (musta) ja toinen puoliaika (valkoinen). # = tilastollisesti merkitsevä ensimmäisen ja toisen puoliajan välillä, * = tilastollisesti merkitsevä huipputason ja keskitason pelaajan välillä (Mohr ym. 2003).

2.1 Voima ja teho jalkapallossa

Ammattilaisjalkapalloilijat tekevät pelin aikana keskimäärin 50 suunnanmuutosta (Withers ym. 1982), mitkä sisältävät suurta voimantuottoa mahdollisimman nopeasti, ylläpitäen kehon tasapainoa vastustajien painostaessa. Täten sekä voima että teho ovat kestävyuden ohella tärkeitä ominaisuuksia jalkapalloilijalle (Stølen ym. 2005). Maksimivoima määritellään hermolihasjärjestelmän suurimpana voimantuottona rajattomassa ajassa, kun taas tehontuotto määritellään hermolihasjärjestelmän suurimpana voimantuottona suhteutettuna käytettyyn aikaan (Haff & Nimphius 2012). Voimaharjoittelun parantaa erityisesti juoksun kiihdytystä, kun kuormana on ollut 85–100 % yhden toistomaksimista (Chelly ym. 2009). Voimaharjoittelu lisää myös tehontuottoa, sillä voiman ja tehon välillä on positiivinen suhde (Haugen ym. 2019). On myös näyttöä siitä, että voimaharjoittelu vähentää jalkapalloilijalle tyypillisiä vammoja, parantaa hermolihasjärjestelmän supistumiskykyä ja mahdollisesti kehittää lajille ominaisia ominaisuuksia kuten suunnanmuutosta (Silva ym. 2015).

Jalkapallossa voitettu juoksukilpailu tai hävitty pääpallo erikoistilanteesta saattaa johtaa maaliin. Modernissa jalkapallossa pelaajat ovat fyysisiltä ominaisuuksiltaan entistä urheilullisempia, joten fyysisen suorituskyvyn merkitys kaksinkamppailujen voittamisen kannalta on keskeistä. (Stølen ym. 2005) Täten lihasten kyky tuottaa tehoa ottelun aikana on välttämätöntä. Välttääkseen vastustajajoukkueen maalipaikan, on pelaajien oltava nopeampia ja pystyä tuottamaan enemmän tehoa. (Chelly ym. 2009) Vaikka pelaajien suorituskyky on jo nyt kehittynyt aiemmasta, oletetaan että peli kehittyy entistä nopeammaksi ja vaativammaksi, mikä vaatii pelaajilta parempaa suoriutumista korkean intensiteetin suorituksissa.

2.2 Kestävyys jalkapallossa

Ottelun aikana intensiteetti, jolla työskennellään, on lähellä anaerobista kynnystä (AnK) eli 80–90 % tasolla maksimisykkeestä (Stølen ym. 2005). Jalkapallo on intervallityylistä, missä korkean intensiteetin työjaksot lisäävät veren laktaattikonsentraatiota ja intervallien välissä tapahtuvan matalatehoisen työjakson aikana pelaajien on puskuroitava elimistön väsymystä aiheuttavia haitta-aineita (Helgerud ym. 2001). Ottelu kestää 90 minuuttia ja mahdollisen lisäajan. Pelaajan tulee pystyä ylläpitämään mahdollisimman korkeaa intensiteettiä koko ottelun ajan. (Stølen ym. 2005) On kuitenkin näyttöä siitä, että pelaajien kuljettu kokonaismatka ja korkean intensiteetin juoksut vähenevät selvästi toisella puoliajalla (Mohr ym. 2003; Stølen

2015; Douglas 1993). Ne pelaajat, jotka pystyvät taistelemaan väsymystä vastaan sekä välttämään toisen puoliajan kokonaismatkan ja korkean intensiteetin juoksujen vähenemisen, omaavat paremman aerobisen kestävyuden (Helgerud ym. 2001). Eräässä tutkimuksessa (Helgerud ym. 2001) osoitettiin, että 8 viikon kestävyysharjoittelu paransi jalkapalloilijoiden suorituskykyä otteluissa. Maksimaalisen hapenottoyvyn paraneminen korreloi kuljetun kokonaismatkan, korkean intensiteetin pyrähdysten ja peliin osallistumisen kanssa.

Voidaankin todeta aerobisen kestävyuden olevan suuressa osassa pelaajien suorituskykyä. Korkean aerobisen kapasiteetin on todettu korreloivan joukkueen onnistumisen kannalta merkittäväksi. Eri tasoisten aikuisjalkapalloilijoiden maksimaalinen hapenottoiky (VO_{2max}) löytyy 50–75 ml/kg/min väliltä ja on yleensä vaativammalla tasolla suurempi. (Stølen ym. 2005) Vastaavasti nuorilla pelaajilla VO_{2max} on pienempi (<60 ml/kg/min) kuin aikuisilla (Stølen ym. 2005), mikä saattaa selittyä nuorten pelaajien huonommalla taloudellisuudella (Bunc ym. 1987). Taulukossa 1 on esitetty eri tutkimuksissa mitattuja VO_{2max} tuloksia suhteutettuna omaan kehonpainoon.

TAULUKKO 1. Nuorten ja aikuisjalkapalloilijoiden maksimaalinen hapenottoiky (VO_{2max}).

Tutkimus	Taso/maa	n	VO_{2max} ml/kg/min
Rahkila & Luhtanen (1989)	U18-U17/Suomi	25	56.0 ± 4.0
Rahkila & Luhtanen (1989)	U16/Suomi	21	58.0 ± 5.0
Rahkila & Luhtanen (1989)	U15/Suomi	29	57.0 ± 5.0
Chamari ym. (2004)	U19 elite Tunisia-Senegal	34	61.1 ± 4.6
Impellizzeri ym. (2004)	Nuoret/Italia	19	57.4 ± 4.0
Casajus (2001)	1 divisioona/Espanja	15	65.5 ± 8.0
Vanfraechem & Thomas (1993)	1 divisioona/Belgia	18	56.5 ± 7,0
Hoff ym. (2002)	2 divisioona/Norja	8	60.3 ± 3.3

2.3 Nopeus jalkapallossa

Vaikka vain noin 11 % kuljetusta kokonaismatkasta on korkean intensiteetin pyrähdyksiä ja maksimaalista juoksua, tiedetään niiden vaikuttavan ottelun kulkuun merkittävästi (Luhtanen 1994; Reilly ym. 2000). Maksimaalinen nopeus jalkapallossa vaatii sekä kiihdytystä, maksimaalista nopeutta että ketteryyttä. Kiihdytys tarkoittaa oman inertian voittamista ja maksimaalisen nopeuden saavuttamista mahdollisimman nopeasti. Maksimaalinen nopeus on nimensä mukaisesti pelaajan maksiminopeus. (Bangsbo 1994) Terminä ketteryyttä ei olla tarkoin määritetty, mutta yleisesti sillä ei tarkoiteta joukkueurheilukontekstissa pelkästään suunnanmuutoskykyä vaan myös havainnointia ja päätöksentekoa (Little & Williams 2005). Sheppard ja Young (2006) määrittelivät termin seuraavasti: ”nopeaa koko kehon liikenopeuden vaihdosta tai suunnanmuutosta vastena ärsykkeelle”. Nopeus jalkapallossa on siis kovin monipuolista. Näyttäisi siltä, että Kiihdyttäminen, maksimaalinen juokseminen ja ketteryys ovat kaikki omia ominaisuuksiaan (Little & Williams 2005).

TAULUKKO 2. Jalkapalloilijoiden (ammattilaiset, amatöörit ja juniorit) nopeustestien tuloksia 5 m, 10 m ja 30 m matkalta.

Tutkimus	Taso/maa	n	5 m	10 m	30 m
Kollath & Quade (1993)	Ammattilaiset/Saksa	20	1.03± 0.1	1.79± 0.1	4.19 ± 0.1
Kollath & Quade (1993)	Amatöörit/Saksa	19	1.07± 0.1	1.88± 0.1	4.33 ± 0.2
Chamari ym. (2004)	Juniorit/Tunisia	34		1.87± 0.1	4.38 ± 0.2
Helgerud ym. (2001)	Juniorit/Norja	9		1.88± 0.1	
McMillan ym (2005)	Juniorit/Skotlanti	11		1.96± 0.1	

Ottelunaikaisten juoksujen variaatio on 1–105 metriä, joten on kiistatonta, että sekä maksimaalista juoksunopeutta että kiihdytystä tarvitaan. Pelaajat kuitenkin liikkuvat pelin aikana koko ajan kohtalaisella nopeudella, joten kiihdytystä harvemmin tehdään täysin liikkumattomasta asennosta. Yleisesti kiihdytykset tehdään erilaisista suunnanmuutoksista. (Bangsbo 1994)

Jalkapallossa yhtäjaksoiset maksimaaliset juoksut ovat keskimäärin lyhyempiä kuin 30 metriä, joista 49 % on lyhyempiä kuin 10 metriä (Valquer ym. 1998). Eräissä ranskalaispelaajille toteutetussa tutkimuksessa (Cometti ym. 2001) osoitettiin, että amatööri- ja ammattilaispelaajien nopeudessa 30 metrillä ei ollut merkitsevää eroa, mutta 10 metrin kiihdytyksessä ammattilaispelaajat olivat merkitsevästi nopeampia. Pelaaja on 1 metrin edellä, jo 0,21 sekuntia paremmalla 10 metrin ajalla, joka voi johtaa pelin kannalta kriittisten kaksinkamppailutilanteiden voittoon nopeamman pelaajan hyväksi (Stølen ym. 2005). Ammattipelaajilla onkin osoitettu olevan nopeampia 10–15 metrin maksimaalisissa juoksuissa verrattuna amatööripelaajiin (Brewer ym. 1992; Cometti ym. 2001; Kollath ym. 1993). Taulukossa 2 on esitetty eri tasoisten ja ikäisten jalkapalloilijoiden nopeustestien tuloksia

3 HARJOITTELU JALKAPALLOSSA

Ottaen huomioon jalkapallon pitkät pelikaudet sekä yhdistetyn voima ja kestävyysharjoittelun tuottamat aikarajoitukset tulisi harjoitusohjelman tehokkuus ja vaikuttavuus ottaa aina huomioon (Peterson ym. 2004). Yksi tärkeimmistä kriteereistä arvioidessa harjoittelun onnistumista on tarkastella pelaajan suorituskyvyn kehitystä kentällä ja terveenä pysymistä suhteessa käytettyyn harjoittelu-aikaan (Young 2006).

3.1 Voimaharjoittelu jalkapallossa

Voimaharjoittelun keskeisimpiä seurauksia on parempi tehontuotto, joka selittyy hermoston toiminnassa tapahtuvilla muutoksilla, joita ovat parantunut motoristen yksiköiden syttymistiheys ja inhiboivien refleksien heikentyminen. Voimaharjoittelun seurauksena myös keskushermoston kynnykset aktivoitua pienenevät. Täten voimantuotto kasvaa, jolloin tietyllä intensiteetillä työskentely onnistuu entistä vähäisemmällä voimatasolla suhteessa aiempaan. Voimaharjoittelulla on akuutteja vaikutusmekanismeja, jotka vaikuttavat muun muassa hormonitoimintaan, elimistön aineenvaihduntaan, geenien ilmentymiseen, proteiinisynteesin translaation säätelytekijöiden aktiivisuuksiin, proteiinin hajotuksen säätelyyn, neuraaliseen ohjaukseen ja neuromotoriseen kontrolliin. (Van Cuestem 1998)

Neuraalisella maksimivoimaharjoittelulla tavoitteena on parantaa maksimaalista tahdonalaista voimantuottoa (Van Cuestem 1998). Voimaominaisuudet ovat yhteydessä myös tehontuottoon sekä yleisesti nopeusvoimaan. Suurempi voimareservi mahdollistaa saman kuorman liikuttamisen nopeammin. (Newton & Kreamer 1994) Jalkapalloilijalle on erityisen tärkeää liikkua nopeasti, joten tehoa on tuotettava mahdollisimman optimaalisesti (Stølen ym. 2005).

Maksimivoima jaetaan lähtökohtaisesti kahteen eri osa-alueeseen: hypertrofiseen ja hermostolliseen. Hypertrofisen voimaharjoittelun seurauksena aktivoidaan metaboliset adaptaatiot eli elimistön geenien signaalintiväylät keskittyvät lopulta lihassolujen poikkipinta-alan kasvuun. (Van Cuestem 1998) Hypertrofisessa harjoittelussa sarjapituudet ovat yleisesti 6–12, jolloin tähdätään maksimivoiman parantumiseen lihassmassan kasvulla ja osittain myös hermostollisilla adaptaatioilla. (Häkkinen & Ahtiainen 2016)

Hermostollisessa maksimivoimharjoittelussa puolestaan tähdätään neuraalisiin adaptaatioihin metabolisten adaptaatioiden sijaan. Tällöin sarjojen toistot pidetään maltillisina (1–3). Palautusaika on vähintään kolme minuuttia, mutta jos olosuhteet ja aikataulu antaa myöden, niin jopa yli viisi minuuttia. (Häkkinen ym. 2002)

Alan tutkimuskirjallisuus nostaa kaikkein käytetyimmiksi voimaharjoittelumenetelmiksi erityisesti perinteisen vapailta painoilla ja laitteilla tehtävän voimaharjoittelun, plyometrisen ja lajivoimaa kehittävän harjoittelun (Silva ym. 2015; Garcia-Ramos ym. 2017). Voimaharjoittelun tärkein tehtävä on kehittää peliä mukailevia tapahtumia kuten sunnanmuutoksia, juoksua, ponnistuksia, jarrutuksia tai muita lajinomaisia ominaisuuksia (Silva ym. 2015). On hyvin tavanomaista, että joukkueen parhaat pelaajat kentällä eivät nosta suurimpia kuormia salilla (McGill 2006). Toisin sanoen voimaharjoittelussa tulisikin puhua optimaalisista voimatasoista maksimaalisten voimatasojen sijaan (Murray & Brown 2006).

Yleisesti jalkapalloa ja voimaharjoittelua koskeva tutkimuskirjallisuus koostuu pääpiirteittäin 4–12 viikon interventiojaksoista sisältäen 2–3 harjoituskertaa viikossa. Tutkimuksissa on paljon variaatiota eri harjoitusmenetelmien hyödyntämisestä, mikä hankaloittaa tarkkojen johtopäätöksien tekemistä. On kuitenkin laajalti hyväksytty, että otteluiden lopputulos ja joukkueen menestyminen on kaikkein merkittäväntä ja jopa ylitse tutkimuskirjallisuuden. (Silva ym. 2015)

Otero-Esquina ym. (2017) tutkivat kahden eri harjoitusohjelman vaikuttavuutta 7 viikon ajan U17 ja U19 vuotiailla pelaajilla. Osa teki harjoituksen kerran viikossa, osa kaksi kertaa viikossa ja loput tutkittavista olivat kontrolliryhmässä. Tulokset osoittivat, että voimaharjoittelu (jalkakyykky 2–3 x 4–6 40–55 % RM, polven koukistus maaten 2–3 x 4–6, plyometrinen harjoittelu ja vastuksella tehdyt maksimaaliset juoksut) paransi tilastollisesti merkitsevästi sekä kerran että kaksi kertaa viikossa harjoittelevien suorituskykyä esikevennyshypyssä ja suunnanmuutoksessa. Kaksi kertaa viikossa harjoitteleva ryhmä paransi myös 10- ja 20 metrin juoksua.

Vastaavanlaisia tuloksia esittivät Bogdanis ja kumppanit (2009) tutkimuksessaan, missä tutkittiin 6 viikon hermostollisen- ja hypertrofisen voimaharjoittelun vaikutuksia voimanopeus ominaisuuksiin ja jalkapallospesifiin suorituskykyyn 6 viikon ajan. Tulokset osoittivat, että 3 kertaa viikossa suoritettu jalkakyykky 90 % 1 RM:stä paransi merkittävästi jalkakyykyn 1 RM tulosta molemmilla ryhmillä. Lisäksi myös kestävyysominaisuudet paranivat, mikä viittaa parantuneeseen taloudellisuuteen.

Tutkimukset osoittavat, että voimaharjoittelu parantaa voimaominaisuuksia ja parantaa lajinomaista kestävyyttä. Riittääkö pelkkä voimaharjoittelu kestävyysominaisuuksien parantamiseen on edelleen hyvä kysymys, mutta varmaa on se, että käytännön näkökulmasta voimaharjoittelulla on jalkapalloilijan suorituskykyä parantava vaikutus (Silva ym. 2015).

3.2 Plyometrinen harjoittelu

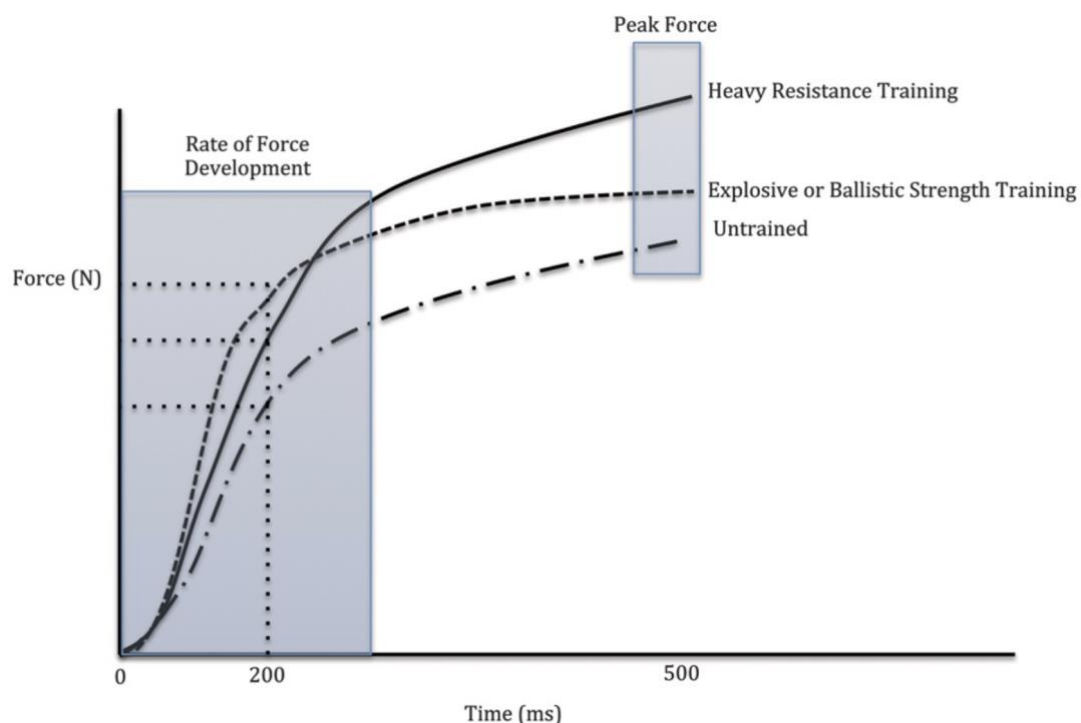
Plyometrinen harjoittelu sisältää hyppyjä, loikkia ja ponnistuksia, jotka kuormittavat venymislyhenemis-sykliä, mikä sisältää lihasjännekompleksin eksentrisen ja konsentrisen työvaiheen mahdollisimman nopealla kontaktiajalla alustaan. Venymis-lyhenemissyklissä elastiset komponentit venyy, supistuu ja rentoutuu syklisesti. Tavanomaisia plyometrisia suorituksia ovat muun muassa hypyt ja loikat. (Chimielewski ym. 2006)

Toisin sanoen plyometrista harjoittelua ovat liikkeet, joissa tehdään suurella liikenopeudella eksentristä lihastyötä, jonka jälkeen nopea konsentrisen lihassupistus. Konkreettisenä esimerkkinä voidaan pitää ylöspäin suuntautuvaa tasajalkahyppyä mahdollisimman nopealla kontaktiajalla mahdollisimman korkealle ylös. Tällöin jalan osuessa alustaan eksentrisessä kuormitusvaiheessa elastiset komponentit vastaanottavat maakontaktista aiheutuvaa iskutusta ja vaimentavat sitä. Eksentrisen työvaiheen jälkeen seuraa välittömästi nopea konsentrisen työvaihe. Kun konsentrisen työvaihe tehdään räjähtävästi, pystytään elastista energiaa hyödyntämään ja lisäämään hyppyyden tehoa jopa 10–15 %. (Clark ym. 2010; Newton ym. 1994)

Plyometrisen harjoittelun seurauksena voidaan kehittää ponnistusvoimaa, kiihdytyksiä, jarrutuksia tai yleisesti nopeaa voimantuottoa vaativia suorituksia (Cormier 2020), joten jalkapalloilijoille plyometrinen harjoittelu on tavanomaista (Ramirez-Campillo ym. 2016; Chelly ym. 2009; Silva ym. 2015). Plyometrisen harjoittelun adaptaatiomekanismit liittyvät maksimivoimaharjoittelun tavoin hermostollisiin tekijöihin. Täten käytännön harjoittelussa

tulisi harjoitukset toteuttaa välittömällä energialähteillä (ATP-KP). Käytännössä tarkoittaen, että suoritukset eivät kestäisi yli 10 sekuntia ja palautukset olisivat vähintään kolmen minuutin pituisia. (Markovic & Mikulix 2010; Häkkinen 2002)

Tutkimuskirjallisuus on osoittanut, että yhdistetyllä maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelulla päästään parempiin tuloksiin nopeusvoimaa kehittäessä, kun pelkällä voima tai nopeusvoimaharjoittelulla. (Los Arcos ym. 2014) Kuvassa 3 on havainnollistettu maksimivoimaharjoittelun, nopeusvoimaharjoittelun ja harjoittelemattoman kyky tuottaa voimaa 500 millisekunnin aikana. Eräässä meta-analyysissä todetaan, että joukkueurheilijoilla yhdistetyllä voima- ja nopeusvoimaharjoittelulla saavutetaan parhaat mahdolliset adaptaatiot alavartalon voimantuottoon, vertikaalihyppyyn ja suunnanmuutokseen yli 6 viikon harjoitusjaksoilla (Cormier 2020). Tämä saattaa olla yksi syistä miksi jalkapalloilijat hyödyntävät voimaharjoittelun lisäksi usein plyometrista harjoittelua (Ramirez-Campallo ym. 2018; Franco-Marquez ym. 2015).



KUVA 3. Maksimivoimaharjoittelun, nopeusvoimaharjoittelun ja harjoittelemattoman kyky tuottaa voimaa alle 500 millisekunnin aikaikkunassa (Newton & Kreamer, 1994).

Hammamin ym. (2019) tutkimuksessa verrattiin plyometrisen ja yhdistetyn voima- ja nopeusharjoittelun vaikutuksia nuorten jalkapalloilijoiden suorituskykyyn. Pelaajat jaettiin kontrastiryhmään (n = 14), plyometriseen ryhmään (n = 14) ja kontrolliryhmään (n = 12). Harjoitusinterventio kesti 8 viikkoa ja harjoituksia toteutettiin 2 kertaa viikossa. Molemmat interventioryhmät paransivat nopeustestien tuloksia ja suunnanmuutosta verrattuna kontrolliryhmään. Esikevennyshyppy parani molemmilla interventioryhmillä verrattuna kontrolliryhmään. Kuitenkin suurin osa voima-nopeustesteistä kehittyi tilastollisesti merkitsevästi kontrastiryhmällä verrattuna plyometriseen ja kontrolliryhmään. Kaikkein tärkein havainto oli se, että sekä plyometrinen- että kontrastiharjoittelu parantaa monia jalkapalloilijalle tärkeitä ominaisuuksia.

Edellistä tukevia tutkimustuloksia esittävät myös Kobal (2017). Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella eri voima-, teho- ja plyometrisen harjoittelun vaikutuksia nuorten jalkapalloilijoiden alaraajojen voimantuottoon, vertikaalihyppyyn, nopeuteen ja suunnanmuutokseen. Pelaajat jaettiin kolmeen ryhmään; kompleksiryhmään, traditionaaliseen ryhmään sekä kontrastiryhmään. Kompleksiryhmä suoritti ensin voimaharjoituksen kaikki sarjat ja sitten plyometrisen harjoituksen kaikki sarjat. Traditionaalinen ryhmä suoritti kaikki plyometriset sarjat ensiksi, jonka jälkeen kaikki voimaliikkeet. Kontrastiryhmä puolestaan suoritti ensiksi yhden sarjan voimaa ja tämän jälkeen yhden sarja plyometriaa koko harjoituksen ajan. Voimaharjoittelu oli kaikille sama ja sisälsi puolikykyyn 60–80 % yhden toistomaksimista ja plyometrinen harjoittelu sisälsi pudotushypyn 30–45 senttimetrin korkeudelta. Intervention jälkeen kaikki ryhmät paransivat puolikykyä ja esikevennyshyppyä. Traditionaalinen ryhmä huononsi 10- (7 %) ja 20 metrin (6 %) juoksua ja minkään ryhmän suunnanmuutoskyky ei muuttunut. Nuorten jalkapalloilijoiden suorituskyky parani kaikilla ryhmillä, mutta silti tutkijat suosittelivat kontrasti- ja kompleksiharjoittelua ylläpitääkseen tai maksimoidakseen myös liikkumisnopeutta.

Markovic ym. (2007) meta-analyysin tulokset viittaavat siihen, että plyometrinen harjoittelu parantaa vertikaalihyppyjen korkeutta. Toisaalta myös Saez de Villareal ja kollegat (2012) osoittivat meta-analyysissään plyometrisen harjoittelun olevan tehokas tapa kehittääkseen juoksunopeutta, etenkin lyhyillä matkoilla, kiihdytyksissä ja räjähtävissä liikkeissä. Kuitenkin optimoidakseen parhaat harjoitusvasteet juoksun tehostamiseen tulisi plyometrista harjoittelua toteuttaa ensisijaisesti horisontaaliseen suuntaan. On yleisesti hyväksytty, että mitä lähempänä harjoittelu on itse kilpailusuoritusta, sitä suurempi siirtovaikutus on (Delecluse 1997).

Plyometrista harjoittelua pidetäänkin tehokkaana tapana kehittää jalkapalloilijoiden suorituskykyä (Cormier 2020).

3.3 Kestävyysharjoittelu

Pelaajien maksimaalisen hapenottokyvyn ja ottelun aikana juostun kokonaismatkan ja korkean intensiteetin juoksujen välillä on löydetty positiivinen yhteys (Thomas & Rilley 1976). Toisin sanoen, riittävä aerobinen kestävyys on välttämättömyys otteluiden optimaalisen suorituskyvyn sekä harjoitustapahtumista palautumisen kannalta (Helgerud ym. 2001). Jalkapalloilijoiden kestävyysominaisuuksia kauden aikana ei yleisesti kehitetä erillisillä harjoitteilla, vaan teknistaktisilla harjoitteilla, pienpeleillä, harjoitusotteluilla ja sarjapeleillä (Bangsbo ym. 2006). Vastaavia harjoitteita hyödynnetään joukkueharjoittelussa sekä kaudella että valmistavalla kaudella (Silva ym. 2015).

Eräessä tutkimuksessa (Jastrzebski ym. 2014) verrattiin kahta eri intervallityylistä harjoitusohjelmaa. Pelaajat jaettiin pienpeliryhmään ja juoksuintervalliryhmään. Pienpeliryhmä pelasi 3 vs. 3 pelejä 7 x 3 minuuttia aktiivisen palautuksen ollessa 3 minuuttia. Juoksuintervallit koostuivat 7 x 3 minuutin juoksusta, missä juostiin 15 sekuntia korkeaintensiteetisästi ja 15 sekuntia hölkäten 3 minuutin aktiivisilla palautuksilla. Tulokset osoittivat, että ainoastaan pienpeleillä saavutettiin tilastollisesti merkitsevät parannukset VO_{2max} :ssa, minkä pohdittiin johtuvan pienpelien korkeammasta intensiteetistä. Toisaalta molempien ryhmien keskimääräinen syke (HR) laski. Tulokset osoittavat, että pienpelejä ja HIIT harjoittelua voidaan pitää tehokkaina tapoina kehittää aerobista kestävyttä, mutta samalla myös teknistaktisia ominaisuuksia.

Moran ja kumppanit (2019) tutkivat meta-analyysissään kestävyysharjoittelun ja pienpelien vaikutuksia nuorten miespuolisten jalkapalloilijoiden kestävyysominaisuuksiin. Tulokset osoittavat, että molemmat ovat toimivia tapoja parantaa pelaajien kestävyttä. Pienpelit kuitenkin pystyvät kestävyuden lisäksi kehittämään myös pelille ominaista taitoa ja täten tarjoten monipuolisemman harjoitusvasteen. Tutkijat suosittelevat toteuttamaan pienpelejä kaksi kertaa viikossa $\geq 4 \times 4$ minuutin työjaksoilla 3 minuutin palautusjaksoilla. Tulosten perusteella pienipelit voisi olla hyvä vaihtoehto nuorten jalkapalloilijoiden kestävyuden parantamiseen tarjoten myös muita keskeisiä lajinomaisia harjoitusadaptaatioita (Moran ym. 2019; Jastrzebski ym. 2014).

4 VOIMA-OMINAISUUKSIEN TESTAAMINEN

On monia erilaisia syitä suorittaa testausta, mutta on aina pohdittava mitä halutaan mitata ja miksi. Jalkapalloilijan näkökulmasta testin suorittamisen syynä voi olla tarve tunnistaa pelaajan vahvuudet ja rajoittavat tekijät, lahjakkuuden tunnistaminen tai suorituksen seuranta. Tutkimuksen näkökulmasta käytettävien menetelmien tulisi olla linjassa tutkimuskysymysten kanssa. Toisin sanoen fyysistä suorituskykyä on arvioitava sopivalla menetelmällä, joten siksi on määritettävä fysiologiset komponentit mitä halutaan mitata. Näin pystytään selvittämään halutut muuttujat ja vastata tutkimuskysymyksiin asianmukaisesti. (Rana & White 2004)

Kun valittu menetelmä on löydetty, on varmistettava, että testit mittaavat mahdollisimman tarkasti ja luotettavasti sitä, mitä niiden on tarkoitus mitata. Tästä syystä sekä reliabiliteetti että validiteetti on otettava aina testauksessa huomioon. (Rana & White 2004)

4.1 Maastaveto trap-bar tangolla

Vapailla painoilla tehtävät moninivel liikkeet ovat käytettyjä testejä jalkapalloilijoilla (Stølen ym. 2005). Maastaveto traptangolla on biomekaanisesti lähempänä lajissa käytettyjä nivelkulmia, kuten suunnanmuutoksia, kiihdytyksiä ja hyppyjä. Tanko mahdollistaa kuorman pitämisen lähempänä kehon painopistettä ja näin vähentää alaselän räsitusta asennon ollessa pystymässä, mikä saattaa vähentää alaselän akuuttien vammojen syntymistä, mikä on erityisesti nuorille jalkapalloilijoille erityisen tärkeää, kun harjoitusvuosia ei ole vielä yhtä paljon, kun vanhemmilla pelaajilla. (Lockie & Lazar 2017)

Traptanko on yleistynyt maastavedon suorittamisessa, ja siksi useat tutkijat ovat tutkineet tangon mahdollisia etuja. Onkin näyttöä siitä, traptanko on luotettava ja validi menetelmä alaraajojen maksimaalisen tahdonalaisen voimantuoton mittaamiseen jalkapalloilijoilla. (Lockie & Lazar 2017)

4.2 Alaraajojen maksimaalinen ponnistusvoima

Suuri mekaaninen teho, mikä pystytään yhden liikkeen aikana tuottamaan, on keskeistä erityisesti urheilulajeissa, joissa liikutaan suurilla nopeuksilla (Stølen ym. 2005). Hermolihasjärjestelmän kyky tuottaa tehoa on tärkeää, mitä pidetäänkin keskeisenä muuttujana ja näin ollen hyvänä parametrinä monitoroida tasasin väliajoin (Haff & Nimphius 2012). Käytännössä suurta tehoa vaaditaan kiihdytyksissä, hyppyissä, suunnanmuutoksissa ja muissa korkean intensiteetin suorituksissa (Peterson 2012).

Urheilijoiden tehontuoton seuraaminen ja monitorointi on tärkeää, sillä se antaa hyvää kuvaa urheilijan suorituskyvystä (Ziv & Lidor, 2010). Erilaiset vertikaali- ja horisontaaliset hyppyt ovat useimmiten käytettyjä menetelmiä urheilijoiden tehontuoton selvittämiseen. Testit eivät ole pelkästään helposti toteutettavia ja kustannustehokkaita suurelle massalle, vaan myös muistuttavat toteutustavaltaan lajisuorituksia, joissa hyppyt ja alaraajojen tehontuotto ovat keskeisessä osassa (Thomas ym. 2015).

Vertikaalihyppyjen avulla pystytään mittaamaan monia eri komponentteja, jotka ovat yhteydessä lajisuoritukseen (Bosco & Viitasalo 1982). Hyppyjen mekaniikkaa on tutkittu varsin paljon, mutta empiiriset havainnot ovat kirjavia. Sen lisäksi, eräät tutkijat ovat jopa kyseenalaistaneet hyppytestien validiteetin tehoa mitattaessa. Debatista huolimatta, vertikaalihyppyt ovat biomekaanisesti identtisiä jalkapallossa tapahtuviin suorituksiin (Stølen ym. 2005). Täten, olisikin hyödyllistä pitää osana testipatteristoa tiettyjä hyppyjä (Bosco & Viitasalo 1982). Vertikaalihyppyjen tulokset on todettu korreloivan eri räjähtävien suoritusten, kuten nopeuden, suunnanmuutoksen ja tehon kanssa (Bosco & Viitasalo 1982; Barnes ym. 2007; Tricoli ym. 2005.)

5 PIENPELIT

Pienpelit ovat yleisesti käytettyjä harjoitusmuotoja, sillä niillä pystytään painottamaan samanaikaisesti teknistaktisia ominaisuuksia, pelaajien lajitaitoja sekä kestävyyttä (Moran ym. 2019; Hill-Haas ym. 2009). Pienpeliharjoittelulla on pystytty osoittamaan positiivisia harjoitusvaikutuksia maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO_{2max}), vertikaalihyppyihin, suunnanmuutokseen, toistuviin sprintteihin (RSA) ja yleisesti kestävyysominaisuuksiin. Pienpelit ovat helposti toteutettavia, sillä ne vaativat vähemmän tilaa ja peliä pystytään muokkaamaan eri rajoitteilla kuten pelaajien määrällä, pelisäännöillä tai kentän koolla. Pienpelejä voidaan hyödyntää monipuolisesti eri tilanteissa ja samanaikaisesti kehittää tiettyjä fyysisiä ominaisuuksia. (Moran ym. 2019)

5.1 Pienpelit harjoitusmuotona

Suunnitellessa korkean intensiteetin kestävyysharjoittelua tulisi ottaa viisi eri parametriä huomioon. Nämä parametrit ovat työjakson kesto, työjakson intensiteetti, työjaksojen välinen palautumisaika, intensiteetti palautumisjaksolla ja harjoituksen kokonaiskesto eli työjaksojen lukumäärä kertaa jaksojen kesto. (Seiler & Sjursen 2004) Näin ollen valmentajien on pohdittava tarkoin muuttujia kuten kentän koon merkitystä työjakson intensiteettiin (Casamichana & Castellano 2010), pelaajien määrä suhteessa kentän kokoon (Brandes ym. 2012), valmentajien palautetta työjakson aikana (Brandes & Elvers 2017), työjakson välisten palautusten aikaista intensiteettiä eli aktiivista vai passiivista palautusta (Seiler & Sjursen 2004) ja maalivahtien hyödyntämistä pelin aikana (Castellano ym. 2013).

Edellä esitetyt muuttujat ovat merkityksellisiä, sillä niillä on suora vaikutus pelin intensiteettiin ja sitä kautta työjakson keston, palautumisaikaan, intensiteettiin palautumisjaksolla ja harjoituksen kokonaiskeston (Seiler & Sjursen 2004). Otettaessa kyseiset tekijät huomioon, pystytään suunnittelemaan pienpeliharjoitteet siten, että ne palvelevat sekä fyysisiä- että pelaajan teknistaktisia ominaisuuksia (Hill-Haas ym. 2011).

5.2 Pienpelien variaatiot

Pienpelejä pystytään manipuloimaan monipuolisesti pelaajien lukumäärällä sekä kentän koolla joukkueen tavoitteita mukailevaksi (Seiler & Sjursen 2004). Jos intensiteettiä halutaan muokata, tulee kentän kokoa ja pelaajien lukumäärää muuttaa (Rampinini ym. 2007). Hill-Haas ja kumppanit (2009) osoittivat, että 2 vs. 2 pienpeleissä vietetään korkealla intensiteetillä enemmän aikaa kuin 4 vs. 4 tai 6 vs. 6 pienpeleissä. Myös Athanasios & Eleftherios (2009) tulokset tukevat samaa havaintoa, sillä 3 vs. 3 pienpelit osoittautuivat intensiteetiltään suuremmiksi verrattuna 6 vs. 6 pienpeleihin. Toisin sanoen pelaajien lisääminen pienpeleihin laskee pelin intensiteettiä ja sitä kautta valitun työjakson fysiologisia vaatimuksia (Owen ym. 2004).

TAULUKKO 3. Tutkimukset, joissa on analysoitu pienpelien fysiologisia ja kinemaattisia ominaisuuksia hyödyntäen eri pelaajien lukumääriä ja kentän kokoja.

Tutkimus	Pelaajien lukumäärä (sis. maalivahdit)	Kentän koko	Työjakson kesto
Little & Williams (2007)	6v6	50 x 30 m	3 x 8 min
Owen ym. (2004)	4v4	30 x 25 m	3 x 5 min
Owen ym. (2004)	5v5	46 x 40 m	3 x 5 min
Owen ym. (2004)	6v6	54 x 45 m	3 x 5 min
Hilla-Haas, Dawson, Coutts & Roswell (2009)	4v4	40 x 30 m	24 min
Hilla-Haas, Dawson, Coutts & Roswell (2009)	6v6	49 x 37 m	24 min
Katis & Kellis (2009)	6v6	30 x 40 m	10 x 4 min

Rampinini ym. (2007) osoittivat, että myös kentän koolla on merkitystä pelaajien fysiologisiin vasteisiin pienpeleissä. He vertasivat 3 vs. 3, 4 vs. 4, 5 vs. 5 ja 6 vs. 6 pelejä eri kentän mittasuhteilla. Tulokset osoittivat, että sama harjoite pienemmällä kentällä oli intensiivisempi. Toisaalta myös valmentajien verbaalinen palaute pienpelien aikana nosti intensiteettiä merkittävästi. Havainnot ovat hyödyllisiä käytännön näkökulmasta, joita valmentajien tulisi pohtia suunniteltaessa harjoitteita. Taulukossa 3 on esitetty pienpeleissä käytettyjä kentän kokoja, pelaajien lukumääriä ja työjakson kestoja.

Owen ym. (2014) tarkasteli eri pelimuotojen liikkumis- ja teknistaktisia muuttujia. Tulokset osoittivat, että 4 vs. 4 pelimuodossa pelinopeus oli tilastollisesti merkitsevästi suurempaa verrattuna muihin pelimuotoihin. Toisaalta 5 vs. 5–8 vs. 8 pelimuodoissa korkean intensiteetin juoksut ja maksimaaliset juoksut olivat merkitsevästi suuremmassa osassa verrattuna 4 vs. 4 pelimuotoon. Taulukossa 4 on esitetty eri pelimuotojen liikkumismuuttujia ja niiden eroja (Owen ym. 2014).

TAULUKKO 4. Eri liikkumismuuttujia pienpeleissä (mukailtu Owen ym. 2014).

	4 vs 4	5 vs 5	6 vs. 6	7 vs. 7	8 vs. 8
Maksiminopeus (km/h)	22,6 ^{b,c,d,e}	20,6	21,4	23,2	22,9
Kävely (m)	534 ^{b,d}	650 ^a	620 ^d	738 ^{a,c,e}	618 ^d
Hölkä (m)	963	711 ^d	753 ^d	1012 ^{b,c}	805
Juoksu (m)	200	185 ^d	190 ^d	281 ^{b,c,e}	168 ^d
KI juoksu (m)	9 ^g	5 ^g	8 ^g	21	12
Maksimaalinen juoksu (m)	0	1	0	2	4
Kokonaismatka (m)	1709 ^d	1552 ^d	1570 ^d	2054 ^{a,b,c,e}	1606 ^d

Tilastollinen merkitsevyys verrattuna 4 vs 4^a; 5 vs. 5^b 6 vs. 6^c 7 vs. 7^d 8 vs. 8^e p < 0.05; KI juoksu, korkean intensiteetin juoksu.

Säännöt ovat myös keskeinen tekijä pienpeleissä, joita voidaan hyödyntää harjoitteen tavoitteen saavuttamisessa (Owen ym. 2014). Sääntöjen ja pelin rajoitteiden avulla pystytään toimintaa ohjaamaan haluttuun suuntaan (Owen ym. 2014). Yhtenä esimerkkinä voidaan pitää Mallon ja Navarron (2008) tutkimuksessa käytettyä sääntö, minkä tavoitteena oli pitää pallo oman joukkueen hallussa mahdollisimman kauan. Säännön myötä pelaajat saivat entistä enemmän kosketuksia palloon ja lyhyiden syöttöjen määrä lisääntyi.

Toisaalta myös työjakson pituudella voidaan vaikuttaa peliin (Owen ym. 2014). Hill-Haas ym. (2009) havaitsivat merkittävän eron intervallityylisissä- ja ilman taukoja toteutetuissa pienpeleissä. Intervallityylisissä pienpeleissä korkean intensiteetin juoksut lisääntyivät huomattavasti, joka mahdollistuu palautusjaksojen ansiosta (Hill-Haas ym. 2009).

5.3 Kuormituksen seuranta pieneleissä

Harjoituksen kuormituksen seuranta jalkapalloilijalle on keskeinen osa optimaaliseen suorituskykyyn tähtäävässä harjoittelussa (Hill-Haas ym. 2011). Kuormitusta voidaan seurata joko tarkastellen urheilijan sisäistä tai ulkoista kuormitusta (Hill-Haas ym. 2011). Jalkapallossa sisäistä kuormitusta tarkastellaan yleisesti sykkeen, laktaattikonsentraation tai koetun kuormituksen avulla (RPE) (Helgerud ym. 2007). Toisaalta ulkoista kuormitusta jalkapalloilijalta voidaan seurata pelaajan kuljetun kokonaismatkan, korkean intensiteetin juoksujen määrän ja/tai maksiminopeuden avulla (Helgerud ym. 2007).

Jalkapalloilijoiden sisäistä- ja ulkoista kuormitusta monitoroidaan useasti rintaan vyön tai liivien avulla asetettavilla GPS (global positioning system) laitteiden avulla. Laite mittaa monesti myös sykemuuttujia (HR). Vaikka GPS on lähtökohtaisesti hyvinkin kelvollinen menetelmä ulkoisen kuormituksen seurantaan, sillä on myös rajoitteita. GPS toimii satelliittien avulla, joten niiden määrä vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka tarkasti pelaajan liikkumista kentällä pystytään mittaamaan. Sen lisäksi sisätilat saattavat häiritä signaalia tai kun liikutaan suurella nopeudella yhteys satelliittiin GPS-laitteesta voi vaihdella, mikä johtaa virhesignaaleihin. Kuitenkin tarkimmillaan laitteet toimivat 10 Hz tarkkuudella ja ne on todettu luotettaviksi joukkuelajien ulkoisen kuorman seurannassa. (Scott ym. 2016)

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESEIT

Voima- ja plyometrinen harjoittelu on tutkittu valtavasti sekä kuntoilijoilla että urheilijoilla (Ramirez-Campillo ym. 2016; Chelly ym. 2009; Silva ym. 2015; Haff & Nimphius 2012), mutta plyometrisen- ja voimaharjoittelun vaikutuksia pelissä tapahtuviin liikkumismuutuksiin jalkapalloilijoilla on tutkittu vähemmän. Koska plyometrisella- ja voimaharjoittelulla on osoitettu aiemman tutkimuskirjallisuuden mukaan olevan positiivinen vaikutus suorituskykyyn (Manouras ym. 2016; Ramirez-Campillo ym. 2016), olisi hyödyllistä myös tutkia, onko sillä siirtovaikutusta pelaamiseen. Jalkapalloilijan harjoittelun tavoite on kuitenkin loppujen lopuksi tärkeintä suoritua kentällä entistä paremmin. Näin ollen tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia yhdistetyn voimaharjoitteluintervention (voima ja plyometrinen harjoittelu) vaikutuksia nuorten jalkapalloilijoiden ponnistusvoimaan, alaraajojen maksimaaliseen voimantuottoon sekä liikkumismuutuksiin (kiihdytykset, jarrutukset, kokonaismatka ja keskinopeus) 6 vs. 6 pienpeleissä.

***Tutkimuskysymys 1:** Kehittääkö 6 viikon yhdistetty voima- ja plyometrinen harjoittelu pelaajien ponnistusvoimaa ja alaraajojen maksimaalista voimantuottoa U16 jalkapalloilijoilla?*

***Hypoteesi:** Kyllä.*

Aiempi tutkimuskirjallisuus tukee erityisesti sitä, että voima- ja plyometrisella harjoittelulla on positiivinen vaikutus jalkapalloilijoiden voimantuottoon sekä vertikaalihyppyihin (Ramirez-Campillo ym. 2016; Chelly ym. 2009; Silva ym. 2015; Haff & Nimphius 2012). Eräät tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että 6-viikon yhdistetyllä voima- ja plyometrisella harjoittelulla ei olla ehditty saamaan merkittäviä vaikutuksia nopeuteen tai vertikaalihyppyihin U17 jalkapalloilijoilla (Thomas & Hayes 2009). On toisaalta myös näyttöä siitä, että 6-viikon plyometrisella harjoittelulla on ehditty saamaan positiivisia vaikutuksia ponnistusvoimaan vanhemmilla U23 ja U20 jalkapalloilijoilla (Ramirez-Campillo ym. 2016). Näin ollen, hypoteesina pidetään, että valitulla interventiolla olisi positiivinen vaikutus erityisesti voimantuottoon ja mahdollisesti myös ponnistusvoimaan.

Tutkimuskysymys 2: Kehittääkö 6 viikon yhdistetty voima- ja plyometrinen harjoittelu pelaajien pelinaikaisia jarrutuksia, kiihdytyksiä, keskinopeutta ja kokonaismatkaa 6 vs. 6 pienpeleissä U16 jalkapalloilijoilla?

Hypoteesi: Ei.

Vaikka yhdistetty voima- ja plyometrinen harjoittelu näyttäisi vaikuttavan positiivisesti jalkapalloilijoiden suorituskykyyn kuten suunnanmuutoksiin (Cormier 2020), nopeuteen (Chamari ym. 2004) ja voimantuottoon (Chelly ym. 2009), ei nämä parametrit näy välttämättä avoimen ympäristön 6 vs. 6 peleissä. Tutkijoiden tietoon ei ole tullut täysin vastaavanlaista koeasetelmaa, missä tarkasteltaisiin suorituskyvyn vaikutusta pienpelin liikkumismuuttujiin U16 jalkapalloilijoilla, joten luotettavan hypoteesin tekeminen on haastavaa. Toisaalta kun tarkastellaan eri pallopelejä, voidaan argumentoida, että pelaaja on jatkuvasti muuttuvassa ja ennalta arvaamattomassa suoritusympäristössä vastustajan liikkeen, pelivälineen tai pelitilanteen vuoksi (Raiola & Domenico 2021). Tästä syystä avoimen ympäristön pallopeleissä ulkoisia muuttujia liikkeen suorittamiseksi on kognitiivisten ominaisuuksien vuoksi monia (Holmberg 2009; Gillet ym. 2010). Ei siis ole perusteltua olettaa, että suorituskyvyn parantuessa myös avoimen ympäristön 6 vs. 6 jalkapallopelissä liikkumismuuttujat kehittyvät.

7 MENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin yhdistetyn voima- ja plyometrisen harjoittelun vaikutuksia U16 pelaajien suorituskykyyn ja 6 vs. 6 pelien liikkumismuuttujiin. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja tutkittavilta vaadittiin kirjallinen suostumus. Tutkittavat jatkoivat normaalia kauteen valmistavaa jalkapalloharjoittelua tutkimuksen aikana. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan suorituskykyä lajinomaisilla kenttätesteillä, mitkä toteutettiin ennen- ja jälkeen intervention.

7.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui 12 tavoitteellisesti harjoittelevia U16 ikäisiä jalkapalloilijoita (ikä: 15.7 ± 0.3 , paino: 67.1 ± 3.5 kg, pituus: 178.7 ± 4.5 cm, Body Mass Index 21.4 ± 0.8 kg/m²) kahdesta eri joukkueesta, jotka kilpailevat korkeinta tai toiseksi korkeinta sarjatasoa Palloliiton U16 sarjoissa. Toinen joukkue valittiin interventioryhmäksi, joka teki kahdesti viikossa voima- ja plyometrista harjoittelua 6 viikon ajan. Interventioryhmä pelasi Suomen Palloliiton U16 korkeinta sarjatasoa. Toinen ryhmä valittiin kontrolliryhmäksi, joka jatkoi heille aiemmasta harjoittelusta tuttua voimaharjoittelua 6 viikon ajan. Kontrolliryhmä pelasi Suomen Palloliiton U16 toiseksi korkeinta sarjatasoa. Molemmilla ryhmillä oli jalkapalloharjoituksia vähintään kolme kertaa viikossa sekä kolme harjoitusottelua kuuden viikon intervention aikana. Ryhmillä oli vähintään yhden vuoden kokemus fyysisen suorituskyvyn kehittämiseen tähtäävästä voima- ja plyometrisesta harjoittelusta lajiharjoittelun ohella. Ennen interventiojaksoa ohjelmat käytiin huolellisesti tutkimukseen osallistuvien ja joukkueen valmentajien kanssa läpi.

Tärkeimpänä poissulkukriteerinä pidettiin sitä, ettei tutkimukseen osallistuvalla ollut diagnosoituja vakavia sydän-, hengitys- tai verenkiertoelimistön sairauksia. Lisäksi myös tutkimusta edeltävän puolen vuoden aikana tapahtuneet tuki- ja liikuntaelimistön vammat tarkasteltiin tapauskohtaisesti ennen aloittamista. Mikäli vammoja tai muita ongelmia ilmeni, keskusteltiin niistä tutkittavan kanssa. Lopullisen päätöksen tutkimukseen osallistumisesta tai jatkamisesta tekivät tutkijat ja tutkittava eettisen suunnitelman mukaisesti, mikä hyväksyttiin Jyväskylän Yliopiston Eettiseltä toimikunnalta.

7.2 Tutkimuksen vaiheet

Ennen alkumittauksia vapaaehtoisille ja tutkimuksesta kiinnostuneille pelaajille järjestettiin tapahtuma, missä esitettiin tutkimussuunnitelma, arvio tutkimuksen eettisyydestä, aineistonhallintasuunnitelma ja tietosuojailmoitus. Jos pelaaja oli halukas osallistumaan tutkimukseen, täyttivät he esitietolomakkeen ja allekirjoittivat suostumuslomakkeen.

Ennen tutkimukseen osallistumista tutkittaville selvitettiin tarkkaan tutkimuksen tavoitteet, riskit sekä projektissa käytettävät testimenetelmät. Tutkittaville tehtiin selväksi myös, että osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja he voivat kieltäytyä mistä tahansa testistä tai harjoituksesta. Pelaajille tuotiin myös esille, että tutkimukseen osallistuminen, sen keskeyttäminen tai siitä pois jättäytyminen eivät vaikuta millään lailla rekrytoitavien asemaan yhteisössään.

Interventio toteutettiin harjoituskaudella marraskuu-joulukuu ennen kauden alkua. Interventio kesti 6 viikkoa. Tutkittavat testattiin ennen ja jälkeen intervention. Interventioryhmään alokoitiin yhteensä 10 pelaajaa ja kontrolliryhmään 11 pelaajaa. Kuitenkin tutkimuksen aikana osa pelaajista vaihtoi seuraa, loukkaantui, ei pystynyt osallistumaan lopputesteihin tai ei määrittelemättömän syyn vuoksi toteuttanut harjoitusohjelmaa. Näin ollen sekä interventio- että kontrolliryhmän määrä laski tutkimuksen aikana. Tämä huomioitiin tilastollisessa analyysissä. Loppujen lopuksi tilastollisessa analyysissä interventioryhmässä oli 6 ja kontrolliryhmässä 6 (pienpeleissä 5).

7.3 Harjoitusohjelma

Ennen alkumittauksia ja interventiota varmistettiin, että testiliikkeet ja harjoitusohjelmaan valittavat liikkeet olivat tuttuja. Molemmilla ryhmillä oli jalkapalloharjoitukset vähintään kolme kertaa viikossa. Voima (kontrolliryhmä) tai voima- ja plyometrinen harjoittelu (interventioryhmä) toteutettiin kerran viikossa jalkapalloharjoituksen ohella ja kerran viikossa omana harjoituksenaan. Tutkittavat suorittavat aina perusteellisen 20 minuuttia kestävästä lämmittelyn ennen voimaharjoituksen toteutusta. Menetelmänä sovellettiin FIFA + 11 lämmittelyä (FIFA 2011). Harjoitusten välillä palautusta oli vähintään 48 tuntia. Interventioryhmän harjoitusohjelma koostui nousujohteisesta kompleksiharjoittelusta.

Interventioryhmän suorittama harjoitus 1:n voima- ja plyometrisen harjoituksen liikkeet, sarja- ja toistomäärät on esitetty taulukossa 5. ja harjoitus 2:n taulukossa 6. Harjoitusohjelmassa liikkeitä oli maastaveto trap-bar tangolla, sivukyykky käsipainoilla, lantionnosto painonnostotangolla, romanialainen maastaveto painonnostotangolla ja pohjenousut Smith-laitteessa. Voimaharjoittelun nousujohteisuus perustui volyymin ja intensiteetin nostoon. Plyometrinen harjoittelu koostui kehonpainolla tehtävistä boksihypystä, luisteluloikista, vauhdittomasta pituudesta, yhden jalan horisontaalisista hypystä ja jännehypystä. Plyometrinen harjoittelu perustui intensiteetin nostoon. Kontrolliryhmä jatkoi aiemmasta tuttua voimaharjoittelua ilman tarkasti ohjeistettua nousujohteisuutta.

Plyometrinen liike mukaili edellisen voimaliikkeen liikemallia, voimantuottosuuntaa ja käytettyjä nivelkulmia. Toisin sanoen ensimmäisenä toteutettiin 3–4 sarjaa voimaliikettä, minkä jälkeen 3–4 sarjaa liikemallia ja voimantuottosuuntaa mukaileva plyometrinen tai ballistista nopeaa voimantuottoa sisältävä liike. Voimaliikkeiden välissä pidettiin kolmen minuutin palautus. Sarjan jälkeen yhtäjaksoista palautusta pidettiin vähintään kolmen minuutin ajan ennen kuin siirryttiin plyometriseen osuuteen. Plyometrisessä harjoittelussa sarjapalautus oli vähintään kolmen minuuttia. Harjoitusohjelma suoritettiin seuran omassa harjoitushallissa, missä oli asianmukaiset välineet ohjelman läpivientiin. Tutkittavat pitivät valmentajan ohjeistuksen mukaista Microsoft Excel muotoista harjoituspäiväkirjaa sarjoista, toistoista, kuormasta ja RPE:stä.

TAULUKKO 5. Interventioryhmän viikon ensimmäisen voima- ja plyometrisen harjoituksen liikkeet, sarjat ja toistot.

Intervention vaiheet	Trap-bar maastaveto & boksihyppy	Sivukyykky & Luisteluhyppy	Lantionnosto & tasajalkahyppy
Viikko 1	3x8 & 3x3	3x4+4 & 3x3+3	3x8 & 3x3
Viikko 2	3x6 & 3x4	3x3+3 & 3x4+4	3x6 & 3x4
Viikko 3	4x6 & 4x4	4x3+3 & 4x4+4	4x6 & 4x4
Viikko 4	4x4 & 3x5	3x2+2 & 3x4+4	4x5 & 3x5
Viikko 5	4x3 & 3x5	4x2+2 & 3x4+4	4x3 & 3x5
Viikko 6	3x3 & 3x4	3x2+2 & 3x2+2	3x3 & 3x4

sarjamäärä x toistomäärä sarjaa kohden.

TAULUKKO 6. Interventioryhmän viikon toisen voima- ja plyometrisen harjoituksen liikkeet, sarjat ja toistot.

Intervention vaiheet	Trap-bar-maastaveto & boksihyppy	Romanialainen maastaveto & YJH	Pohjenousu & jännehyppy
Viikko 1	3x8 & 3x3	3x8 & 3x3+3	3x8 & 3x6
Viikko 2	3x6 & 3x4	3x6 & 3x4+4	3x6 & 3x8
Viikko 3	4x6 & 4x4	4x6 & 4x4+4	4x6 & 4x8
Viikko 4	4x4 & 3x5	4x4 & 3x4+4	4x4 & 3x8
Viikko 5	4x3 & 3x5	4x3 & 3x4+4	4x3 & 3x10
Viikko 6	3x3 & 3x4	3x3 & 3x2+2	3x3 & 3x6

sarjamäärä x toistomäärä sarjaa kohden; yhden jalan horisontaalinen hyppy, YJH.

Kontrolliryhmän voimaharjoittelun harjoitusfrekvenssi ja liikkeet olivat samat. Kontrolliryhmän harjoitus 1:n voimaharjoituksen liikkeet, sarjat ja toistomäärät on esitetty taulukossa 7. ja 8. Jos tutkittavalta jäi jokin harjoituskerta tekemättä, harjoitus toteutettiin mahdollisuuksien mukaan omatoimisesti samana päivänä tai saman viikon toisena päivänä. Jos harjoitus toteutettiin saman viikon toisena päivänä, konsultoitiin tutkijoita ja pohdittiin tutkittavan kanssa harjoituskuormituksen hallintaa ja valloilla olevia olosuhteita laadukkaan harjoituksen tekemiseen. Harjoituksia valvoi vähintään yksi ammattivalmentaja tai tutkija pois lukien omatoimiset harjoitukset.

TAULUKKO 7. Kontrolliryhmän 1:n voimaharjoituksen liikkeet, sarjat ja toistot.

Intervention vaiheet	Trap-bar-maastaveto	Sivukyykky	Lantionnosto
Viikko 1	3x6-8	3x4+4	3x6-8
Viikko 2	3x6-8	3x4+4	3x6-8
Viikko 3	3x6-8	3x4+4	3x6-8
Viikko 4	3x6-8	3x4+4	3x6-8
Viikko 5	3x6-8	3x4+4	3x6-8
Viikko 6	3x6-8	3x4+4	3x6-8

sarjamäärä x toistomäärä sarjaa kohden.

TAULUKKO 8. Kontrolliryhmän 2:n voimaharjoituksen liikkeet, sarjat ja toistot.

Intervention vaiheet	Trap-bar-maastaveto	Romanialainen maastaveto	Pohjenousu
Viikko 1	3x6-8	3x6-8	3x6-8
Viikko 2	3x6-8	3x6-8	3x6-8
Viikko 3	3x6-8	3x6-8	3x6-8
Viikko 4	3x6-8	3x6-8	3x6-8
Viikko 5	3x6-8	3x6-8	3x6-8
Viikko 6	3x6-8	3x6-8	3x6-8

sarjamäärä x toistomäärä sarjaa kohden.

Molempien ryhmien osalta voimaharjoittelun pääpaino oli neuraalisessa maksimivoimaharjoittelussa, missä intensiteetti oli 80–100 % ykkösmaksimista. Tutkittaville ei määritetty tarkkaa kuormaa voimaliikkeisiin, sillä harjoitusohjelmassa olevien liikkeiden luotettavaa toistomaksimia ei ollut määritetty. Pelaajat kuitenkin täyttivät harjoituspäiväkirjaa antaen subjektiivisen arvion (RPE) jokaisen sarjan kuormittavuudesta. RPE-asteikkona käytettiin 1–10. Ohjeistus oli, että kunkin liikkeen subjektiivinen kuormittavuus pysyisi 7:n ja 9:n välillä. Mikäli arvioitu kuormittavuus jäi alle 7:n, lisättiin kuormitusta. Toisaalta, jos arvio ylitti 9:n, sarja vietiin uupumukseen ja täten kuormaa tuli seuraavaan sarjaan vähentää. RPE dokumentoitiin harjoituspäiväkirjaan.

7.4 Testimenetelmät

Kaikki testit toteutettiin seuran omassa harjoitushallissa. Voima- ja hyppytestit suoritettiin harjoitushallin kuntosalilla ja pienpelit harjoitushallin tekonurmella. Ennen testejä sovellettiin FIFA + 11 lämmittelymenetelmää (FIFA 2011). Alku- ja loppumittaukset suoritettiin kahtena eri päivänä. Tutkimuksen alku- ja loppumittaukset suoritettiin samaan aikaan päivästä. Tutkittaville annettiin ohjeistukseksi välttää raskasta fyysistä aktiivisuutta ennen testejä.

Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Jyväskylän yliopiston valmennus- ja testausopin Pro Gradu- ja liikuntafysiologian kandidaatin tutkielmaa. Suorituskykyä mitattiin vertikaalihypyillä (esikevennys- ja staattinen hyppy), nopeustesteillä (5- ja 10 metrin juoksutesti), suunnanmuutostestillä (T-testi), voimatesteillä (3 RM maastaveto trap-bar tangolla), 6 vs. 6

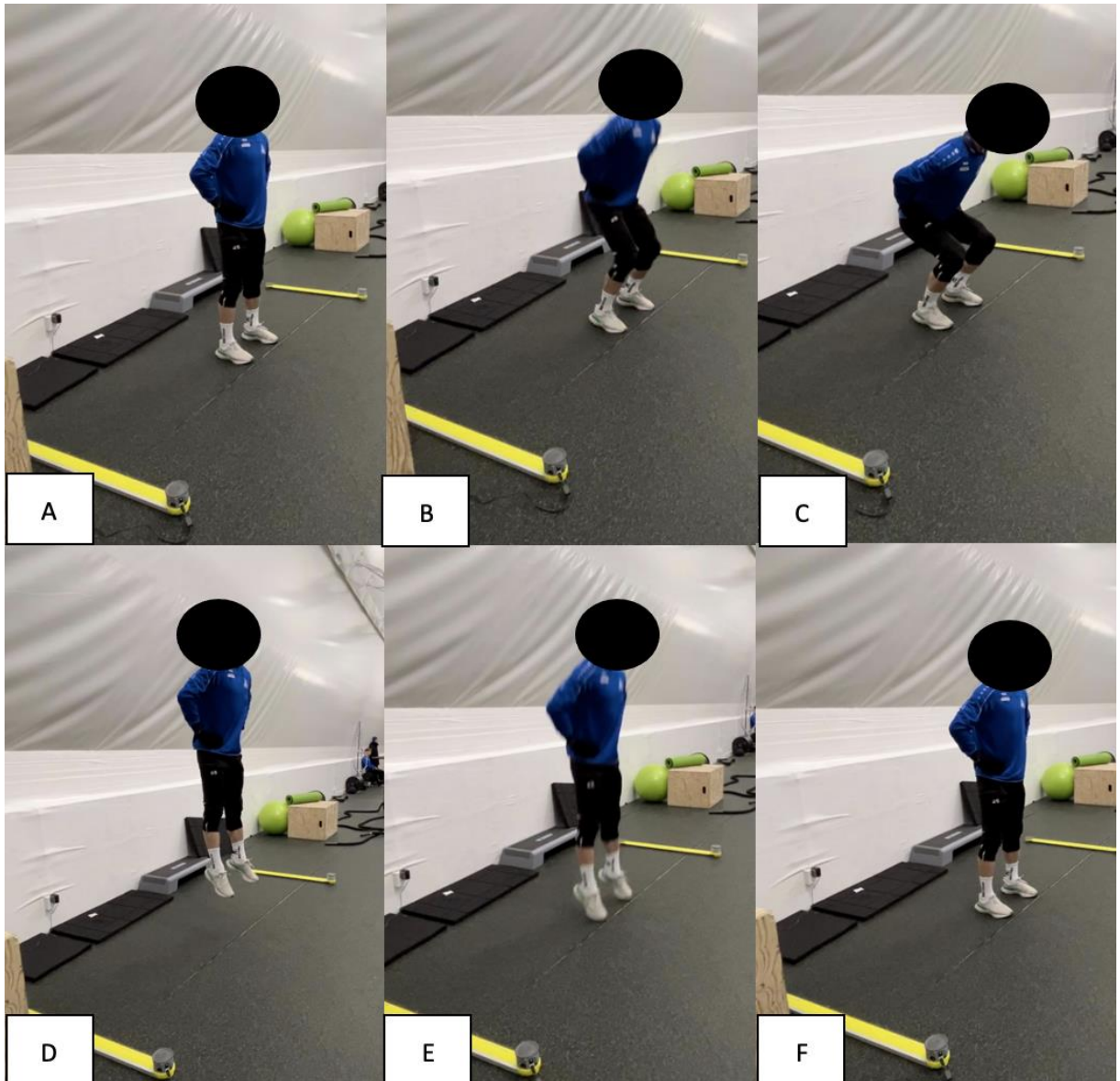
peleillä (4 x 4 min 3 min palautuksella), nopeuskestävyystestillä (RSA) ja MAS testillä (Bronco-testi). Testit toteutettiin kahtena päivänä edellä esitetyssä järjestyksessä siten, että 6 vs. 6 pelit, RSA- ja MAS testi tehtiin seuraavana päivänä.

Tässä tutkimuksessa mittauksissa hyödynnettiin esikevennys- (EKH) ja staattista hyppyä (SH) mittaamaan alavartalon maksimaalista tehontuottoa, trap-bar tangolla tehtävää maastavetoa mittaamaan alaraajojen maksimaalista voimantuottoa ja 6 vs. 6 pelejä mittaamaan pelaajien jarrutuksia, kiihdytyksiä, kokonaismatkaa ja keskinopeutta.

7.4.1 Esikevennys- ja staattinen hyppy

Ennen mittauksia tutkittaville kerrattiin asianmukainen EKH:n ja SH:n suoritustekniikka (kuva 4). EKH:ssa ohjeistettiin pudottautumaan mahdollisimman nopeasti 90 asteen polvikulmaan, mistä mahdollisimman nopea ja maksimaalinen ponnistus ylös. SH:ssa ohjeistettiin pudottautumaan rauhallisesti 90 asteen polvikulmaan ja pysymään asennossa kolmen sekunnin ajan, mistä maksimaalinen ponnistus ilmaan ilman esikevennystä.

Kaikki hypyt suoritettiin kädet lanteilla. Ennen suorituksia tehtiin 3–5 submaksimaalista hyppyä, jotta tutkijat pystyivät varmistamaan tutkittavien riittävän hyvän suoritustekniikan. Jokainen testattava sai kolme yritystä per hyppy ja yritysten välissä vähintään 3 minuutin palautus. Jos kolmas yritys oli paras, sai testattava uuden yrityksen siihen asti, kunnes tulos ei enää parantunut.



KUVA 4. Esikevennyshypyn vaiheet: (A) aloitusasento; (B) alasmenvaiheen alku; (C) 90 asteen polvikulma ala-asennossa; (D) maksimaalinen hyppy; (E) alastulo; (F) loppuasento. Staattisen hypyn vaiheet: (A) aloitusasento; (B) alasmenvaiheen alku; (C) 90 asteen polvikulma, missä 3 sekunnin pito; (D) maksimaalinen hyppy; (E) alastulo; (F) loppuasento.

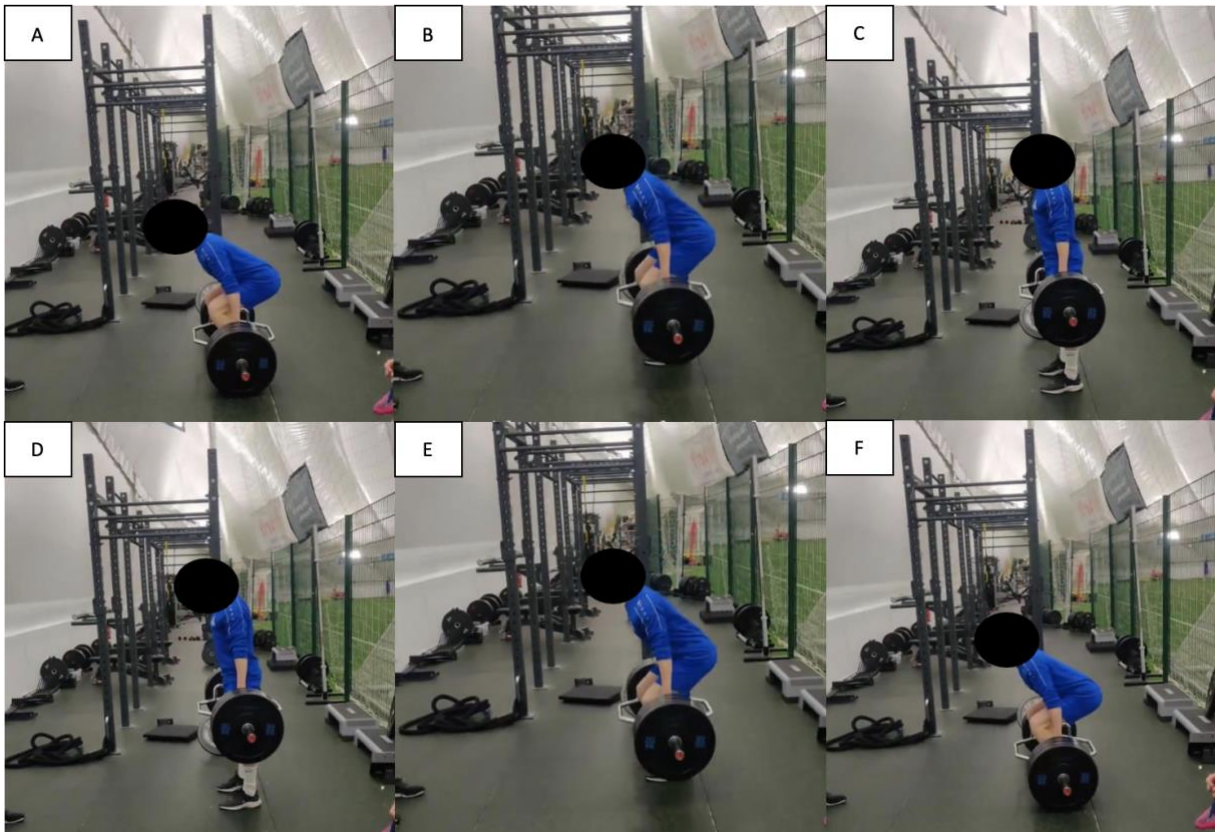
Jokainen suoritus näkyi automaattisesti OptoJump (MicroGate) (kuva 5) valokenno järjestelmän tietokoneeseen etukäteen ladatussa ohjelmassa. Hyppyt kuitenkin dokumentoitiin manuaalisesti, jotta pystyttiin välttämään tietosuojaan liittyvät mahdolliset riskitekijät.



KUVA 5. MicroGate OptoJump valokennot (Microgate).

7.4.2 Maastaveto trap tangolla arvioitu yhden toistomaksimi

Alaraajojen maksimaalista voimantuottoa mitattiin maastavedolla trap tangolla 1–3 toistomaksimilla (RM). Testi suoritettiin vertikaalihypyjen, toisen Pro Gradu tutkimukseen liittyvien mittausten eli 5- ja 10 metrin juoksujen ja suunnanmuutostestin (T-testi) jälkeen. Pelaajilla oli aikaisempaa kokemusta trap-bar maastavedosta, mutta osa pelaajista ei ollut suorittanut 1–3 toistomaksimi testejä aiemmin. Kuormaa lisättiin nousujohteisesti siten, että pelaajat tekivät alkuun 1–2 sarjaa 5–10 toiston lähestymissarjoja 40–60 % kuormalla arvioidusta kolmen toistomaksimista. 1–2 sarjaa viiden toiston lähestymissarjaa 60–80 % arvioidusta kolmen toistomaksimista. Tämän jälkeen tavoitteena oli 3–5 yrityksen jälkeen saavuttaa mahdollisimman luotettava 1–3 toistomaksimi. Palautusaika suoritusten välillä pidettiin vähintään neljä minuuttia. Tulokseksi dokumentoitiin yhden toistomaksimi tulos, sekä mahdolliset kahden- ja kolmen toistomaksimi tulokset. Jälkikäteen kahden- ja kolmen toistomaksimi tulokset muutettiin arvioiduksi yhden toistomaksimi tulokseksi (2 RM 95 % ja 1 RM 90 %).



KUVA 6. Trap-bar maastavedon vaiheet: (A) alkuasento; (B) ylösmenovaiheen aloitus; (C) ylösmenovaiheen loppu; (D) alasmenovaiheen alku; (E) alastulo; (F) loppuasento.

7.4.3 Pienpelit

Pienpelimitaukset suoritettiin mukailien Impellizzzerri ym. (2016) luomaa protokollaa. Pelit toteutettiin 6 vs. 6 4 x 4 minuuttia kolmen minuutin palautuksella. Kentän koko oli 50 x 44 metriä, joten pelaaja-alue suhde 1:183 (Owen 2004) ja maalien koko 7,32 x 2,44 metriä. Koska 6 vs. 6 pelien kentän koko oli lähes puolet normaalista kentän koosta, oli myös maalivahdin alue puolet normaalista eli 8 m x 20 m.

Pelin aikana mitattiin liikkumismuuttujat (jarrutukset, kiihdytykset, kokonaismatka ja keskinopeus). Mittausmenetelmänä käytettiin Polar Team Pro- järjestelmää, mikä toimii rintaan asetettavalla anturilla, jossa on 10 Hz GPS, 200 Hz kiihtyvyyssanturi, gryoskooppi, kompassi ja 1 Hz sykeanturi. Mittaukset suoritettiin jalkapallohallissa, missä alustana oli tekonurmi. Kuten tiedetään, sisätilat saattavat häiritä signaalia tai kun liikutaan suurella nopeudella yhteys satelliittiin GPS-laitteesta voi vaihdella, mikä johtaa virhesignaaleihin (Scott ym. 2016). Täten

laitteet kalibroitiin asianmukaisesti ennen alku- ja loppumittauksia kyseisessä hallissa. Mittausvirheitä ei kalibroinnin aikana havaittu.

Pelien aikana sovellettiin normaaleja jalkapallosääntöjä kuitenkin siten, että maalivahteja oli entuudestaan ohjeistettu avaamaan peli heti, kun pallo menee vastustajan kautta yli sivu- tai päätyrajasta. Täten maalivahdeilla oli reilusti palloja maalissa, jotta välttyttiin odottelulta. Maalin tehnyt joukkue sai käynnistää uuden pelin omalta maaliltaan välittömästi sekä pelaajia kannustettiin pelaamaan mahdollisimman korkealla intensiteetillä läpi pelien.



KUVA 7. Polar Team Pro -järjestelmä (Polar 2023).

7.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastollinen analyysi toteutettiin IBM SPSS statistics 28 järjestelmällä. Tässä työssä kaikki aineisto on esitetty keskiarvoina ja keskihajontana (mean +/- SD). Aineiston normaalijakauma todennettiin Shapiro-Wilk menetelmällä. Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin Levene testillä.

Ryhmän sisäisiä tilastollisia muutoksia tarkasteltiin hyödyntämällä ANOVAN kaksisuuntaista toistettujen mittausten varianssianalyysiä Bonferroni korjauksella. Ryhmien välisiä tilastollisia eroja tarkasteltiin samalla menetelmällä, mutta ryhmiä verraten. P arvo asetettiin jokaisessa testissä $p < 0.05$.

8 TULOKSET

Taulukossa 9. on esitetty ryhmien ikä, pituus, paino ja painoindeksi (BMI).

TAULUKKO 9. Tutkittavien antropometriset ominaisuudet (keskiarvo \pm SD).

	Kaikki (n=12)	Kontrolli (n=6)	Interventio (n=6)
Ikä	15.7 \pm 0.3	15.7 \pm 0.2	15.7 \pm 0.3
Pituus (cm)	181.6 \pm 4.5	182.5 \pm 6.0	180.7 \pm 2.4
Paino (kg)	71.2 \pm 4.2	69.6 \pm 5.0	71.1 \pm 3.2
BMI (kg/m ²)	21.4 \pm 0.8	20.9 \pm 0.6	21.8 \pm 0.8

BMI, body mass index.

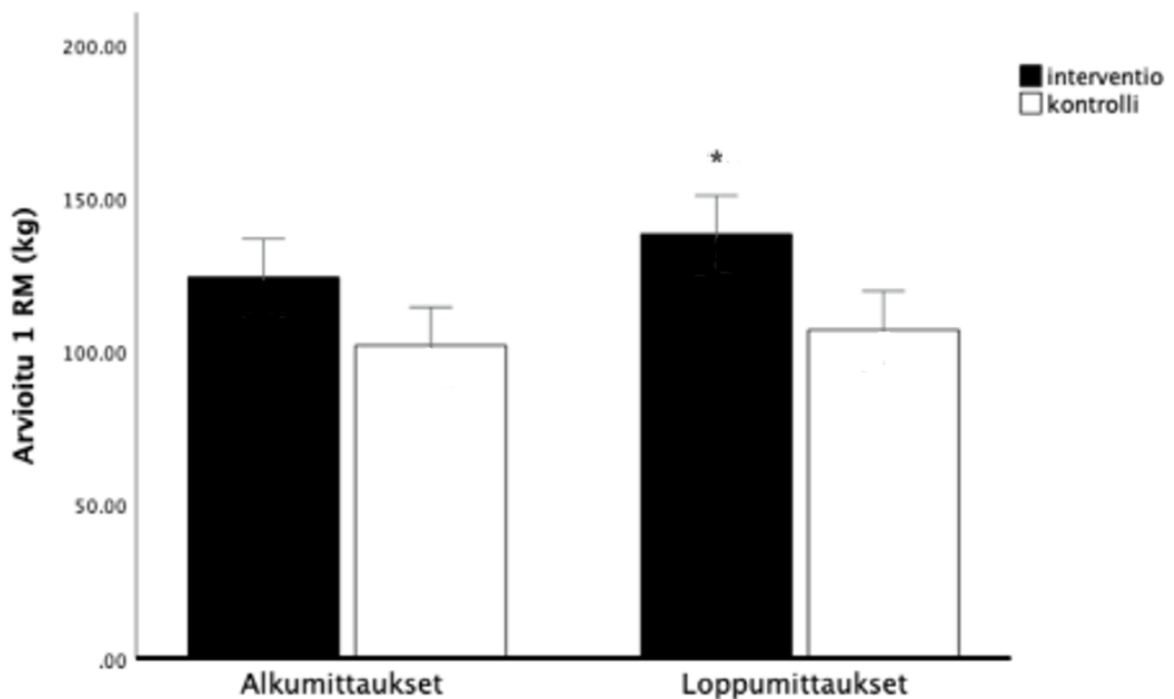
8.1 Voima- ja vertikaalihyppyjen tulokset

Esikevennys- ja staattisessa hypyssä ei ryhmien sisäisiä eikä välisiä tilastollisia muutoksia havaittu. Interventioryhmän sisäinen muutos alkumittauksista loppumittauksiin 1 RM maastavedossa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevänä muutoksena ($p=0.001$), prosentuaalisen eron ollessa ~ 11.3 %. Myös ryhmien välinen ero alkumittauksissa oli tilastollisesti merkitsevää ($p=0.019$), prosentuaalisen eron ollessa $\sim 17,8$ %. Ryhmien välinen ero loppumittauksissa oli erittäin merkitsevää ($p=0.003$), prosentuaalisen eron ollessa ~ 22.5 %. Taulukossa 10 on esitetty ryhmien sisäiset ja väliset muutokset suorituskyvyssä. Kuvassa 8 on esitetty voimantuoton muutokset ryhmien sisällä.

TAULUKKO 10. Voima- ja vertikaalihyppyjen alku- ja loppumittaukset (keskiarvo \pm SD).

	Alkumittaukset			Loppumittaukset		
	Kaikki (n=12)	Interventio (n=6)	Kontrolli (n=6)	Kaikki (n=12)	Interventio (n=6)	Kontrolli (n=6)
EKH (cm)	36.3 \pm 4.2	36.6 \pm 4.8	36 \pm 3.8	35.6 \pm 4.7	36.5 \pm 5.4	34.6 \pm 4.1
SH (cm)	34.2 \pm 4.4	35.1 \pm 4.1	33.3 \pm 4.8	33.2 \pm 4.5	34.1 \pm 5.4	32.2 \pm 3.5
Arvioitu 1 RM (kg)	113.3 \pm 17.5	124.4 \pm 18.4 [#]	102.2 \pm 6.0 [#]	122.8 \pm 21.0	138.3 \pm 17.2 ^{*##}	107.2 \pm 9.7 ^{*##}

*= tilastollisesti erittäin merkitsevä muutos ($p<0.001$) ryhmän sisällä; #= tilastollisesti merkitsevä ero ($p<.05$) ryhmien välillä; ## = tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ($p<.005$) ryhmien välillä; EKH, esikevennyshyppy; SH, staattinen hyppy; Arvioitu 1 RM, arvioitu yhden toistomaksimi.



KUVA 8. Interventio- ja kontrolliryhmän arvioitu trapbar maastavedon yhden toistomaksimin keskiarvot alku- ja loppumittauksissa; * = $p < .001$ tilastollisesti erittäin merkitsevä ryhmien sisäinen ero mittausajankohtien välillä; RM, toistomaksimi; kg, kilogramma. Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa.

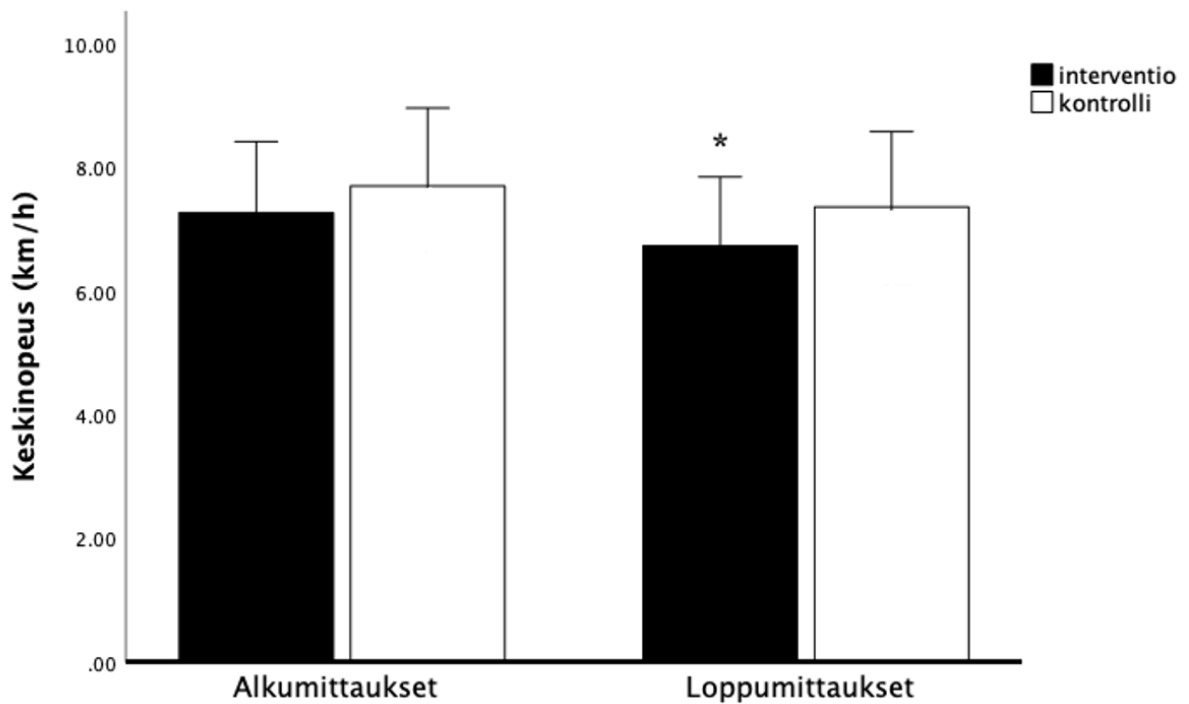
8.2 6 vs. 6 pelien liikkumismuuttujien tulokset

Liikkumismuuttujissa ei ryhmien sisäisiä tai välisiä tilastollisia muutoksia havaittu keskinopeutta lukuun ottamatta. Keskinopeus laski interventioryhmällä merkitsevästi ($p=.025$). Liikkumismuuttujat on esitetty taulukossa 11 ja keskinopeuden muutos kuvassa 9.

TAULUKKO 11. 6vs.6 pelien liikkumismuuttujat alku- ja loppumittauksissa (keskiarvo \pm SD).

	Alkumittaukset			Loppumittaukset		
	Kaikki (n=11)	Interventio (n=5)	Kontrolli (n=6)	Kaikki (n=11)	Interventio (n=5)	Kontrolli (n=6)
Jarrutukset (-1 > m/s ²)	28.5 \pm 3.7	27.4 \pm 3.9	29.7 \pm 3.3	26.3 \pm 3	25.7 \pm 2.6	27.1 \pm 3.7
Kiihdytykset (-1 > m/s ²)	26.7 \pm 3.5	26.4 \pm 4.1	27.1 \pm 2.9	26.1 \pm 2.8	25.8 \pm 3	26.5 \pm 2.7
Keskinopeus (km/h)	7.5 \pm 1.2	7.3 \pm 1.6	7.7 \pm 0.6	7 \pm 1.2	6.7 \pm 1.5*	7.4 \pm 0.6
Kokonaismatka (m)	487.8 \pm 78.4	474 \pm 102.5	504 \pm 40.3	473.1 \pm 82.9	453.8 \pm 105.7	496.2 \pm 44.7

*= tilastollisesti merkitsevä muutos (p<0.05) ryhmän sisällä



KUVA 9. Interventio- ja kontrolliryhmän pienpelien aikainen keskinopeuden keskiarvo alku- ja loppumittauksissa; km/h, nopeuden mittayksikkö kilometriä tunnissa. Arvot ovat keskiarvoja, hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. * p < .05 tilastollisesti merkitsevä ryhmien sisäinen ero mittausajankohtien välillä.

Interventioryhmän pienpelien aikainen keskinopeuden keskiarvo laski alkumittauksista loppumittauksiin ~ 7.3 %. Kontrolliryhmän pienpelien aikainen keskinopeuden keskiarvo alkumittauksista loppumittauksiin ei ole tilastollisesti merkitsevää.

9 POHDINTA

Lajiharjoittelun ohella toteutettu 6 viikon voima- ja plyometrinen harjoittelu paransi pelaajien yhden toistomaksimin maastavetoa trap-bar tangolla ja ylläpiti esikevennys- ja staattista hyppyä. Näin ollen tutkimuskysymys 1:n hypoteesi osoittautui voimantuoton tarkastelun mukaan todeksi. Tosin ponnistusvoiman kohdalla hypoteesi ei toteutunut. Tutkimuskysymys 2:n hypoteesi osoittautui todeksi. Pienpelin aikaisissa jarrutuksissa, kiihdytyksissä ja kuljetussa kokonaismatkassa ei havaittu muutosta alkumittauksista loppumittauksiin.

9.1 Suorituskykytestit

Interventio sisälsi nousujohteisen harjoitusohjelman perustuen volyymin ja intensiteetin manipulaatioon. Nousujohteisuus voidaan saavuttaa joko lisäämällä liikuteltavaa massaa eli ulkoista kuormitusta, lisäämällä suorituksen liikenopeutta, muokkaamalla toistoja, sarjoja tai harjoitusfrekvenssiä (Newtown & Kreamer 1994; Kreamer ym. 2002). Kontrolliryhmä teki samoja voimaharjoitteluliikkeitä, mutta ilman nousujohteisuutta ja plyometriä osuutta.

Ryhmien välillä ei pituudessa ja painossa ollut merkittävää eroa, joten antropometriset ominaisuudet ryhmien välillä ei poikenneet. Olisikin voinut olettaa, että kehitystä kontrolliryhmälle olisi tullut enemmän, sillä on yleisesti hyväksytty, että erityisesti vähäisen harjoitustaustan omaavien voimaharjoittelun ei tarvitse olla yhtä tavoitespesifiä kuin heidän, joilla harjoitustaustaa on enemmän (Latella ym. 2019). Erään meta-analyysin (Rhea ym. 2003) mukaan, harjoitusvasteet vaihtelevat riippuen harjoitustaustasta. Näin ollen tulos viittaakin siihen, että nousujohteisuus voimaharjoittelussa on toiminut ja onnistunut lisäämään pelaajille lisää voimantuottoa verrattuna kontrolliryhmään. Nousujohteisuutta pidetäänkin yhtenä voimaharjoittelun tärkeimpinä tukipilareina (Rhea ym. 2003; Peterson ym. 2004), joten kyseinen tulos mukailee aiempaa tutkimuskirjallisuutta.

Voimantuoton eron kasvamiseen alku- ja loppumittauksissa voi olla monia syitä, kuten tutkittavien parantunut nostotekniikka. Toisaalta voimaharjoittelun fysiologisia adaptaatiomekanismeja on antagonistilihasten jarruttavan efeketin eli koaktivaation väheneminen, agonisti- ja synergistilihasten parantunut neuraalisen käskytyksen lisääntyminen eli motoristen yksiköiden syttymistiheyden ja nopeuden kasvaminen. Tämän seurauksena lihasten sisäinen ja välinen koordinaatio paranee, joten synergisti-, agonisti-, ja

antagonistilihakset aktivoituvat entistä optimaalisemmin ja oikea-aikaisemmin johtaen parempaan voimavälitykseen ja motoriseen hallintaan. Kuitenkaan parempi motorinen hallinta ei todennäköisesti ole ainoa syy parantuneelle voimantuotolle, sillä ennen interventiota konsultoitui joukkueiden valmennusta, siitä mitkä liikkeet olivat pelaajille aiemmasta harjoittelusta tuttuja. Mittauksiin ja harjoitusohjelmaan valittiinkin kartoituksen perusteella tutut liikkeet, jotta pystyttiin minimoimaan motorisen taidon oppimisen vaikutus ja voitaisiin mitata mahdollisimman hyvin voimantuottoa eikä taitoa. Toisaalta liikenopeuden tai kuorman vaihtuessa myös lihasten sisäinen- ja välinen koordinaatio muuttuu, joten eri kuormilla motorinen kontrolli on aina myös hieman erilainen. Näin ollen motorinen oppiminen on voimantuottoa kehittäessä aina läsnä ja sitä pidetäänkin yhtenä voimaharjoittelun adaptaatiomekanismina. (Van Custem ym. 1998)

Pelaajat lisäsivät kuormitusta nousujohteisesti, minkä takia suuremmilla kuormilla motorinen kontrolli on ollut aina edellä esitetyn periaatteen mukaan myös erilainen. Näin ollen motoriselta oppimiselta ei olla voitu välttyä. Voisikin pohtia, että voimantuoton selvään kehitykseen on vaikuttanut erityisesti parantunut lihasten sisäinen ja välisen koordinaation parantuminen, mutta varmasti myös muut edellä esitetyt voimantuoton adaptaatiomekanismit. Olisikin kiinnostavaa tietää vastaavanlaisessa tutkimusasetelmassa, mikä osuus ryhmän sisäisessä muutoksessa on taidon kehittymistä ja mikä voimantuoton muiden adaptaatiomekanismien osuus? Tosin taidon oppimista voi olla hankalaa tutkia objektiivisin menetelmin.

Kuten työn kirjallisuuskatsauksessa jo todetaan, on jalkapalloilijalle mahdollisimman korkea tehontuotto välttämätöntä, sillä pelissä tehdään maksimaalisia kiihdytyksiä, jarrutuksia ja suunnanmuutoksia (Chelly ym. 2009). Vertikaalihyppy ovat yksi käytetyimpiä kenttätestejä mittaamaan joukkueurheilijoiden tehontuottoa, sillä tulokset ovat suoraan sovellettavissa lajeihin, joissa hyppiminen ja alavartalon tehontuotto on keskeistä (Ziv & Lidor 2010; Thomas ym. 2015). Tästä syystä testeiksi valikoitui sekä SH että EKH. Molempien ryhmien tulokset EKH:ssa ja SH:ssa pysyivät kuuden viikon intervention jälkeen samoina. Ei tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien sisällä eikä ryhmien välillä.

Toisaalta EKH:ssa ja SH:ssa kontrolliryhmän prosentuaalinen lasku on suurempi kuin interventioryhmän, mutta on kuitenkin painotettava, ettei sillä ole tilastollista merkitsevyyttä. Muutoksen puuttuminen saattaa johtua monesta tekijästä, mutta yksi suurimpia voisi olla intervention pituus. Eräät tutkimukset ovat osoittaneet, että 6-viikon plyometrisella

harjoittelulla ei olla saatu merkittävää vaikutusta nopeuteen tai vertikaalihyppyihin U17 jalkapalloilijoilla (Thomas & Hayes 2009). On toisaalta myös näyttöä siitä, että 6-viikon plyometrisella harjoittelulla on ehditty saamaan positiivisia vaikutuksia ponnistusvoimaan vanhemmilla U23 ja U20 jalkapalloilijoilla (Magni ym. 2016; Ramirez-Campillo ym. 2016). Vaikka tutkimuskirjallisuus tästä aihealueesta on kirjavaa, olisi ollut kiinnostavaa nähdä, mikä vaikutus pidemmällä interventiolla olisi ollut tuloksiin. Tätä havaintoa tukee plyometrista harjoittelua mukailleet 8 viikkoa kestänyt interventio, jolla oli positiivisia vaikutuksia vertikaalihyppyihin ja juoksunopeuteen (Negra ym. 2020).

Toinen merkittävä tekijä ryhmien sisäisen muutoksen ja ryhmien välisen eron puuttumisen taustalla voi olla tutkittavien määrä. Tulevaisuudessa voisi olla hyödyllistä tutkia olisiko vastaavanlaisella koeasetelmalla, mutta pidemmällä interventiolla ja suuremmalla tutkittavien määrällä saatu tilastollista merkitsevyyttä vertikaalihyppyihin. Kuitenkin tehdyn hypoteesin mukaan vastaavanlaisilla interventioilla on saatu positiivisia vaikutuksia vertikaalihyppyihin.

9.2 Pienpelit

Tarkastellessa pienpelin kiihdytysten, jarrutusten ja kuljetun kokonaismatkan ryhmien sisäisiä ja välisiä muutoksia, ei muuttujissa havaita muutosta. Pienpelin liikkumismuuttujista ainoastaan keskinopeus pienpeleissä on laskenut tilastollisesti merkitsevästi interventioryhmän sisällä. Täten interventiolla ei ole ollut suoraa vaikutusta pienpeleihin keskinopeutta lukuun ottamatta. Sinällään tuloksen taustalla voi olla monia syitä, mutta eräänä tekijänä voitaisiin pitää harjoittelun spesifisyyttä. Intervention aikana tutkittavat tekivät yhdistettyä voima- ja plyometrista harjoittelua ilman puhdasta nopeusharjoittelua. Spesifisyysperiaatteen mukaan optimaalisen harjoittelun tulee kuvastaa kyseiseen urheilulajiin liittyvää toimintaa eli harjoittelun tulee vastata pelinvaatimuksia (Gonzalo-Skok ym. 2018). Myös voimanvälitys lajin vaatimusten mukaisesti tiettyyn liikesuuntaan on otettava huomioon (Peterson 2012). Täten tulevaisuudessa voisi olla hyödyllistä tutkia olisiko plyometrisen harjoittelun sijaan suunnanmuutos-, kiihdytys- ja nopeusharjoittelulla vaikutusta pienpelin jarrutuksiin, kiihdytyksiin, keskinopeuteen tai jopa kuljettuun kokonaismatkaan.

Spesifisyysperiaatteen mukaan toiminnan eli harjoittelun tulisi olla lähellä pelissä esiintyvää toimintaa (Gonzalo-Skok ym. 2018), joten jos tavoitteena on saavuttaa muutosta liikkumismuuttujissa pienpeleissä, tulisi myös kognitiiviset aspektit eli havainto-

päätöksenteko-toiminta jatkumo ottaa huomioon (Ives & Shelly 2006). Tarkasteltaessa eri pallopelejä, voidaan todeta, että pelaaja on jatkuvasti muuttuvassa ja ennalta arvaamattomassa suoritusympäristössä vastustajan liikkeen, pelivälineen tai pelitilanteen vuoksi (Raiola & Domenico 2021). Huipputasen pelaajilla on osoitettu olevan erinomainen kyky havaita, prosessoida ja käsitellä ympäristöstä saatavilla olevaa tietoa ja näin ennakoita pelitilanteita muita paremmin (Holmberg 2009; Gillet ym. 2010). Täten avoimen ympäristön pienpelissä ulkoisia tekijöitä ja muuttujia liikkeen suorittamiseksi on lukuisia, joten positiivisen siirtovaikutuksen saavuttaminen kentän ulkopuolisella harjoittelulla ilman kognitiivisten ominaisuuksien kuormittamista voisi olla yksi tekijä, miksi muutosta ryhmien sisällä tai välillä ei olla havaittu.

Voima- ja plyometrisella harjoittelulla on havaittu olevan positiivinen vaikutus voimantuottoa lisääviin neuraalisiin- ja elastisiin komponentteihin, joiden avulla juoksun taloudellisuus ja lopulta myös kestävyys suorituskyky paranee (Paavolainen ym. 1999). Voimatuloksia tarkastellessa havaitaan, että interventoryhmä on parantanut voimantuottoa. Voisi siis pohtia, että pelaajien elastiset ja neuraaliset komponentit olisivat parantuneet ja sitä kautta myös taloudellisuus. Jos pelaajien kestävyys suorituskyky paranee, yleensä myös pelaajien pelinaikaiset korkean intensiteetin suoritukset sekä kokonaismatka kasvaa (Bradley ym. 2011; Krusturp ym. 2005). Näin ollen muutos taloudellisuuden parantumisen näkökulmasta voisi olla loogista, vaikka se ei näy pienpelin liikkumismuuttujissa. Jos taloudellisuus olisi parantunut ja se ei pienpelin liikkumismuuttujissa näy, puoltaa se havaintoa siitä, että avoimen ympäristön pienpeleissä teknistaktiset ja psykologiset osatekijät vaikuttavat merkittävästi pelaajien pelin aikaisiin valintoihin ja näin myös liikkumismuuttujiin. Täten pienpelejä on haastavaa kliinisesti tutkia.

Toinen looginen selitys tulosten taustalla voi olla mahdolliset mittauslaitteista johtuvat häiriöt. Onkin todettu, että sisätilat saattavat häiritä signaalia erityisesti liikuttaessa suurella nopeudella. Tällöin yhteys satelliittiin GPS-laitteessa voi vaihdella, mikä johtaa virhesignaaleihin. Toisaalta laitteita pidetään luotettavina ulkoisen kuormituksen seurannassa joukkueurheilussa (Scott ym. 2016).

9.3 Tutkimuksen vahvuudet ja haasteet

Tutkimuksen aikana muuttujia oli monia kuten joukkueurheilussa on tavanomaista. Suurin haaste oli ehdottomasti tutkittavien tippuminen pois intervention aikana. Alkuinfossa pelaajille tehtiin selväksi, että tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Loppujen lopuksi tutkimukseen haki 27 pelaajaa joista 21 kelpuutettiin ennalta määritettyjen kriteerien perusteella mukaan. Tutkimus toteutettiin kauteen valmistavalla jaksolla mikä tarkoitti myös sitä, että joukkueen rakentaminen oli käynnissä. Muutamia tutkittavia tippui joukkueesta ja näin ollen eivät he halunneet suorittaa interventiota loppuun. Toisaalta tutkittaville annettiin kuitenkin mahdollisuus jatkaa tutkimuksessa halutessaan.

Toinen selvä haaste oli tutkimuksen pituus. Kokonaisuudessaan tutkimus kesti 8 viikkoa. Alkumittaukset infoineen viikon ja loppumittaukset vajaa viikon. Interventio kesti 6 viikkoa. Mitä pidempi tutkimus olisi ollut, sitä suuremmalla todennäköisyydellä muutoksia olisi voitu havaita. Toisaalta kuten edellä todetaan, vastaavanlaiset tutkimusasetelmat, joissa on tutkittu yhdistetyn voima- ja plyometrisen harjoittelun vaikutuksia suorituskykyyn, ovat tyypillisesti olleet 6–8 viikon mittaisia (Magni ym. 2016; Negra ym. 2020; Ramirez-Campillo ym. 2016).

Eräs selvä vahvuus tutkimuksessa oli harjoitusohjelman läpivienti. Pelaajat tekivät harjoitusohjelman jokaisen harjoituksen valvotuissa olosuhteissa ammattivalmentajan ja paikalla olevan tutkijan avustuksella pois lukien ne harjoitukset, joihin pelaajat eivät päässeet syystä tai toisesta paikalle. Tutkittaville kerrattiin entuudestaan asianmukainen tekniikka valituille liikkeille, ohjeistettiin dokumentoimaan harjoituspäiväkirjan avulla jokaisen sarjan toistot, kuorma ja RPE sekä annettiin mahdollisuus kontaktoida tutkijoita, jos kysymyksiä ilmeni ohjelmaan liittyen. Pelaajilla oli myös ensiluokkaiset olosuhteet toteuttaa harjoitusohjelmaa, sillä jokainen harjoitus tehtiin seuran jalkapallohallin yhteydessä sijaitsevalla kuntosalilla. Kuntosali oli monipuolinen ja siellä pystyi suorittamaan harjoitusohjelman kaikki liikkeet hyvissä puitteissa.

Myös ehdottomana vahvuutena voidaan pitää sitä, että tutkittavat olivat entuudestaan tottuneita tekemään voima- ja plyometrista harjoittelua, joten suoritustekniikat harjoitusohjelmassa olivat tutkittavilla hallussa. Toisaalta myös mittauksissa käytetyt liikkeet olivat heille tuttuja, mikä nosti tulosten luotettavuutta sillä testejä ei tarvinnut enää testitilanteessa harjoitella.

9.4 Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella 6 viikon nousujohteinen voima- ja plyometrinen harjoittelu lisää U16 jalkapalloilijoiden voimantuottoa ja ylläpitää sekä ponnistusvoimaa että 6 vs. 6 pelien jarrutuksia, kiihdytyksiä ja kokonaismatkaa. Löydökset ovat suorituskyvyn kannalta linjassa muun tutkimuskirjallisuuden kanssa (Manouras ym. 2016; Ramirez-Campillo ym. 2016). Jatkossa olisi hyödyllistä tutkia vastaavanlaisella tutkimusasetelmalla, mutta pidemmällä interventtiolla ja suuremmalla otoskoolla plyometrisen- ja voimaharjoittelun vaikutuksia suorituskykyyn ja eri pienpelimuotojen liikkumismuuttujiin. Toisaalta tulevaisuudessa voisi olla hyödyllistä jalostaa tutkimusasetelmaa myös siten, että interventio toteutettaisiin plyometrisen harjoittelun sijaan suunnanmuutos- ja nopeusharjoittelulla. Voisiko tällä olla positiivisempi vaikutus suorituskykyyn ja kenties liikkumismuuttujiin jalkapallon pienpeleissä?

9.5 Tutkimuksen käytännön sovellukset

Tämän tutkimuksen mukaan 6 viikon voima- ja plyometrisella harjoittelulla on positiivinen vaikutus U16 jalkapalloilijan voimantuottoon ja neutraali vaikutus vertikaalihyppyihin sekä pienpelin liikkumismuuttujiin. Jalkapallon pienpelin taktiset ja tekniset tekijät tekevät pienpelin aikaisten liikkumismuuttujien vertailusta haastavaa, mutta laadukkaalla fysiikkaharjoittelulla on osoitettu olevan merkittäviä positiivisia vaikutuksia suorituskykyyn.

Moderni jalkapallo vaatii pelaajilta entistä parempaa suorituskykyä, joten on sitä pystyttävä kehittämään. Peilattaessa tämän tutkimuksen tuloksia kokonaistutkimusnäyttöön, voidaan todeta, että U16 jalkapalloilijoiden kannattaa tehdä nousujohteista plyometrista- ja voimaharjoittelua täyttääkseen lajin suorituskyvyn vaatimukset.

Vaikka positiivista siirtovaikutusta voima- ja plyometrisesta harjoittelusta pienpelin liikkumismuuttujiin ei tämän tutkimuksen perusteella voida objektiivisesti todentaa, on yleisesti hyväksytty, että huipputasen jalkapalloilijoilla on pelin aikaisia korkean intensiteetin juoksuja enemmän kuin keskitason jalkapalloilijoilla. Korkean intensiteetin juoksut vaativat parempaa suorituskykyä. Valmentajan on siis keskeistä ymmärtää, että suorituskyvyn lisäksi moni muu muuttuja vaikuttaa pienpelissä esiintyviin tapahtumiin. Näin ollen kvalitatiivista sekä kvantitatiivista tutkimuskirjallisuutta aihealueesta tarvitaan entistä enemmän.

LÄHTEET

- Aarresola, O. & Konttinen, N. (2012). Vanhemmat moni-ilmeinen vaikuttaja kilpaurheiluun sosiaalistumisessa. *Liikunta & Tiede* 49 (6), 29–35.
- Athanasios, K & Eleftherios, K. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *Journal of sports science & medicine* 8, 374-80.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer: With special reference to intense physical exercise. *Acta. Physiol. Scand.* 150, 1–156.
- 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), 665–74. doi: 10.1080/02640410500482529
- Bangsbo, J. (1993). The Physiology of Soccer-with Special Reference to Intense Intermittent Exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 619, 1-155
- Bangsbo, J., Iaia, FM. & Krstrup, P. (2008). The yo-yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine* 38, 37– 51.
- Bangsbo, J. 1994. *Fitness Training in Football*. Bagsværd: HO+Storm.
- Bangsbo, J., Nørregaard L. & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16, 110-116.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M. & Bradley, P. S. 2014. The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine* 35(13), 1095-1100.
- Barnes, K. R., Kilduff, L. P., Phillips, N., & Bevan, H. (2007). Effects of strength training on jumping and sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1190-1195.
- Barnes, J. L., Schilling, B. K., Falvo, M. J., Weiss, L. W., Creasy, A. K., and Fry, A. C. (2007). Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *Journal of Strength Conditioning Resarch* 21, 1192–1196. DOI: 10.1519/00124278-200711000-00036
- Bogdanis GC, Papaspyrou A, Souglis A, Theos A, Sotiropoulos A, Maridaki M. (2009) Effects of hypertrophy and a maximal strength training programme on speed, force and power of soccer players. *Science and Football VI. The proceedings of the sixth world congress on science and football*. New York: Routledge.

- Bosco, C., and Viitasalo, J. T. (1982). Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 22, 549–562.
- Bradley, P. S., William, S., Blake., W., 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. doi:10.1080/02640410802512775
- Bradley, P.S., Chris, C., Dave., A., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., Gomez D. A., Peart, D. & Krstrup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821–830. doi:10.1080/02640414.2011.561868
- Brandes, M, Elvers S. (2017). Elite youth soccer players’ physiological responses, time-motion characteristics, and game performance in 4 vs. 4 small-sided games: the influence of coach feedback. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31, 2652–8.
- Brandes, M., Heitmann A. & Muller L. (2012). Physical responses of different small-sided game formats in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26: 1353–60.
- Brewer, J. & Davis J.A. (1992). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *Journal of Sports Science* 10, 146-7
- Bush, M., Barnes, C., Archer, D.T., Hogg, B. & Bradley, P.S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human Movement Science* 39,1-11. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.003
- Bunc, V., Heller, J., Leso, J., Sprynarová, S. & Zdanowicz R. (1987). Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *International Journal of Sports Medicine* 8(4), 275-80. doi: 10.1055/s-2008-1025669.
- Casajus, J.A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 41 (4), 463-9.
- Casamichana, D. & Castellano, J. (2010). Time–motion, heart rate, perceptual and motor behavior demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *Journal of Sports Science* 28 (14), 1615–1623. doi: 10.1080/02640414.2010.521168
- Castellano, J., Casamichana, D. & Dellal, A. (2013). Influence of game format and number of players on heart rate responses and physical demands in small-sided soccer games. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27, 1295–303.
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y.B., Galy, O., Sghaïer, F., Chatard, J.C., Hue, O. & Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 38 (2), 191-6. doi: 10.1136/bjism.2002.004374

- Chelly, M.S., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z. & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (8), 2241–9. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b86c40
- Chimielewski, T., Myer, G., Kauffman, D. & Tillman S. (2006). Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 36(5), 308–320. doi: 10.2519/jospt.2006.2013
- Clark, M., Scott, C. & Sutton, B. (2010). *NASM's essentials of sport performance training*. Fourth edition. Lippincott Williams & Wilkins. 253–269.
- Cometti, G., Maffiuletti, N.A., Pousson, M., Chatard, J.C. & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 22 (1), 45-51. doi: 10.1055/s-2001-11331.
- Cormier, P., Freitas, T.T., Rubio-Arias, J.Á. & Alcaraz, P.E. Complex and Contrast Training: Does Strength and Power Training Sequence Affect Performance-Based Adaptations in Team Sports? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34 (5), 1461-1479. doi: 10.1519/JSC.0000000000003493.
- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Medicine* 24, 147–156. doi: 10.2165/00007256-199724030-00001
- Dellal, A., Varliette, C., Owen, A., Chirico, E.N. & Pialoux, V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer players: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *Journal of Strength Conditioning Research* 26, 2712-20. doi: 10.1519/JSC.0b013e31824294c4
- Douglas, T. (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine* 16 (2), 80 – 96. doi: 10.2165/00007256-199316020-00002
- FIFA. 2011. FIFA 11+ Warm Up Program. https://polarissc.demosphere-secure.com/_files/resource-center/fifa-11/fifa11-plus-poster.pdf. Viitattu 13.5.2023
- Franco-Márquez, F., Rodríguez-Rosell, D., González-Suárez, J., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yañez-García, J. & González-Badillo, J. (2015). Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on Physical Performance in Young Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine* 36 (11), 906–914. doi:10.1055/s-0035-1548890
- García Ramos, A., Haff, G., Feriche, B. & Jaric, S. (2017). Effects of different conditioning programs on the performance of high-velocity soccer-related tasks: Systematic review

- and meta-analysis of controlled trials. *International Journal of Sports Science & Coaching* 13 (1). doi: 10.1177/1747954117711096
- Gillet, E., D. Leroy, R. Thouwarecq, F. Megrot and J.-F. Stein. (2010). Movement-Production Strategy in Tennis: A Case Study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (7), 1942–7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181dc4622
- Gonzalo-Skok, O., Sanxhez-Sabate, J., Izquierdo-Lupon, L. & Saez de Villareal, E. (2018). Influence of force vector and force application plyometric training in young elite basketball players. *European Journal of Sport Science* 19 (3), 305-314. doi: 10.1080/17461391.2018.1502357
- Haff, G. & Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal* 34 (6), 2-12. DOI: 10.1519/SSC.0b013e31826db467
- Hammami, M., Gaamouri, N., Shephard, R. J. & Chelly, M.S. (2019). Effects of Contrast Strength vs. Plyometric Training on Lower-Limb Explosive Performance, Ability to Change Direction and Neuromuscular Adaptation in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (8), 2094-2103 doi: 10.1519/JSC.0000000000002425
- Haugen, T., Tønnessen, E., Hisdal, J. & Seiler, S. (2013). The Role and Development of Sprinting Speed in Soccer. *International journal of sports physiology and performance* 9 (3). doi: 10.1123/ijsp.2013-0121
- Haugen, T., Seiler, S., Sandbakk, Ø. & Tønnessen, E. (2019). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Medicine Open* 21 (1), 44. doi: 10.1186/s40798-019-0221-0.
- Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11, 1925–31. doi: 10.1097/00005768-200111000-00019
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjørth, N., Bach, R. & Hoff, J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39 (4), 665-71. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570.
- Hill-Haas, S.V., Coutts, A., Rowsell, G. & Dawson, B. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *International Journal of Sports Medicine* 30, 636–42. doi: 10.1055/s-0029-1220730
- Hill-Haas, S.V., Coutts, A.J., Dawson, B.T. & Rowsell, G.J. (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth

- players: the influence of player number and rule changes. *Journal of Strength Conditioning Research* 24, 2149–56. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181af5265
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M. & Coutts, A. J. (2011). Physiology of Small-Sided Games Training in Football: A systematic review. *Sports Medicine* 41 (3), 199-220. doi: 10.2165/11539740-000000000-00000
- Hoff, J. & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine* 34 (3), 165–80. doi: 10.2165/00007256-200434030-00003
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L.C., Kemi, O.J. & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine* 36 (3), 218-21. doi: 10.1136/bjism.36.3.218.
- Holmberg, P.M. (2009) Agility Training for Experienced Athletes: A Dynamical Systems Approach. *Strength and Conditioning Journal* 31 (5), 73–8. doi: 10.1519/SSC.0b013e3181b988f1
- Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. (2016). Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. (toim.) *Huippu-urheiluvallmennus*. 1.painos. Lahti: VK-Kustannus Oy. 250–264
- Häkkinen, K. (2002). Training-specific characteristics of neuromuscular performance. Teoksessa K. Häkkinen, & W. Kraemer. *Strength Training for Sport*. Oxford: Blackwell Science. *Handbook of sports Medicine and Science*. 20–35.
- Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Coutts, A.J., Sassi, A. & Marcora, S.M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science of Sports and Exercise* 36 (6), 1042-7. doi: 10.1249/01.mss.0000128199.23901.2f.
- Impellizzeri, F., Marcora, S., Castagna, C, Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F.M. & Rampinini, E. (2006). Physiological and Performance Effects of Generic versus Specific Aerobic Training in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine* 27 (6), 483–492. doi: 10.1055/s-2005-865839
- Ives, J.C. & G.A. Shelley. (2003). Psychophysics in Functional Strength and Power Training: Review and Implementation Framework. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17 (1), 177–86. doi: 10.1519/1533-4287(2003)017<0177:pifsap>2.0.co;2
- Jastrzebski, Z., Barnat, W., Dargiewicz, R., Jaskulska, E., Szwarc, A., & Radzimiński, Ł. (2014). Effect of In-Season Generic and Soccer-Specific High-Intensity Interval Training in Young Soccer Players. *International Journal of Sports Science & Coaching* 9 (5), 1169–1179. doi: <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1>

- Katis, A., & Kellis, E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine* 8, 374-380.
- Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H. & Tricoli, V. (2017). Effects of Different Combinations of Strength, Power, and Plyometric Training on the Physical Performance of Elite Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 31 (6),1468-1476. doi: 10.1519/JSC.0000000000001609.
- Kollath, E. & Quade, K. (1993). Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players. *Science and football II*. E&FN Spon 31-6.
- Kraemer, W.J., Ratamess, N.A. & French, D.N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports* 1 (3), 165-71. doi: 10.1249/00149619-200206000-00007.
- Krustrup, P., MOHR, M., ELLINGSGAARD, H. & BANGSBO, J. (2005). Physical Demands during an Elite Female Soccer Game: Importance of Training Status. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37 (7), 1242-1248. doi: 10.1249/01.mss.0000170062.73981.94
- Latella, C., Hoek, V. D. & Wei-Peng, T. (2019). Differences in Strength Performance Between Novice and Elite Athletes: Evidence From Powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (1), 103-112. doi: 10.1519/JSC.0000000000002823
- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of Exercise Intensity During Soccer Training Drills With Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (2), 367-371. doi: 10.1519/R-19445.1
- Little, T. & Williams, A.G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (1), 76-8. doi: 10.1519/14253.1
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J.J., Brughelli, M. & Castagna, C. (2014). Short- term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9 (3), 480–8.
- Luhtanen, P. (1994). *Biomechanical aspects*. Blackwell Scientific Publications 59–77.
- Mallo, J., & Navarro, E. (2008). Physical load imposed on soccer players during small-sided training games. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 48 (2), 166-171.

- Manouras, N., Papanikolaou, Z., Karatrantou, K., Kouvarakis, P. & Gerodimos, V. (2016). The efficacy of vertical vs. horizontal: Plyometric training on speed, jumping performance and agility in soccer players. *International journal of Sports Science & Coaching* 11 (5), 702–709. doi: <https://doi.org/10.1177/1747954116667108>
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine* 41, 349-355. doi: 10.1136/bjism.2007.035113
- Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine* 40(10), 859–895. doi: 10.2165/11318370-000000000-00000
- McGill, S.M. (2006). *Laying the Foundation: Why We Need a Different Approach. Ultimate Back Fitness and Performance*, Kolmas painos. Ontario, Canada: Wabuno.
- McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R. & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 39 (5), 273-7. doi: 10.1136/bjism.2004.012526.
- Microgate. (2022). Optojump. Verkkosivu. Viitattu 25.2.2023. <https://training.microgate.it/en/solutions/jumps>
- Mohr, M., Krusturp, 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. doi:: 10.1080/0264041031000071182
- Moran, J., Blagrove, R., Drury, B., Fernandes, J., Paxton, K., Chaabene, H. & Ramirez-Campillo, R. (2019). Effects of small-sided games vs. conventional endurance training on endurance performance in male youth soccer players: A meta-analytical comparison. *Sports Medicine*, 49 (5), 731-742. doi: 10.1007/s40279-019-01086-w
- Murray, D.P. and L.E. Brown. (2006). Variable Velocity Training in the Periodized Model. *Strength and Conditioning Journal* 28 (1), 88–92. doi: 10.1519/00126548-200602000-00016
- Negra, Y., Chaabene, H., Fernandez-Fernandez, J., Sammoud, S., Bouguezzi, R. & Prieske, O. (2020). Short-term plyometric jump training improves repeated-sprint ability in prepuberal male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34 (11), 3241-3249. doi: 10.1519/JSC.0000000000002703. PMID: 33105376.
- Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Journal* 16, 20–31.

- Otero-Esquina, C., de Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S. & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science* 17 (10), 1241-1251. doi:10.1080/17461391.2017.1378372
- Owen, A., Twist, C. & Ford, P. (2004). Small-sided games: The physiological and technical effect of altering pitch size and player numbers. *Insight* 7, 50-53.
- Owen, A., Paul, D., Wong, D. & Dellal, A. (2014). Physical and Technical Comparisons between Various-Sided Games within Professional Soccer. *International Journal of Sports Medicine* 35, 286-282. doi: 10.1055/s-0033-1351333
- Paavolainen, L., K. Hakkinen, I. Hamalainen, A. Nummela and H. Rusko. (1999). Explosive strength Training Improves 5-km Running Time by Improving Running Economy and Muscle Power. *Journal of Applied Physiology* 86 (5), 1527–33. doi: 10.1152/jappl.1999.86.5.1527
- Peterson, M. D. (2012). The role of strength and power in sport performance. In *Strength and Power in Sport* 1-15. John Wiley & Sons.
- Peterson, M.D., M.R. Rhea & B.A. Alvar. (2004). Maximising Strength Development in Athletes: A Meta-Analysis to Determine the Dose-Response Relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (2), 377–82. doi: 10.1519/R-12842.1.
- Polar. (2023). Polar Team Pro käyttöohje. Viitattu 1.9.2022. https://support.polar.com/e_manuals/Team_Pro/Polar_Team_Pro_user_manual_Suomi/manual.pdf
- Rahkila, P. & Luthanen, P. (1989). Physical fitness profile of Finnish national soccer team candidates. *Sci Football* 2, 30-3.
- Raiola, G., & Di Domenico, F. (2021). Approaches to motor learning: Cognitive approach versus ecological dynamic one. doi: <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc3.65>
- Ramirez-Campillo, R., Sanchez-Sanchez, J., Gonzalo-Skok, O., Rodríguez-Fernandez, A., Carretero, M. & Nakamura, F.Y. (2018). Specific Changes in Young Soccer Player's Fitness After Traditional Bilateral vs. Unilateral Combined Strength and Plyometric Training. *Frontiers in Physiology*. 22 (9), 265. doi: 10.3389/fphys.2018.00265.
- Ramirez-Campillo, R., Vergara-Pedrerros, M., Henriquez-Olguin, C., Martinez-Salazar, C., Alvarez, C., Nakamura, F.Y., et al. (2016). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(8), 687–693. doi: 10.1080/02640414.2015.1068439

- Rampinini, E., Impellizzeri, F.M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S.M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences*, 25, 659–666. doi: 10.1080/02640410600811858
- Rana, S. & White, J. 2004. *Fitness Assessment Selection and Administration*. Coburn, J. & Malek, V. NCSA`s ESSENTIALS of PERSONAL TRAINING (2nd ed.). United States Of America: National Strength and Conditioning Association, 179-196.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18, 669–683. doi: 10.1080/02640410050120050
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sport Sciences*, 15, 257-263. doi: 10.1080/026404197367263
- Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.N., & Ball, S.D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(3), 456–464. doi: 10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4
- Rodríguez-Rosell, D., Franco-Marquez, F., Pareja-Blanco, F., et al. (2016). Effects of 6 weeks resistance training combined with plyometric and speed exercises on physical performance of pre-peak-height-velocity soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 240–246. doi: 10.1123/ijsp.2015-0176
- Saez de Villarreal, E., Requena, B., & Cronin, J.B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 575–584. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220fd03
- Scott, M.T.U., Scott, T.J., & Kelly, V.G. (2016). The validity and reliability of Global Positioning Systems in team sport. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490. doi: 10.1519/JSC.0000000000001221
- Seiler, S., & Sjursen, J.E. (2004). Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scandinavian Journal of Medicine Sciences in Sports*, 14(5), 318–325. doi: 10.1046/j.1600-0838.2003.00353.x
- Sheppard, J.M., & Young, W.B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. doi: 10.1080/02640410500457109
- Silva, J.R., Nassis, G.P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine Open*, 1(1), 17. doi: 10.1186/s40798-015-0006-z

- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536. doi: 10.2165/00007256-200535060-00004
- Thomas, J., Nelson, J., & Silverman, S. (2015). *Research Methods in Physical Activity*. 7. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Thomas, K., French, D., & Hayes, P.R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 332–335. doi: 10.1519/JSC.0b013e318183a01a
- Thomas, V., & Reilly, T. (1976). Application of motion analysis to assess performance in competitive football. *Ergonomics*, 19, 530. doi: 10.1519/JSC.0000000000002646
- Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19, 433–437. doi: 10.1519/R-14083.1
- Tyndel, S. (2018). Physical effects of playing area and player number during team sport small-sided games. *Journal of Strength and Conditioning* 26 (1), 57–68.
- Valquer, W., Barros, T.L., & Sant’anna, M. (1998). High-intensity motion pattern analyses of Brazilian elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. doi: 10.1097/00005768-199905001-01252
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behavior contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *Journal of Physiology* 513 (1), 295–305. doi: 10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x
- Vanfraechem, J.H.P., & Tomas, M. (1993). Maximal aerobic power and ventilatory threshold of a top-level soccer team. In: T. Reilly, J. Clarys, & A. Stibbe (Eds.), *Science and Football II* (pp. 43–46).
- Walker, G.J., & Hawking, R. (2018). Structuring a program in elite professional soccer. *Strength and Conditioning Journal*, 4(3), 72–82. doi: 10.1519/SSC.0000000000000345
- Wallace, J.L., & Norton, K.I. (2013). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed, and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17, 223–228. doi: 10.1016/j.jsams.2013.03.016.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., et al. (2004). Maximal squat strength is strongly correlated to sprint performance in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288. doi: 0.1097/00005768-199803000-00019
- Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(3), 462–467.

- Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S., & Kelly, L. (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 159–176.
- Young, W.B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 74–83. doi: 10.1123/ijsp.1.2.74
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players – A review of observational and experimental studies. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 332–339. doi: 10.1016/j.jsams.2009.02.009