



13-17-vuotiaiden poikien plyometrinen harjoittelu jalkapallossa -opas valmentajille

Henri Qvickström, Ville Silfverberg

2020 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

**13-17-vuotiaiden poikien plyometrinen harjoittelu jalkapallossa
-opas valmentajille**

Henri Qvickström & Ville Silfverberg
Fysioterapian koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Joulukuu, 2020

Qyickström Henri, Silfverberg Ville

13-17-vuotiaiden poikien plyometrinen harjoittelu -opas valmentajille

Vuosi 2020 Sivumäärä 64

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa 13-17-vuotiaiden poikien jalkapallovalmentajille viimeisimpään näyttöön perustuvaa tietoa sisältävän plyometrisen harjoittelun oppaan. Työ rajattiin vain plyometriseen harjoitteluun, sillä harjoitustapa on edullinen ja helppo sisällyttää osaksi lajiharjoittelua. Oppaan tavoite on kehittää jalkapalloilijoiden suorituskykyä turvallisesti ja siten ennaltaehkäistä samalla loukkaantumisia. Opas menee Vantaan Jalkapalloseuralle, joka toimi työelämän yhteistyökumppanimme opinnäytetyöprojektissa.

Plyometrinen harjoittelu on venymis-lyhenemissyklusta kehittävä ballistista iskutusharjoittelua. Oikein toteutettuna se edesauttaa muun muassa nopeutta, hyppykorkeutta, potkuvoimaa ja kestävyyttä. Kirjallisuuden perusteella tuki- ja sidekudokset vahvistuvat, törmäysvoimien sietäminen kehittyy, neuromotoriset taidot paranevat ja lihaskasvukin on mahdollinen. Esi-merkkejä plyometrisestä harjoittelusta ovat hyppelyt ja loikat.

Käytimme systemaattista kirjallisuuskatsausta uusinta tietoa etsiessämme tietokannoista PubMed ja SPORTDiscus. Opinnäytetyöhön näistä valikoitui kahdeksan tutkimusta, jotka sisältävät intervention alku- ja loppumittauksineen. Opas sovellettiin siten teorian tiedon, käytännön kokemuksen ja tutkimusten perusteella sopivaksi.

Opas tehtiin yhteistyöseuran ja tutkimusten perusteella kuuden viikon mittaseksi interventioksi. Teimme harjoitusohjelmat kolme eri lähtötasoa huomioiden, sillä 13-17-vuotiaiden erot voivat olla huomattavat. Onnistuimme päivittämään teorian tiedon käytännön tasalle ja 2020-luvun fyysisiin vaatimuksiin nopeatuneessa lajissa.

Asiasanat: jalkapallo, plyometrinen harjoittelu, 13-17-vuotiaat pojat

The purpose of this thesis project was to provide a plyometric training guide for 13-17-year-old young male's soccer coaches with information based on new scientific studies. The subject was limited to plyometric training because this kind of training can easily be included in soccer practice and it is inexpensive to implement. The aim of this guide is to develop young soccer players' performance safely while preventing injuries. The guide was made for Vantaa Jalkapalloseura -football club, which acted as the working life partner in this thesis project.

Plyometric training improves the SSC (stretch-shortening cycle) and is a form of ballistic impact training. When properly implemented, it promotes speed, jump height, kick strength and endurance. Based on the literature, the supportive and connective tissues become stronger, impact resistance develops, neuromotor skills adapt and muscle hypertrophy is also possible. Jumping and leaping are good examples of plyometric training.

Systematic literature review was used to search for the latest information from the databases PubMed and SPORTDiscus. Eight studies were selected for further reviewing. All of these had an intervention with initial and final measurements. Thus, the guide was applied based on theoretical knowledge, practical experience, and research.

The guide was made as a six-week intervention based on the cooperating club and the latest studies. The exercise programs were made for three different levels because the variety in biological maturation can be significant between 13-17-year-olds. The theoretical knowledge was updated to a practical level and for the physical demands of the 2020's in the accelerated game of football.

Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tehtävät	7
3	Toiminnallinen kehittämistyö	7
4	Jalkapallon lajianalyysi ja fyysiset vaatimukset	9
4.1	Jalkapallon lajianalyysi.....	10
4.2	Jalkapallon fyysiset vaatimukset	10
4.2.1	Tärkeimmät energiantuottotavat	11
4.2.2	Nopeus	12
4.2.3	Voima.....	13
4.2.4	Kestävyys	14
4.3	Biomekaniikka	15
4.3.1	Vertikaalihyppy	17
4.3.2	Ydintukilihakset.....	20
4.4	Hermolihasjärjestelmä ja liikkumisen säätely	20
4.4.1	Hermosto	20
4.4.2	Motorinen yksikkö ja lihasreseptorit.....	21
4.4.3	Liikkeiden suunnittelu, toteutus ja koordinaatio	21
5	Plyometrinen harjoittelu nuorilla jalkapalloilijoilla.....	22
5.1	Motoristen taitojen oppiminen	23
5.2	Kokonaiskuormituksen huomiointi	25
5.3	Vammojen ennaltaehkäisy, turvallisuus ja kontraindikaatiot.....	28
5.4	Havaittuja fysiologisia muutoksia plyometrisen harjoittelun seurauksena	30
5.5	Edellytykset plyometriselle harjoittelulle: ”checklist”	31
6	Integroitu systemaattinen kirjallisuuskatsaus	32
6.1	Tarkoitus ja tutkimuskysymykset	33
6.2	Tiedonhaku.....	33
	Kirjallisuuskatsauksen tulokset	35
7	Opinnäytetyön toteutus ja arviointi	50
8	Pohdinta, eettisyys ja luotettavuus	51
	Lähteet.....	57
	Kuviot	64
	Taulukot	64

1 Johdanto

Jalkapallo on maailman suosituin urheilulaji. Jalkapalloa pelaa aktiivisesti noin 265 miljoonaa ihmistä. (Fifa.com) Laji on fyysisesti haastava ja peleissä matkaa kertyy pelaajalle keskimäärin 10-11 kilometriä 90 minuutin aikana. Näistä kilometreistä huppuammattilaiset juoksevat yli 25 km/h vauhdilla keskimäärin noin 0,3 % ± 0,6 %-0,7 % eli maksimissaan noin yhden prosentin. 20-25 km/h vauhtia juostaan jo keskimäärin noin 1,65 %±0,75 %. Hyvin kovalla intensiteetillä juostaan siis noin 2-4 % peliajasta. (Tuo, Wang, Huang, Zhang & Liu 2019, 1-5.) Tämä asettaa jalkapalloilijan aerobiselle ja anaerobiselle kestävyydelle, mutta myös nopeusominaisuuksille korkean vaatimustason.

Korkea intensiteettiset juoksut ovat ratkaisevia pelin kannalta. Pelaajat ottavat korkea intensiteettisiä spurtteja noin 17 kappaletta pelin aikana ja spurttien pituus on keskimäärin 19,3 m. Tämä korostaa liikkeelle lähdön ja kiihdytyksen tärkeyttä. (Pullinen 2008, 12-13.)

Opinnäytetyön aihe plyometrinen harjoittelu on jo melko hyvin tutkittu alue, jota pystytään hyödyntämään hyvin joukkuelajien fyysisessä valmennuksessa, sillä plyometrisessä harjoittelussa ei tarvita juurikaan tarvikkeita. Plyometriaa tutkineet tutkimukset ovat antaneet positiivisia viitteitä harjoittelun vaikutuksesta nopeuteen, räjähtävyyteen, suunnanmuutoskykyyn, hyppykorkeuteen ja -pituuteen sekä loukkaantumisten ennaltaehkäisyyn. (Slimani ym. 2016, 231.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on edistää 13-17-vuotiaiden fyysistä valmennusta ja nuorten jalkapalloilijoiden suorituskykyä turvallisesti. Opas luodaan yhteistyökumppanille Vantaan jalkapalloseuralle.

Vantaan jalkapalloseura (VJS) on Länsi-Vantaalla toimiva jalkapalloseura. Vantaan jalkapalloseuran päivittäisessä toiminnasta vastaa vakituisessa työsuhteessa olevia ammattilaisia ja yli 200 vapaaehtoista seuratoimijaa valmentajina ja toimihenkilöinä. Seurassa on oma fysiikka-valmennuspäällikkö, joka luo suurimmalle osalle seuran joukkueista omat fyysiset valmennuksen suunnitelmat. (vjs.fi, 2020.)

2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tehtävät

Opinnäytetyön tarkoituksena on edistää ja kehittää 13-17-vuotiaiden fyysistä valmennusta ja nuorten jalkapalloilijoiden suorituskykyä (nopeutta ja ponnistusvoimaa) sekä ennaltaehkäistä loukkaantumisia. Opinnäytetyön tavoite on tuottaa opas, joka ohjeistaa valmentajia ohjaamaan plyometrista harjoittelua. Opinnäytetyön tehtävä on etsiä näyttöön perustuvaa tietoa plyometrisesta harjoittelusta ja luoda opas, jossa tarjotaan 13-17-vuotiaille poika jalkapalloilijoille progressiivinen ohjelma.

3 Toiminnallinen kehittämistyö

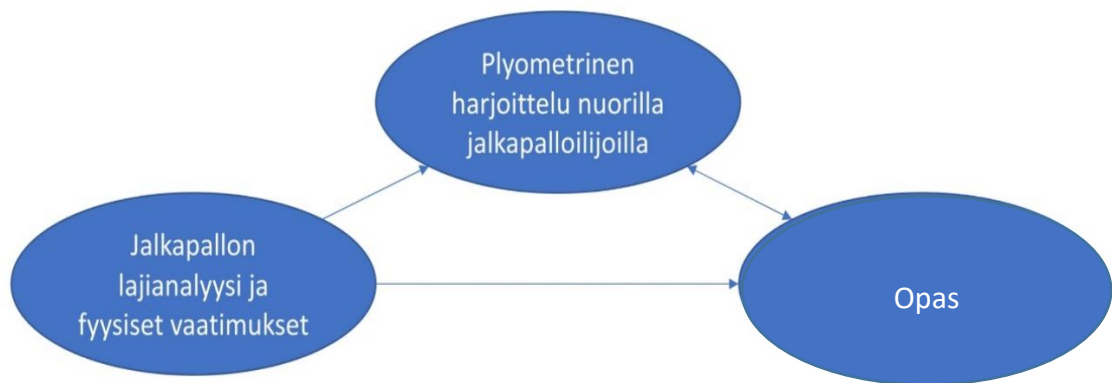
Ammattikorkeakoulussa opiskelijat voivat tehdä tutkimuksellisen opinnäytetyön sijaan kehittämistyön, kuten ammatillisen oppaan. Kehittämistyötä kutsuttiin aiemmin toiminnalliseksi opinnäytetyöksi. Kehittämistyön tavoitteena on toimien ohjeistaminen ja opastaminen. (Vilka & Airaksinen 2004, 9.)

Toiminnallinen opinnäytetyö tavoittelee käytännössä opastamista ohjeistamista ja toiminnan järjestämistä tai järjeistämistä. Se voi olla ammattilaisten käyttöön suunnattu ohje, ohjeistus tai opastus, kuten esimerkiksi perehdyttämisopas, ympäristöohjelma ja turvallisuusohjeistus. Teoksen toteutustapana voi olla esimerkiksi kirja, kansio, vihko, opas, cd-levy, portfolio, kotisivu tai johonkin tilaan järjestetty näyttely tai tapahtumaa. (Vilka & Airaksinen 2004, 9.)

Ammattikorkeakoulututkinon tavoitteena on, että opiskelija valmistuttuaan pystyy toimimaan asiantuntijatehtävissä, sekä tietää ja taitaa kehittämisen ja tutkimuksen perusteet. Opinnäytetyön tulisi olla työelämälähtöinen, käytännönläheinen, tutkimuksellisella asenteella toteutettu ja riittävällä tasolla alan tietojen ja taitojen hallintaa osoittava. (Vilka & Airaksinen 2004, 10.)

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe on aiheanalyysi eli aiheen ideointi. Aiheanalyysissä valitaan opinnäytetyön kohderyhmä ja rajaus aiheelle. Aihepiiriin valinnassa on tärkeää, että se motivoi kirjoittajaa ja palvelee toimeksiantajaa. (Vilka & Airaksinen 2004, 24, 26, 41) Aloitimme aiheen suunnittelun tammikuussa 2020 pohdiskellen yhteisiä intressejä. Ponnistukseen liittyvä harjoittelu oli molemmille mielenkiintoinen, opettavainen sekä käytännönläheinen aihe. Lähestyimme kasvattiseuraamme Vantaan Jalkapalloseuraa ja pääsimme nopeasti yhteisymmärrykseen oppaasta.

Teoreettinen viitekehys sisältää opinnäytetyön keskeisimmät käsitteet, jotka rajaavat teoreettisen näkökulman tarkemmaksi. Nämä käsitteet ja niistä kerätty tietoperusta määrittelevät opinnäytetyön ääriiivat, valitun käsittely- ja lähestymistavan sekä valintojen merkityksen. (Vilka & Airaksinen 2004, 42-43.)



Kuva 1: Teoreettinen viitekehys

Opinnäytetyötä lähdettiin suunnittelemaan aiheen valinnan jälkeen teoreettisen viitekehysten pohjalta. Molemmilla opinnäytetyöprosessiin osallistuneella on kokemusta lasten ja nuorten jalkapallovalmentamisesta, joten juniorijoukkueyhteistyö oli meille luonnollinen.

Opinnäytetyön aihe ja idea: tammikuu 2020, opinnäytetyön suunnittelu ja aiheeseen perehtyminen helmi-maaliskuu, työstövaihe huhti-kesäkuu, tauko heinä-elokuu, työstö syys-marraskuu, julkaisu joulukuu.

Opinnäytetyön tarkoitus on edistää ja kehittää nuorten fyysistä suorituskykyä ja valmennusta plyometrisen harjoittelun ohjeistamisen avulla ja ennaltaehkäistä loukkaantumisia. Fyysisen suorituskyvyn osat ovat voima, nopeus, kestävyys ja koordinaatio (Kauranen 2010, 327). Koordinaatio on opinnäytetyössä sisällytetty hermolihasjärjestelmän ja liikkumisen säätelyn alle. Jalkapallon lajiansalyysi avaa mahdollisuuden tutkia kehittämisen kohtia ja tarvittavia ominaisuuksia pelaajille.

Plyometrinen harjoittelu kehittää hermolihasjärjestelmää, sekä tuki- ja sidekudoksia. (Lloyd, Moeskops & Granacher 2020 194, 192). Opinnäytetyössä kuvaamme harjoittelun edellytykset sekä kokonaiskuormituksen optimoinnin, jotta harjoittelu olisi turvallista ja kehittävä.

Opinnäytetyössä on pyritty myös arvioimaan optimaalista ajankohtaa plyometriselle harjoittelulle kauden aikana. Opinnäytetyön ydin on pyrkiä kehittämään nuorten räjähtävää voimantuottoa alaraajoissa harjoittelemalla nopeusvoimaharjoittelun periaatteilla, joista kerrotaan tarkemmin kappaleissa 4 ja 5. Biomekaniikan ja hermolihasarjoittelun elementtien ymmärtäminen on tärkeää kehityksen taustan ymmärtämiseksi ja niitä on avattu opinnäytetyössä lukijalle.

Oppaan avulla valmentajat voivat turvallisesti kehittää kohderyhmän nopeus- ja hyppyominaisuuksia selkeillä harjoitusohjeilla. Kahdesti viikossa 6-viikon ajan lajiharjoitusten yhteydessä toteutettu progressiivinen ohjelma perustuu tuoreimpaan tutkittuun näyttöön, jonka oikein toteutettuna tulisi kehittää tehokkaasti nopeutta ja hyppykorkeutta. Harjoitusohjelmassa on huomioitu poikien biologinen ja fyysinen kehittyminen.

4 Jalkapallon lajiansalyysi ja fyysiset vaatimukset

Lasten ja nuorten harjoitusvaste ja fyysinen suorituskyvyn kehitys perustuu eri elinjärjestelmien kokoon, toimintakykyyn ja säätelytehokkuuteen. Näihin ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti 3 toisistaan riippuvaista osatekijää:

- 1.) fyysinen kasvu
- 2.) biologinen kypsyminen
- 3.) fysiologinen kehittyminen

Fyysinen kasvu on kehonrakenteiden koon ja mittasuhteiden kasvua. Fyysinen kasvu on riippuvainen solumäärien lisääntymisestä, yksittäisten solujen koon kasvusta ja soluvälitilan nesteen ja rakenteiden lisääntymisestä. Kaikki muutosaikataulut ovat yksilöllisiä ja vaihtelevat riippuen kalenteri-ikästä, ympäristöstä, perimästä ja kuormituksesta. (Hakkarainen 2009, 73-74.)

Biologinen kypsyminen on elimistön kypsymistä kohti aikuisen kehitysastetta. Kypsyminen voidaan jakaa kahteen tekijään; aikatauluun ja nopeuteen. Aikataulu on esimerkiksi kasvupyrähdysten saavuttaminen, huippu ja loppuminen. Nopeutta on, kuinka nopeassa ajassa kehittyminen tapahtuu. Eri elinjärjestelmien kypsymisaikataulu ja -nopeus vaihtelee ja yksilöiden välillä on eroja. (Hakkarainen 2009, 74-75.)

Fysiologisella kehitymisellä tarkoitetaan elinjärjestelmien ja rakenteiden erilaistumista sekä kehittymistä. Fysiologinen kehitys on suurelta osin kasvua ja kypsymistä, mutta myös ympäristöllä ja lapsuusajan liikunnalla on muutoksiin vaikutus. (Hakkarainen 2009, 75.)

Fyysisen suorituskyvyn kehittyminen on suoritusominaisuuksien kehittymistä. Kehitysaikataulu riippuu paljolti geneettisestä potentiaalista, fyysisestä kasvusta, biologisesta kypsymisestä ja fysiologisesta kehityksestä sekä kehitysärsykeistä. (Hakkarainen 2009, 75.)

Elinjärjestelmien kasvu ja kypsyminen on äärimmäisen tärkeää nuorten harjoittelun suunnittelussa. Kehon kudokset ja säätelymekanismit noudattavat omia kasvu- ja kehitysaikataulujaan. Näitä aikatauluja käytetään hyväksi lapsuuden harjoittelu- ja liikuntasuosituksissa. Tästä onkin syntynyt herkkyyksiajattelu, jossa on pääelinjärjestelmien kasvu pyritty kalenterivuosisissa esittämään. (Hakkarainen 2009, 75.)

Plyometrisessa harjoittelussakin olisi tärkeämpää seurata kronologisen eli kalenteriiän (jonka perusteella ikäkausijoukkueet jaetaan) sijasta biologista ikää ja kypsymistä. Puberteetin alkamisessa saattaa olla jopa samanikäisillä pelaajilla 30 painokilon eroja toisiinsa nähden. Ensimmäiset plyometriset harjoitteet voidaan tehdä kehonkoostumusten perusteella jaetuissa pienryhmissä. Hormonaalisesta kehityksestä johtuva kasvupyrähdys ja lihassmassan nopea lisääntyminen edesauttavat plyometrisen harjoittelun edellytyksiä. (Kempainen 2004, 114.)

Ennen murrosikää voimaharjoittelun tulisi sisältää lihaskoordinaatioharjoitteita, voimaharjoitustekniikoiden harjoittelua ja nopeusvoimaa. Näillä pystytään harjoittamaan hermoston säätelykykyä, jonka päälle on helpompi murrosiän hormonaalisen kypsymisen aikana ja jälkeen kehittää lihassmassaa. Lihaskoordinaatio mahdollistaa myös voiman hyödyntämisen eri urheilulajeissa, eikä voima jää pelkästään ominaisuudeksi, jota ei osata hyödyntää suorituksissa. (Hakkarainen 2009, 139-140.)

4.1 Jalkapallon lajiansalyysi

Jalkapallo on monipuolinen laji, joka asettaa ison vaatimustason pelaajille. Ottelu kestää 90 minuuttia, jossa suoritetaan toistuvasti spurtteja ja suunnanmuutoksia. Suurin osa pelistä on kuitenkin matalaintensiteettistä liikkumista, jonka aikana kävellään tai juostaan pienellä nopeudella. Pelissä tulee myös useita nopeita kiihdytyksiä, hidastuksia ja hyppyjä. Fyysisen suorittamisen ohella jalkapalloilija joutuu keskittymään pallon käsittelyyn, psykologiseen puoleen ja taktiikkaan. Pelaaja ei tarvitse erinomaisia taitoja kaikilla osa-alueilla. (Pullinen 2008, 5,12, 31.)

4.2 Jalkapallon fyysiset vaatimukset

Urheilijalta vaaditaan jalkapallossa fyysisiltä ominaisuuksilta hyvää maksimaalista hapenotto-kykyä, lihaskestävyyttä, voimaa ja nopeutta. Fyysisen harjoittelun pääperiaatteet ovat säilyneet samoina, mutta uudella tutkimustiedolla pyritään tekemään pienet yksityiskohdat

entistä paremmin ja vastaamaan nopeutuneeseen lajiin. Kokonaisvaltaisen harjoittelun peruseriaatteet muodostuvat seuraavista rungoista:

1) Ärsyke ja kehitys (=superkompensaatio-periaate)

Periaatteen mukaan harjoitteen aiheuttama ärsyke käynnistää palautumisprosessin, jota kutsutaan myös superkompensaatioksi. Hyvin suunnitellussa harjoittelussa superkompensaatio kehittää fyysisiä ominaisuuksia edeltävää tasoa paremmiksi.

2) Spesifisyys

Lajinomaisuus on otettava huomioon harjoittelua suunniteltaessa, sillä kyykkyjä tekevä alavartalon voima lisääntyy ja punnertamalla ylävartalon lihaksisto vahvistuu. Jalkapalloilijalla pyritään kehittämään niitä fyysisiä ominaisuuksia, joita lajiantalyysissä on todettu kannattavaksi harjoittaa.

3) Palautuvuus

Elinjärjestelmä adaptoituu harjoittelun lisäksi myös harjoittelemattomuuteen. Vaikka lapsilla fyysinen kasvu vaikuttaa suorituskyykyyn, heikkenee voima ja kestävyys, mikäli niiden harjoittelu lopetetaan kesken kasvukauden.

4) Yksilöllisyys

Murrosikä osuu lapsilla eri vaiheeseen, joka vaikuttaa yksilölliseen biologiseen kehittymiseen ja siten suorituskyykyyn. Harjoitusvasteet ovat erilaiset ja jokaisen nuoren olisi ”yhteen muottiin” laittamisen sijaan kehityttävä omaa tahtia.

5) Progressiivisuus

Liian nopean ärsykkeen nosto voi lisätä ylikuormitusta ja liian kevyellä harjoittelulla kehitys pysähtyy. Asteittain lisätyt harjoitusintensiteetit kehittävät parhaiten. (Hakkarainen 2009, 195.)

4.2.1 Tärkeimmät energiantuottotavat

Jalkapallo-ottelun energiantuotosta noin 20 % (18min) tapahtuu aerobisesti. Ottelu kestää 2 x 45 minuuttia ilman edestakaisia pelaajavaihtoja, kuten sisäpallolulajeissa, mikä edellyttää myös aerobisen koneiston hyödyntämistä. Puoliaika kestää 15 minuuttia, joten energiavarastot ehtivät täydentyä osittain jaksojen välillä. Ero voiton ja tappion välillä ratkeaa yleensä välittömien energianlähteiden avulla suoritetuilla liikkeillä, kuten spurtit, potkut ja hypyt. Noin 10 % ottelun energiankulutuksesta, eli 9 minuuttia käytetään fosfokreatiinista ja suurin

osa, eli noin 70 % (63min) energiasta muodostetaan glykogeenista anaerobisesti eli ilman happea. (Pullinen, 2008, 15-16.)

Plyometrisilla harjoitteilla halutaan vaikuttaa ottelun ratkaisevien ominaisuuksien kehittämiseen ja onkin ymmärrettävä, miten niitä kehitetään optimaalisesti. Nopeusominaisuus kehittyy parhaiten, kun alaraajojen lihasten glykogeenivarastot ovat täynnä tai lähes täynnä, minkä vuoksi palautumisajat on oltava tarpeeksi pitkät ATP-KP varastojen uudelleentäyttämiseksi. (McArdle ym. 2015, 164, 165, 169.)

ATP:n avulla urheilija tekee alle parin sekunnin mittaiset suoritukset ja kreatiinifosfaattivarastoistakin (KP) saadaan paras irti alle noin 6 sekunnin suorituksissa, joita plyometriset harjoitteet ovat. Varastot palautuvat puolilleen noin puolessa minuutissa, arviolta 85 % KP-varastoista on täytetty kahden minuutin kuluessa ja täydellinen palautuminen vaatii harjoituksesta ja harjoittelijan taustasta riippuen 5-8 minuuttia. (Mero ym. 2016, 134.)

4.2.2 Nopeus

Nopeus ($velocitas = v$) tarkoittaa liikkeen määrää ja suuntaa eli paikan muutosta tietyssä ajassa tai tietyssä aikayksikössä kuljettua matkaa. (Kauranen 2010, 326) Nopeus on kestävyden, voiman ja koordinaation lisäksi yksi fyysisen suorituskyvyn osista. Nopeus kertoo hermolihasjärjestelmän kyvykkyydestä tehdä liiketoimintoja kontrolloidusti lyhyessä ajassa. Korkea liikeetiheys edellyttää hyvää hermotusta, jota pystytään kehittämään hyvällä liikehallinnalla ja koordinaatiokyvyllä. Tämä mahdollistaa agonisti-antagonisti-lihasparien toiminnan kontrolloinnin ja säätelyn, mikä mahdollistaa motoristisia yksiköiden rekrytointitason noston ja voiman lisäämisen suorituksessa. Motoristen yksiköiden rekrytoinnin avulla liikenopeus yleensä lisääntyy. Monissa lajeissa kyky muuttaa nopeasti liikesuuntaa ja nopeutta on usein tärkeämpää kuin saavuttaa tai ylläpitää korkea suoritusnopeus. (Kauranen 2010, 327.)

Maksimaaliseen kiihdytykseen lähdössä on keskeistä nopea reagointi ja räjähtävän voiman tuottaminen. Mahdollisimman korkean nopeuden saavuttaminen vaatii alaraajan lihaksiston ihanteellista toimintaa. Tärkeä elementti on polvinivelen fleksoreiden eksentrisen lihastyön hermotus ja kontrollointi jalan viennissä eteen. Toinen tärkeä asia on jalkaterän plantaarifleksoreiden venymis-lyhenemissykli ja elastinen energia, voimaa siirrettäessä kantaluun kautta jalkaterään. Mitä voimakkaampi lyhyt impulssi on ja mitä enemmän työntö kohdistuu eteenpäin, sitä tehokkaammin impulssia voidaan hyödyntää siirtämään kehoa juoksun etenemissuuntaan. (Kauranen 2010, 331.)

Kilpaurheilussa nopeus on keskeinen tekijä. Monet liikesuoritukset toteutetaan maksimaalisella voimalla ja nopeudella. Kilpaurheilussa nopeusharjoittelu kohdistetaan pääasiassa

lihaksen hermotukseen, mikä tarkoittaa jatkuvaa harjoittelun vaihtelua ärsykeadaptaation ehkäisemiseksi. Harjoittelua toteutetaan levänneenä ja keskittyneenä riittävän hermostollisen tehon varmistamiseksi. (Kauranen 2010, 328.)

Nopeustaitavuus on kykyä siirtää geneettiset ja hankitut nopeusominaisuudet koordinaatiota ja liikehallintaa vaativiin vaatimuksiin ja suorituksiin. Nopeusharjoittelussa pyritään maksimaalisen suoritusnopeuteen lajinomaisissa harjoitteissa. (Kauranen 2010, 330)

Nopeuden osatekijöitä verratessa fyysiseen kehitykseen, pystytään määrittelemään kasvun ja kehityksen vaiheet, jolloin osatekijöiden kehittäminen on helpointa. (Hakkarainen 2009, 219) Voiman kehittyminen on optimaalisinta silloin, kun hermosolujen myelinisaatio on saavuttanut riittävän tason. Nopeus on vahvasti yhteydessä voiman ja koordinaation kehittymiseen. Nopeuden kehittyminen ajoittuu 10 ikävuoden molemmiin puolin. Erityisesti reaktionopeus kehittyy 6-10 ikävuoden välillä, jolloin reaktionopeutta olisi syytä harjoitella. Noin 14-vuotiaasta lähtien poikien juoksunopeus ja hyppykorkeus kehittyvät tyttöjä paremmin, johtuen suureksi osin suuremmasta lihasmassasta, voimasta ja askelpituudesta. (Mero ym. 2016, 78-79.)

Elinjärjestelmien kehityksen aikataulun vuoksi ennen murrosikää nopeutta tulisi parantaa hermostollisesti. Liiketiheys, reaktiokyky, rytmitaju ja taito ovat asioita, joiden päälle voidaan murrosiässä ja murrosiän jälkeen rakentaa voimatasoa, mikä parantaa jo opittujen hermostollisten tekijöiden tehokkuutta. (Hakkarainen ym. 2009, 141.)

4.2.3 Voima

Voima syntyy kahden kappaleen ollessa vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, jolloin voima kuvaa vuorovaikutuksen suuruutta. Voima voi muuttaa kappaleen liiketilaa (esim. saada kappaleen liikkeelle, kasvattaa nopeutta, hidastaa liikettä tai muuttaa suuntaa), ylläpitää tasapainoa, muuttaa kappaleen muotoa tai saada aikaan vääntövaikutuksen. (Kauranen 2010, 203)

Lihasten voimantuottoon vaikuttaa hermostollinen ohjaus ja lihasten koko. Kuitenkin maksimaalinen voima voi hermostollisessa maksimivoima harjoittelussa kehittyä paljonkin ilman lihaksen hypertrofiaa. Voimantuotto lisääntyy lapsella, nuorella ja aikuisella perimän ja ulkoisten tekijöiden seurauksena (Häkkinen & Ahtinen 2016, 250-252.)

Voima jaetaan 3 alakategoriaan; kestovoimaan, maksimivoimaan ja nopeusvoimaan. Kestovoima on lihaksen kykyä tuottaa samalla voimatasolla liikettä useita kertoja lyhyellä palautusajalla. Maksimivoima on lihaksen tai lihasryhmän suurin voimataso, joka saavutetaan noin 1,5-2 sekunnin sisällä. Nopeusvoima on lihaksen kykyä tuottaa mahdollisimman suuri voima lyhyessä ajassa. Nopeusvoimassa tärkeää on voimantuottonopeus, joka kertoo motoristen yksiköiden aktivointikyvystä. (Kauranen 2010, 144-145.)

Voimantuotto on pääosin riippuvainen lihassolujen hermotuskyvystä. Myös luuston, jänteiden ja tukikudosten kehittyneisyydellä on merkitystä. Hermoston kehittäminen luo pohjaa myös voiman kehittymiselle, vaikka hormonaalinen kehitys ei tätä vielä suurissa määrin mahdollistaisi. (Hakkarainen 2009, 141.)

Sukupuolten välillä ei ole suurta eroa voimaominaisuuksissa ennen murrosikää. Kasvu- ja sukupuolihormonien vähyden vuoksi lihasmassan kasvu on tietyissä rajoissa pysyvää, mutta harjoittelulla lapset ja esimurrosikäiset nuoret voivat parantaa silti 13-30 % voimatasoaan normaalin kehityksen lisäksi. Pääasiassa kehitys perustuu hermostolliseen kehitykseen. Murrosiän hormonaaliset muutokset ajoittavat voiman kasvun huippunopeuden noin 15 ikävuoteen pöjillä. 1-3 vuoden aikaväli pituuskasvun huipun jälkeen on otollisin aika voiman kehittämiseen. (Mero ym. 2016, 77-78.)

Jalkapallossa maksivoima ja nopeusvoima ovat suuressa merkityksessä. Voimaa tarvitaan esimerkiksi spurteissa, hyppyissä, taklauksissa ja potkuissa. Riittävä lihasvoima ja -kestävyys ehkäisevät loukkaantumista. Voimaharjoittelussa keskittyminen tulisi kohdistua jalkapalosuorituksille, jotta suoritukseen saadaan lisää voimaa myös pelitilanteissa. Erityisesti maalivahdeilta vaaditaan räjähtävää voimaa syöksyissä. (Pullinen 2008, 22, 29-30.)

Maksimaalisen suorituskyvyn kehittämiseksi myös Zghal ym. (2019) suosittelevat voimaharjoittelua plyometristen harjoitusten lisäksi. Rajasimme kehitystyön aiheeksi vain plyometrisen osuuden, joten muun harjoittelun ohjelmointi jää valmentajan suunniteltavaksi.

4.2.4 Kestävyys

Jalkapallo on pääasiallisesti kestävyystyyppinen laji. Jalkapallossa kestävyys harjoittelun tulee sisältää matala intensiteettisen aerobisen harjoittelun lisäksi myös kova intensiteettisiä spurteja ja anaerobista harjoittelua, jotta harjoittelu olisi spesifiä jalkapalloseurille. (Pullinen 2008, 26-27.)

Kestävyys on kykyä tehdä pitkäkestoista tehokasta työtä tai liikkua väsymättä sekä elimistön kykyä palautua rasituksesta kuormituksen aikana ja sen jälkeen. Tärkeimmät tekijät kestävyydelle ovat hengitys- ja verenkiertojärjestelmän toimintakyky, rakenteelliset tekijät, hemoglobiinipitoisuus, maksimaalinen hapenottokyky, lihassolujakauma ja energian riittävyys. (Kauranen 2017, 590.)

Lasten ja nuorten hengitys- ja verenkiertoelimistö kasvaa ja kehittyy fyysisen kasvun mukana. Hengityselimistön koon kasvu on yhteydessä pituuskasvuun, etenkin keuhkojen osalta. Sydämen koko, supistumisvoima ja iskutilavuus suurenevät massan kasvun mukana ja säännöllisellä liikunnalla voidaan tehostaa kasvun vaikutuksia. Lasten ja nuorten elintoiminnot sekä

aineenvaihdunta ovat vilkkaampia, kuin aikuisen ihmisen. Erityisesti hengitys- ja verenkiertojärjestelmässä havaitaan eroja fyysiseen suoritukseen sopeutuessa suhteessa aikuiseen. Kasvun ja kehittymisen myötä toiminnot rauhoittuvat levossa ja toimintakyky kasvaa. Myös säätelyjärjestelmien kehittyminen, voimantuoton kehitys, kehonkoostumuksen muutokset sekä hormonitoiminnan kehittyminen harjoittelun tuottamien muutoksien lisäksi vaikuttavat elintoi-
mintoihin ja kestävyuden suorituskykyyn nuorilla. (Hakkarainen 2009, 279.)

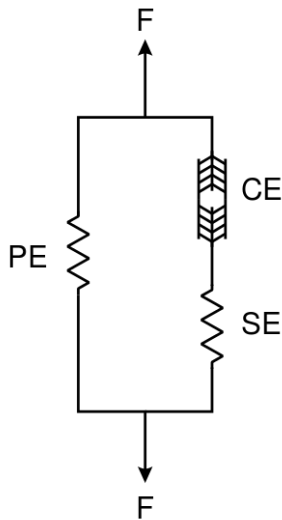
Kestävyysuorituskykyyn vaikuttaa neljä tekijää; maksimaalinen aerobinen teho, suorituksen suhteellinen teho, suorituksen taloudellisuus ja hermolihasjärjestelmän tehotuotantokyky. Kestävyysuoritukset perustuvat aerobiseen energiantuottoon, jonka vuoksi maksimaalinen hapenotto on tärkeää kestävyyslajeissa. Suhteellinen aerobinen teho (%VO₂max) on taso, jolla urheilija pystyy tekemään töitä kestävyysuorituksen aikana. Tähän ominaisuuteen vaikuttaa esimerkiksi aerobinen ja anaerobinen kynnysteho, energiavarojen koko ja väsyminen. (Mero ym. 2016, 272.)

Lapset eivät intensiivisenkään liikunnan aikana tuota yhtä korkeita laktaattipitoisuuksia kuin aikuiset. Tätä selittää muun muassa anaerobisten energiantuotantojärjestelmien entsyymien alhaisemmat määrät, pienempi lihasmassa, kapillaaritiheys, lyhyemmät lihaksen ja veren väli-
set siirtymämatkat, suhteellisesti suurempi nestetilavuus laktaatin diffuusiointiin ja suurempi turvautuminen aerobiseen energiantuottoon. Lapset kuluttavat suhteessa enemmän rasvoja kuin hiilihydraatteja energiaksi samalla kuormitustasolla verrattuna aikuisiin. Nautitun glukoosin käyttäminen energiaksi on yhtä tehokasta tai tehokkaampaa nuorilla kuin aikuisilla. Näiden tekijöiden takia lapset palautuvat tehokkaammin korkeatehoisista suorituksista kuin aikuiset, vaikkakaan suorituskyky ei yllä samalle tasolle. Periaatteessa palautuminen johtuu hermo-lihasjärjestelmän kehittymättömyydestä, minkä takia kaikkia yksiköitä ei pystytä käyttämään ja täten tehontuotto jää matalammaksi. Tästä syystä hermolihasjärjestelmä ei väsy yhtä paljon ja palautuminen on parempaa. Lapset turvautuvat myös suhteessa enemmän hitaisiin ja aerobisiin motorisiin yksiköihin, jotka selittävät pienemmän vaihtelun happoemä-
tasapainossa. Heillä on vähemmän tekijöitä, mistä palautua. Lasten anaerobinen suorituskyky paranee murrosiän loppuun mennessä luonnostaan. Harjoittelemalla voidaan nostaa suorituskykyä jopa 20 % maksimitehosta. Kaikkia kehityksen mekanismeja ei vielä kuitenkaan tunneta. (Mero ym. 2016, 79-82.)

4.3 Biomekaniikka

Hillin vuonna 1938 esittelemässä mallissa lihaksen visko-elastisia ominaisuuksia kuvaavat supistuva komponentti (eng. contractile element, CE), peräkkäinen elastinen komponentti (eng.

series element, SE) ja rinnakkainen elastinen komponentti (eng. parallel element). Oheisessa kuvassa F kuvaa voimaa ja sen suuntaa (eng. force).



Kuva 2: Hillin lihaksen reologinen malli (mukailtu Enoka 2015, 232).

Lihaksen pienin toiminnallinen yksikkö sarkomeeri koostuu pitkittäissuuntaisista myofibrilleistä, jotka muodostuvat lihassupistuksessa lomittain poikittaissiltojen välityksellä liikkuvista aktiini- ja myosiinifilamenteistä. (Enoka 2015, 211). Peräkkäin järjestäytyneet sarkomeerit ovat Hillin mallin mukaan supistuva komponentti (Kauranen 2014, 221; Enoka 2015, 232).

Peräkkäinen elastinen komponentti koostuu sarkomeerien poikittaissilloista, kalvojänteestä, jännekudoksesta ja jännekalvoista, rinnakkaisen elastisen komponentin koostuessa lihaskalvosta (endomysium), sidekudoskalvosta (perimyseum) ja ohuesta sidekudoksesta (epimyseum). Nämä elastiset komponentit antavat lihakselle sen kimmoiset ja joustavat elementit, joita plyometrisella harjoittelulla halutaan kehittämään. (Kauranen 2014, 222.)

Lihaksen nopeaa peräkkäistä eksentristä venytystä seuraavaa konsentrista supistusta kutsutaan venymis-lyhenemissyklukseksi, johon plyometrinen harjoittelu perustuu. Venyviin elastiisiin komponentteihin varastoidaan jousen tavoin energiaa, joka hyödynnetään välittömästi konsentrisen voimantuoton lisäämiseksi (Kauranen 2014, 222-223.) Lihaksen venyessä lihasspindelit lähettävät nousevia hermoratoja pitkin hermoimpulsseja selkäyttimeen, jossa sensoriset reseptorit synapsoivat fasilitoivasti laskevan motoneuronin kanssa, josta impulssi kulkee takaisin lihakseen, milloin supistuvien solujen määrä kasvaa (Kauranen 2014, 447). Pudotushyppyissä lihaksen esijännitys pidentää kontaktiaikaa maahan ja mahdollistaa suuremman voimantuoton kehittämisen kimmoisuutta ja reaktiivisuutta (Kauranen 2014, 222-223).

4.3.1 Vertikaalihyppy

Toinen kirjallisuuskatsauksen kiinnostuskohdistamme vertikaalihypyn kehittyminen plyometrisessä harjoittelussa näyttäytyi pääosin kevennyshyppynä. Kevennyshypyssä urheilija hyödyntää elastista lihasjänne-kompleksiaan käydessään kyykyssä, hypäten kohtisuoraa ylöspäin välittömästi alas päästyään. Näin agonistilihakset hyödyntävät venytystä jousenomaisesti juuri ennen lihassupistusta. Tämä lihasjänne-kompleksin hyödyntäminen vertikaalihypyssä voidaan todentaa elastisuusprosenttina verrattuna staattiseen hyppyyn, jossa urheilija pysähtyy alaseentoon muutamaksi sekunniksi, jolloin venytysliike muuttuu lämpöenergiaksi, eikä hyötyä hyppyyn enää ole. Elastisuusprosentti = $[(\text{kevennyshyppy} - \text{staattinen hyppy}) / \text{staattinen hyppy}] \times 100$. Elastisten komponenttien hyödyntäminen on keskimäärin 10 %. (Kauranen 2014, 222.)

Kyykyssä ja plyometrisessä harjoittelussa tärkeimmät lihasryhmät ovat quadriceps femoris, lonkan ekstensorit-, loitontajat ja lähentäjät, sekä triceps surae. Keskivartalon ydintukilihakset vastaavat isometrisestä työstä liikkeiden aikana ja niistä kerrotaan lisää seuraavassa osiossa. Kyykkyyn lähdetään seisoma-asennosta, jonka jälkeen polvia ja lonkkaa fleksoimalla sekä agonistilihasten eksentrisellä työllä jarrutetaan keho kyykkyasentoon, tässä tapauksessa painovoimaa vastaan. Nilkat dorsifleksoivat myös kyykkyyntäessä, pohkeiden jarruttaessa. (Schoenfeld 2010; Enoja 2015, 146.)



Photo by Nina Drapacz



Photo by Nina Drapacz

Kuva 3: Vertikaalihyppy oikein suoritettuna. Nina Drapacz teoksessa ”The ACL Solution: Prevention and Recovery for Sports Most Devastating Knee Injury” (Marx ym. 2012, luku 7).



Photo by Nina Drapacz

Kuva 4: Vertikaalihypyn virheellinen laskeutuminen polvet valgus-asennossa. Nina Drapacz teoksessa ”The ACL Solution: Prevention and Recovery for Sports’ Most Devastating Knee Injury” (mukailtu Marx ym. 2012, luku 7).

Lihaksen kyky varastoida ja hyödyntää elastista energiaa riippuu lihaspituudesta, esivenytyksen nopeudesta, voimasta esivenytyksen lopussa ja nivelen kulmamuutoksista. Koska lihasaktiivisuus ja energiankulutus ovat matalat nopeassa ja lyhyessä esivenytyksessä, mekaaninen hyötysuhde on korkea. Näin työ tehostuu positiivisesti. (Enoka 2015, 147.)

4.3.2 Ydintukilihakset

Biomekaanisena perusajatuksena selkärangan tulisi olla turvallisessa asennossa jokaisessa liikkeessä. Tehtävä on hyvin haastava ihmisen monipuolisten liikkeiden takia. Selkärangan ja lantion hallinta on hyvin monimutkainen ja haastava tapahtuma. Tilastojen mukaan jopa 90 % ihmisistä kärsii jossain vaiheessa elämäänsä alaselän kivuista. Selän- ja vatsan puolen lihasten kontraktio parantaa huomattavasti rangon stabiiliteettia, lisäten rangon kompressiovoimaa 12-18 prosenttia. Lisäksi se lisää lannerangan tukevuutta jopa 36-64 prosenttia. Ilman lihasten tukea ranka lysähtää kasaan. (Sandström & Ahonen 2011, 219.)

Ydintukilihasten (core muscles) huono toiminta on yhdistetty alaselän vaivoihin ja liikehallintatunnuksen (motor-control signature) ennustavan oireettomista henkilöistä todennäköisimmät tulevat alaselkäkipuiset. Huono lihashallinta voi saada ongelmia aikaan jo pienissäkin kuormituksissa. (Sandström & Ahonen 2011, 219.) Sen takia fyysisesti ja osittain motorisesti kuin motorisestikin haastavia plyometrisia harjoitteita tulisi suorittaa vasta, kun keskivartalo-hallinta on riittävällä tasolla. (Hodges 1999, 78-79).

Syviin keskivartalon ydinlihaksiin luetaan trasversus abdominis, multifidukset, pallea ja lantiopohja. Ne tukevat selkärankaa räjähtävien plyometristen harjoitteiden aikana. Uloimpiin keskivartalon lihaksiin kuuluvat rectus abdominis, erector spinae (iliocostalis, longissimus ja spinalis), sekä sisemmät ja ulkoiset vinot vatsalihakset. Uloimmat ”core”-lihakset auttavat voimantuotossa eri liikkeissä. (Hansen & Kennelly 2017, 191.)

4.4 Hermolihasjärjestelmä ja liikkumisen säätely

4.4.1 Hermosto

Hermosto jaetaan keskus- ja ääreishermostoon. Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin. Ääreishermosto jaetaan sensoriseen hermostoon, somaattiseen, motoriseen hermostoon ja autonomiseen hermostoon. Sensorinen hermosto välittää aistinsolujen tuottamaa tietoa selkäyttimeen takajuuren kautta. Somaattinen motorinen hermosto välittää sähköisiä signaaleja etujuuren kautta selkäytimen kautta tietoa lihakseen ohjaten supistumismääräyksiä. Autonominen hermosto jaetaan vielä sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Sympaattinen hermosto aktivoituu ”taistele tai pakene” -tilanteissa ja vaivaa nykyään ihmisiä stressaavissa tilanteissa. Parasympaattinen hermosto rauhoittaa ja onkin tärkeä ruuansulatuksen edistäjä, joka aktivoituu levossa ja laskee sydämen lyöntifrekvenssiä. (Sand ym. 2015, 105-120.)

4.4.2 Motorinen yksikkö ja lihasreseptorit

Motorinen yksikkö on hermolihasjärjestelmän pienin toiminnallinen yksikkö, joka koostuu liikehermostosta ja kaikista sen hermottamista lihassoluista. Jokainen lihassolu supistuu aina täydellä teholla ”kaikki tai ei mitään” -periaatteella. Alfa-motoneuronin tyyppi määrittää lihassolun supistumistaajuuden ja motoriset yksiköt luokitellaan fysiologisten ominaisuuksien perusteella kolmeen ryhmään. (Kauranen 2014, 87-89.)

Motoriset yksiköt jaetaan I-typin hitaisiin lihassolukkojen yksiköihin, jotka saavat energiansa pääosin oksidatiivisesti ja kestävät väsymystä pitkään. II-typin lihassolut jaetaan vielä IIX-typin nopeisiin, mutta väsyviin glykolyyttisiin- sekä IIA-typin glykolyyttis-oksidatiivisiin lihassoluihin, joilla nopeus-kestävyysominaisuudet ovat kohtalaiset. (Kauranen 2014, 89; Enoka 2015, 221.) Jalkapallossa suurin osa liikkeestä tapahtuu matalalla teholla I-typin lihassolujen ollessa aktiivisena, mutta ottelun kannalta ratkaisevissa tilanteissa II-typin lihassolujen teho merkitsee paljon. (Pullinen 2008, 16, 29-30).

Keskushermosto tarvitsee jatkuvasti tietoa lihasten ja nivelien pituuksista ja paineista oikeiden liikemallien suorittamiseksi. Proprioseptinen informaatio saapuu sensoristen reseptorien välityksellä keskushermostoon. Lihastoiminnan kannalta tärkeimmät reseptorit ovat Golgin jänne-elin, lihassukkula, Paciniformin keräset ja vapaat hermopäätteet. (Kauranen 2004, 92.)

Reseptoreiden toiminta on pääosin tiedostamatonta, kuten Golgin jänne-elimessä. Kyseinen reseptori toimii lihasta fasilitoivalla tai inhiboivalla tavalla. Selkäytimen refleksikaaren avulla heijasteet tapahtuvat todella nopeasti, esimerkiksi liian korkealta plyometrasta pudotushyppyä suorittavan urheilijan Golgin jänne-elin inhiboi eli hillitsee lihasaktivaatiota. Jos lihaskämmät eli lihassukkulat aistivat liian suuren venytyksen- tai Pacinian keräset aistivat liian suuren ulkoisen paineen lihaksessa, ponnistuksen sijaan tapahtuu jalan ns. pettäminen alta kudosvaurioiden välttämiseksi. (Kauranen 2014, 92-98.)

4.4.3 Liikkeiden suunnittelu, toteutus ja koordinaatio

Suurin osa liikkeiden säätelyistä on automaattista, mutta vaikeammat liikkeet vaativat suunnittelua aivoissa. Suunnitelman jälkeen aivot ohjelmoivat tarvittavat lihakset ja nivelkulmat tavoitellun asennon ja päämäärän saavuttamiseen. Jokaisessa vaiheessa isoavot, pikkuaivot ja basaaligangliot. Isoavot luovat päämäärän, basaaligangliot valitsevat toimintatavat ja pikkuaivot säätävät koordinaation sekä ajoituksen. (Sandström & Ahonen 2011, 46-47.)

Koordinaatiokyky (con = rinnalle, ordinatio = sovitus) tarkoittaa liikkeiden yhteistä sovittamista. Ihmisen motoriikkaan sovitettuna (eng. motor coordination) koordinaatiolla tarkoitetaan tahdonalaista keskushermoston motorista säätelyä, jossa lihasten toiminta sulautetaan

motoriseksi kokonaisuudeksi tarkoituksen mukaisissa liikkeissä. Motorinen koordinaatio jaetaan Kaurasen (2011, 14). mukaan raajan sisäiseen, raajojen väliseen- ja silmäkäsi koordinaatioon.

Pienetkin liikkeet vaativat motorista koordinaatiota tavoitellun liikkeen toteuttamiseksi. (Schmidt & Lee 2011, 294). Lihaskoordinatiolla saadaan aikaan agonistiantagonisti (eng. agonist-antagonist coordination) lihasparin hermotuksen kehitystä. Vaikuttajalihaksen eli agonistin voiman kehittyessä jarruttavan vastalihaksen, antagonistin aktiivisuus vähenee (ns. käsijarruefekti). (Kauranen 2014, 390.) Näiden vastavaikuttajalihasten koordinaatio onkin nopeasti parannettavissa harjoittelulla, toisin kuin esimerkiksi voiman ja lihasmassan kasvattaminen eli hypertrofia. Antagonistia tarvitaan lähinnä stabiloimaan niveltä liikkeen aikana, sekä jarruttamaan lihassupistuksen loppupäässä liikettä ylijännityksen välttämiseksi. (Hamami ym. 2019).

5 Plyometrinen harjoittelu nuorilla jalkapalloilijoilla

Opinnäytetyö on rajattu jalkapallon voimaharjoittelun alalajin, nopeusvoiman plyometriseen harjoitteluun. Plyometrisella harjoittelulla (krei. plio=enemmän, lisää, metria=mittaaminen) tarkoitetaan lihaksen hyödyntämää esivenytyksen jälkeistä supistusta venymis-lyhenemisykluksessa. (Kauranen 2014, 447 & Kauranen 2017, 583).

Plyometrisilla harjoituksilla pyritään kehittämään kimmoisuutta ja törmäysvoimien sietämistä. (Rytkönen 2020, 96). Venymis-lyhenemisyklus (SSC) sisältää esijännityksen, eksentrisen venymisen ja konsentrisen lihassupistuksen. SSC: n suorituskykyä säätelee neuromuskulaarinen toiminta, joka vaatii tehokasta vuorovaikutusta sekä hermo- että lihassysteemien välillä. Rakenteelliset ja hermotekijät kehittyvät luonnostaan lapsuudesta aikuisuuteen, mikä mahdollistaa SSC: n tehokkaamman neuromuskulaarisen säätelyn. Tutkimukset ovat osoittaneet, että lihaksen venyttäminen ennen nopeasti tapahtuvaa lihassupistusta tuottaa suuremman voiman ja noin 10 % paremman hyppykorkeuden pelkkään konsentriseen työhön verrattuna. Useimmat aktiviteetit, joihin nuoret rutiininomaisesti osallistuvat, ovat plyometrisiä luonteeltaan. Pohjimmiltaan lapsi, joka juoksee, hyppii, väistelee, hyppii naruja tai tanssii, osallistuu ja täten kehittää, plyometrista submaksimaalista venymis -lyhenemisyklus kykyään. (Cronin & Radnor 2020, 188-192)

Lihaksen elastiset komponentit varastoivat energiaa, jota voidaan jousimaisesti hyödyntää välittömästi venytyksen jälkeisenä supistuksena. Mikäli esivenytystä ei hyödynnetä liike-energiaksi lihassupistuksessa tarvittavan nopeasti, muuttuu se lämpöenergiaksi. (Cavagna 1970 & Kauranen 2014, 222.)

Plyometriset harjoitukset mahdollistavat lihaksen maksimaalisen voimantuoton hyvinkin lyhyessä ajassa, esimerkiksi hyppyissä. Harjoittelun tarkoituksena on tehostaa liikkeitä hyödyntämällä elastisten komponenttien lisäksi monosynaptista venytysrefleksiä. Suurta nopeutta ja tehoa vaativissa lajeissa harjoittelumuotoa olisikin hyvä hyödyntää. (Kauranen 2014, 447) Plyometrinen harjoittelu kehittää urheilijan räjähtävyyttä kiihdytyksissä ja hyppyissä esimerkiksi puskupalloissa (Maamer ym. 2016), sekä suunnanmuutoksissa (Asadi ym. 2016).

Jalkapallon keskimääräisen spurtin pituuden ollessa 19,3 metriä on liikkeelle lähtö ja kiihdytyksen nopeus tärkeää (Pullinen, 2008, 12-13). Saez de Villarreal, Requena & Cronin (2012) huomasivat meta-analyysissään, että plyometrinen harjoittelu näyttäisi olevan tehokas tapana nostaa spurttien tehoa lyhyissä matkoissa, korkean intensiteetin spurteissa, alkukiihdytyksissä ja spesifeissä räjähtävissä suorituksissa.

5.1 Motoristen taitojen oppiminen

Monet kasvuun ja kypsymiseen liittyvät fysiologiset muutokset tapahtuvat nopeasti lapsuudessa ja nuoruudessa. Lapsuudessa aivojen alueet, pääasiassa sensomotorinen aivokuori, kehittyvät luonnollisesti kiihtyneellä nopeudella. Tämä vaikuttaa fyysisiin ominaisuuksiin, kuten tasapainoon ja ketteryyteen. Lapsuus on tärkeää aikaa oppia ja parantaa perustavanlaatuisia liiketaitoja ja kehittää neuromuskulaarista koordinaatiota, joka yhdistettynä lisääntyneeseen voimantuotantoon parantaa motoristen taitojen pätevyyttä. (Lloyd, Moeskops & Granacher 2020, 103, 105)

Yhä useammilla lapsilla on riittämättömät motoriset taidot. Tämän oletetaan johtuvan etenevässä määrin paikallaan pysyvässä elämäntyylissä. Motoristen taitojen varhainen puute voi hidastuttaa tai jopa estää etenemisen monimutkaisimpien liikkumismuotojen oppimiseen ja kehittämiseen. Fyysisen kunnon parantaminen lapsuusiällä on tärkeää tulevaisuudessa motoristen taitojen oppimiseksi ja loukkaantumisriskin pienentämiseksi. Kuitenkin monen nuoren urheilijan, jonka motoriset taidot ovat jääneet vajavaiseksi, liikunta spesifioituu aikaisessa vaiheessa lajin mukaiseksi. Tämä on yleisten motoristen taitojen kustannuksella tehtävää harjoittelua, jonka on osoitettu vähentävän liikkeiden kapasiteettia ja monimuotoisuutta. Liikkumisen yksipuolisuus on yhteydessä vammariikkiin etenkin ylikuormitus oireyhtymän, uupumisen ja psykologisen stressin kautta. (Lloyd, Moeskops & Granacher 2020, 104.) Vaativimmat plyometriset harjoitukset edellyttävät aina perustason voimatasoa ja motorisia taitoja. (Hansen & Kennelly 2017, 239).

Motorinen oppiminen voidaan jakaa prosessiksi, jonka avulla kehitetään ja käytetään motorisia ohjelmia (engl. motor program). Motorinen ohjelma sisältää tietyn liikesuorituksen neuralisen tiedon, mitkä lihakset täytyvät supistua, mikä on niiden supistusvoima- ja järjestys,

sekä kauan supistus kestää. Motorisen ohjelman ensimmäinen vaihe on liikekäskyjen määrääminen. (Coh ym. 2004) Tämä pohjautuu Schmidtin (1975) esittämään skeemateoriaan, jossa ”skeema” viittaa yleistykseseen tai sääntöön, joka auttaa ihmistä soveltamaan opittua motorista tietoa. Liikuntataidoissa seuraavat neljä asiaa jää teorian mukaan muistiin: a) alkutilanne kuten kehon asento, b) parametrit eli liikkeen ominaispiirteet, kuten liikkeen ajoitus ja järjestys, c) liikesuorituksen lopputulos ja ulkoinen palaute ja d) liikkeen aiheuttamat sensoriset tuntemukset, eli miltä liike tuntui. Motorinen oppiminen koostuu teorian mukaan jatkuvasti päivittyvästä liikemallista, jota verrataan aiemmin opittuun motoriseen ohjelmaan.

Proprioseptinen palaute on olennaisen tärkeä motoriselle oppimiselle. (Sandström & Ahonen 2011, 66-67). Plyometriset loikat ovat hyvä esimerkki motorisesta suorituksesta. Jalan törmäyksessä alustaan proprioseptorit aistivat muutoksen paineessa ja nivelkulmissa, johon vastataan suurella voimalla venytysrefleksiä hyödyntäen. Aiemmin mainittu Golgin jänne-elimen ja jarruttavien antagonistilihasten vaikutusta halutaan vaimentaa. Motorisessa oppimisessa kuva ilmalennon asennosta ja mielikuvaharjoite tästä tehostaisi varmasti loikkien optimaalisia hyötyjä.

Motorisessa oppimisessa on omat viisi eri vaihdetta; 1) varhainen nopea vaihe, koskien ensimmäistä harjoittelukertaa, 2) myöhempi hidas vaihe, jossa suoritustaso kehittyi useamman harjoittelukerran aikana, 3) konsolidaatiovaihe, jonka aikana suoritustaso nousee levon aikana, 4) automatisoitumisen vaihe, jolloin suoritus kaipaakaan hiukan kognitiota, eikä huonone 5) retentiovaihe, jossa taito voidaan suorittaa ilman lisäharjoittelua tauonkin jälkeen. (Clark & Ivry 2010.)

Liikkumiskykyä, mukaan lukien juoksua, hyppäämistä ja ponnahtelua, voidaan tehostaa, kun lapset seuraavat ikään sopivia harjoitusohjelmia. Esimerkiksi voimaharjoittelu, plyometrinen harjoittelu, yhdistetty voima- ja voimaharjoittelu sekä integroiva neuromuskulaarinen harjoittelu, ovat kaikki johtaneet siihen, että nuoret ovat parantaneet merkittävästi suorituskykyään. Koska suuremmat suhteelliset maareaktivoimat edistävät positiivisesti työntövoimaa liikkumisen aikana, voimaa pidetään tärkeänä tekijänä juoksussa. Ottaen huomioon hermostokoordinaation luonnollisen lisääntymisen lapsuudessa ja nopeiden supistumisnopeuksien merkityksen spurttamisessa ja hyppäämisessä, plyometrinen harjoittelu on ensisijainen harjoittelun ärsyke nuorten liikkumiskyvyn parantamiseksi. Kumulatiivisesti tämä korostaa motoristen taitojen harjoittamisen interventioiden sisällyttävän harjoitteita, jotka lisäävät lihasten voimaa ja korkeampaa supistumisnopeutta, jotta urheilija voi suorittaa liikuntasuorituksia tehokkaammin. (Lloyd, Moeskops & Granacher 2020 106-109.)

Motorisen oppimisen vaiheet etenevät seuraavassa järjestyksessä:

- 1) Taitojen oppimisen alkuvaihe eli verbaaliskognitiivinen vaihe

- 2) Motorinen/assosiatiivinen vaihe
- 3) Lopullinen taitojen oppimisvaihe, autonominen vaihe



Kuva 5: Motorisen oppimisen vaiheet

Ensimmäisessä taitojen oppimisen vaiheessa pyritään ymmärtämään oman kehon, tilan, liikkeen ja ajoituksen hahmottaminen. Päätöksentekoprosessi vie paljon huomiota, eikä kapasiteetti riitä välttämättä ympäristön tarkkailuun, joten suljettu, turvallinen ja ennakoitava ympäristö on aluksi plyometriselle harjoittelulle hyvä lähtökohta. Urheilijan tulee analysoida itse toiminnan tavoite ja tehdä toimenpiteet sen saavuttamiseksi. Sisäinen ja ulkoinen palaute ovat tärkeitä liikkeen oppimisen kannalta. Aluksi suoritukset ovatkin jäykkiä ja hidastettuja, sillä harjoittelija lukitsee osan nivelien vapausasteistaan kaiken prosessoinnin seurauksena. Liikenopeuden kasvaessa proprioseptisen palautteen osuus vähenee, eikä urheilija pysty hyödyntämään sisäistä palautetta tehokkaasti. Tämä johtaa liikkeen hidastettuun suorittamiseen ja korostaa ulkoisen palautteen merkitystä. (Kauranen 2011, 356-357.)

Harjoitteluvaiheessa urheilija on selvittänyt suurimman osan strategisista ja kognitiivisista ongelmista. Tämä johtaa tehokkaampaan motoriseen liikkeeseen ja urheilija pystyy keskittymään pienempiin yksityiskohtiin. Suorituskyky kasvaa vielä suhteellisen nopeasti, mutta pääasiassa tämä johtuu ajoituksen, sulavuuden, ja rentouden ansiosta. Huomiokyky jää myös ympäristön aistimiseen. (Kauranen 2011, 357-358.)

Lopullisessa taidon oppimisen vaiheessa kehittyminen on enää verrattain hidasta. Saavutettu taso on jo lähes automaatio ja vakio. Tähän vaiheeseen pääsy vie keskimäärin 10 vuotta tai 10 000 harjoittelutuntia. Keskushermoston adaptaatiokyvyn yläraajaa ei tunneta kovin hyvin, joten kehittyminen on rajan jälkeen yhä mahdollista, vaikka se on hidasta. (Kauranen 2011, 359.)

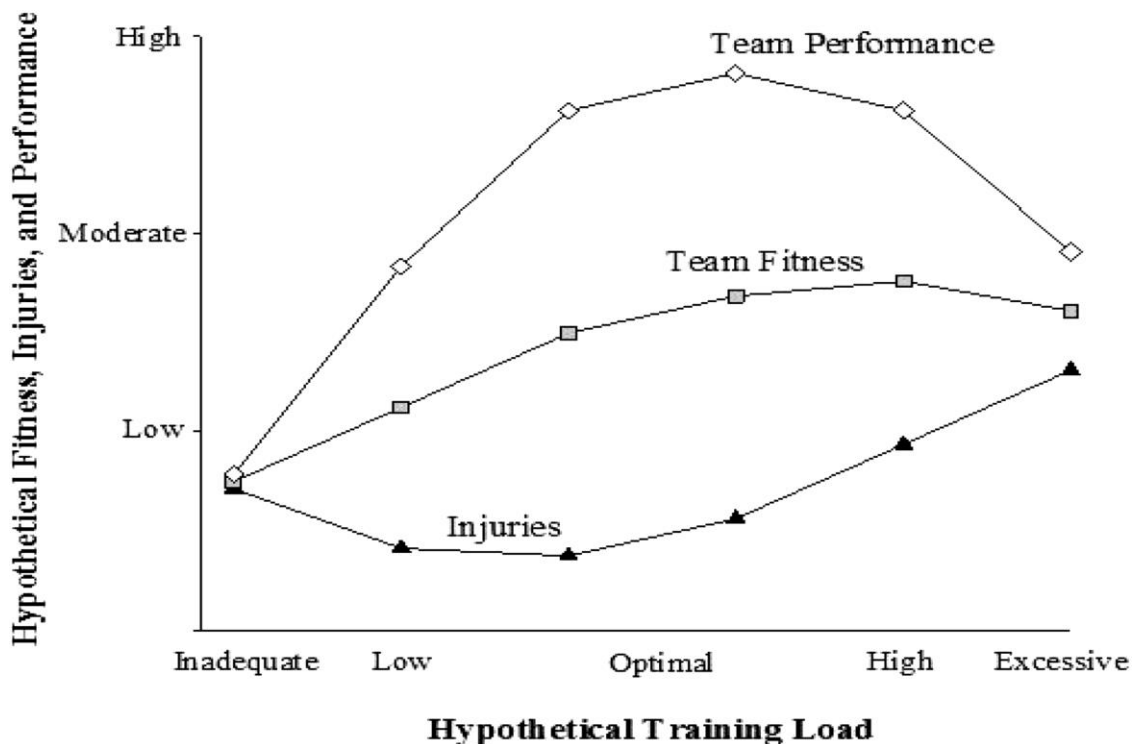
5.2 Kokonaiskuormituksen huomiointi

Valmentajan on otettava urheilijan mahdolliset muut lajit huomioon suunnitellessaan plyometrisia harjoituksia. Nuorilla pojilla voi olla useampia harrastuksia ja esimerkiksi jääkiekossa loikkaharjoitukset ovat teini-iässä yleisiä. Jalkapallovalmentajan olisi säilytettävä

keskusteluyhteys pelaajaan kokonaiskuormituksesta ja mahdollisesti olla yhteydessä vanhempiin tai toisen lajin valmentajaan.

Nykyajan teknologia mahdollistaa helposti nykynuorten kokonaisvaltaisen kokonaiskuormituksen seuraamisen. Seuran käyttämiin valmennussovelluksiin pelaaja voi harjoituksen jälkeen merkitä oman koetun rasituksen niin fyysisesti kuin psyykkisesti, eikä datan näppäily älypuhelimien veisi nuorelta kuin joitain kymmeniä sekunteja harjoituksen jälkeen. Tällainen on käytössä toisella opinnäytetyötä tekevän opiskelijan valmennettavassa joukkueessa (Coach-tools.fi 2020.)

Palautumisen seurantaan voidaan käytännössä soveltaa vauhditonta pituutta tai kevennyshyppyä. Jos urheilija ei pääse 95 % tulokseen omasta parhaasta suorituksestaan, ei plyometrista harjoitusta kannata välttämättä tehdä päivän kunnan mukaan (Koskinen 2018.)



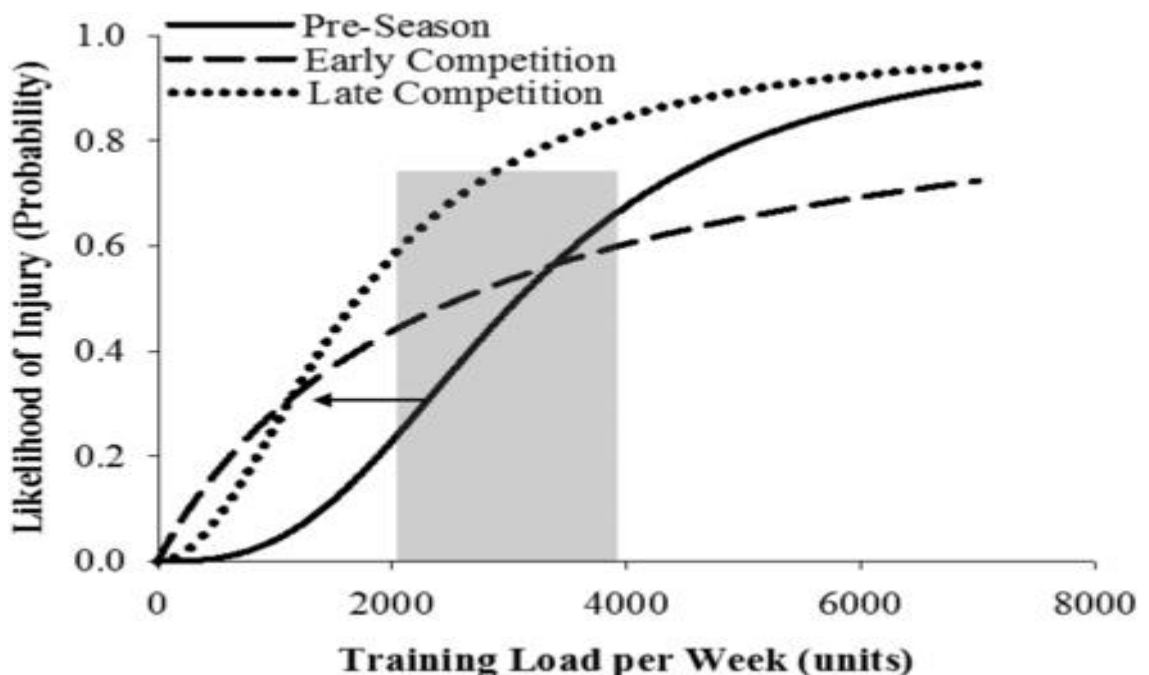
Kuva 6: Hypoteettinen vuorovaikutus harjoittelumäärällä, joukkueen kunnolla, loukkaantumisilla ja suorituskyyvällä. (Mukailtu Gabbett 2016).

Sopivasti annosteltu kuormitus pienentää pelaajien todennäköisyyttä loukkaantua kilpailukaudella ja terveet harjoituspäivät mahdollistavat kehittymisen. Riittämätön harjoittelu ei valmista joukkuetta lajin vaatimalle tasolle ja loukkaantumisriskikin on korkea. Toisaalta liian kova harjoittelu suhteessa palautumiseen nostaa loukkaantumisriskiä ja laskee suorituskyykyä.

On tiedostettava riskit, joita kilpaurheilussa suorituskyvyn maksimoiseksi on otettava ja niiden ajoitus huomioitava. (Gabbett 2016, 5).

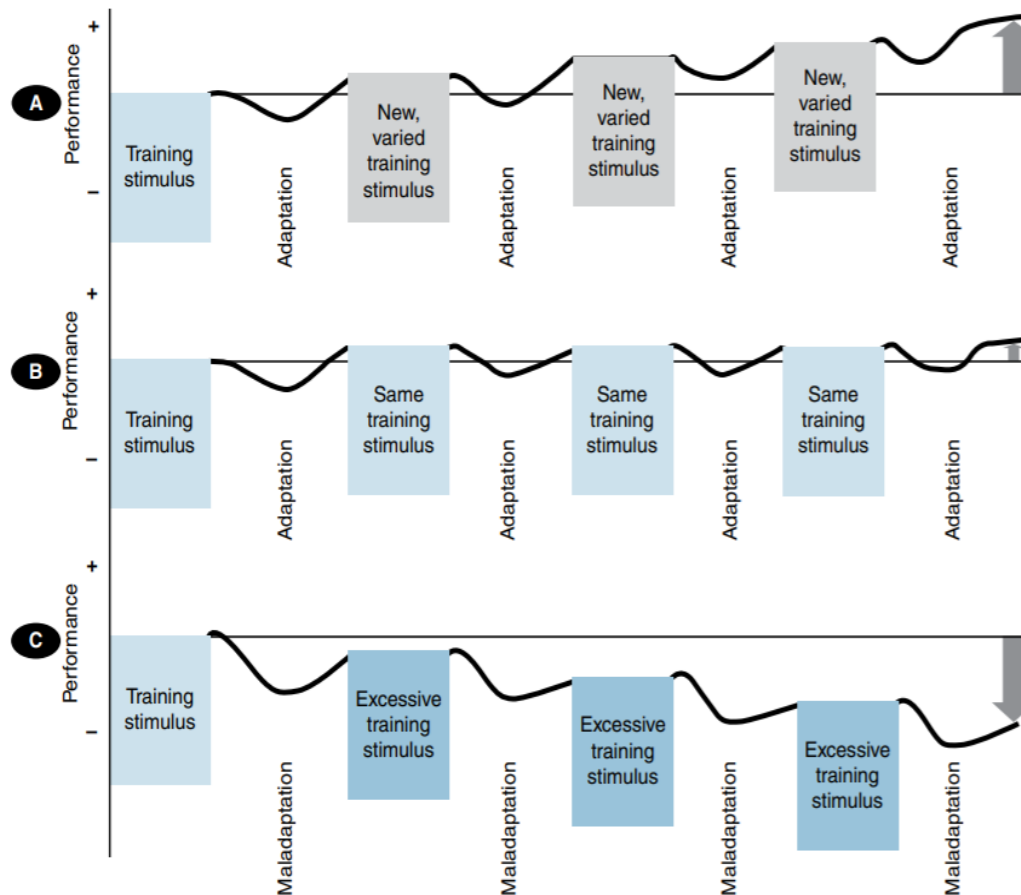
Kuormitusta voidaan mitata ulkoisella harjoituskuormalla ja sitä voi myös avustaa sisäinen harjoituskuorma. Näitä Gabbett kutsuu fysiologiseksi tai koetuksi kuormittavuudeksi. Ulkoiset harjoittelukuormat voivat sisältää esimerkiksi juostun matkan, nostetun painon tai intensiivisten spurttien määrä. Sisäinen harjoittelukuorma sisältää tunnetun väsymyksen ja sydämen sykkeen. Yksittäiset tekijät kuten kronologinen ikä, harjoittelunkesto, harjoitushistoria ja fysiologinen kapasiteetti yhdistettynä ulkoiseen sekä sisäisen harjoittelukuorman määrittelevät harjoittelun lopputulokseen. Yksittäinen harjoitus samalla ulkoisella kuormalla voi tuottaa merkittäviä eroavaisuuksia kahdessa saman ikäisessä, mutta eri ominaisuuksilla varustetussa urheilijassa. Harjoituksen ärsyke voi olla sopiva toiselle urheilijalle, mutta epäsopiva toiselle urheilijalle. (Gabbett 2016, 2-3.)

Sisäinen harjoittelukuorma on urheilijan kokemus yrittämisen tasosta ja kuormittavuudesta. Yksi keino harjoittelun seuraamiseen on RPE-asteikko (rate of perceived exertion). Siinä harjoituksen jälkeen kysytään asteikolla 1-10 harjoituksen koetusta intensiteetistä. Harjoittelun kesto minuutteina kerrotaan koetulla intensiteetillä. Jalkapallossa matalan intensiteetin harjoitukset ovat yleensä 300-500 yksikköä ja korkea intensiteettiset harjoitukset 700-1000 yksikköä. (Gabbett 2016, 2.)



Kuva 7: Yhteys harjoittelukuormalla, harjoitteluvaiheella ja loukkaantumisriskillä eliittuurheilijoilla joukkuelajeissa. (Mukailtu Gabbett 2016).

Gabbett tutki 2 vuoden ajan harjoittelukuorman ja koetun intensiteetin vaikutusta loukkaantumisriskiin eliitti rugby pelaajilla. Yllä olevasta kuvasta voidaan havainnoida tuloksia. Valmistautumiskaudella harjoitellessa 3000-5000 yksikön viikkotasolla loukkaantuminen on 50-80 % todennäköisempää kuin harjoitellessa 1700-3000 yksikön viikkotasolla. (Gabbett 2016, 4.)



Kuva 8: Harjoitusärsyke ja adaptaatio. (Mukailtu Buzzichelli & Bomba 2018, luku 1.)

Mikäli harjoitusärsyke on aina sama, keho adaptoituu siihen, eikä kehitystä tapahdu enää alun jälkeen. Toisaalta liian vähäinen palautuminen tai liian kova ärsyke ei anna keholle aikaa sopeutua, jolloin suorituskyky laskee. Myös liian vähäinen ärsyke laskee suorituskykyä (Buzzichelli & Bomba 2018, luku 1.)

5.3 Vammojen ennaltaehkäisy, turvallisuus ja kontraindikaatiot

Lihavauriolla (eng. muscle damage, muscle injury) tarkoitetaan lihaskudoksen fyysisissä rakenteissa tapahtunutta vammaa, häiriötä tai muuta rikkoumaa, joka aiheuttaa voimantuoton tai muiden toimintojen heikentymistä. Lihavaurio aiheuttaa kudoksessa kivun lisäksi biokemiallisia, histologisia ja toiminnallisia muutoksia. Histologisia (kreik. histologia = kudospippi)

muutoksia voidaan havaita välittömästi traumaperäisen vamman jälkeen, tai ne voivat ilmaantua 12 tuntia raskaan harjoituksen jälkeen. Kudosvaurioissa muutoksia havaitaan sarkomeerien Z-linjoissa ja lihassäikeissä, solulimakalvostossa, putkijärjestelmissä ja hiusverisuonissa. (Kauranen 2014, 260.)

Lihaskudosvaurion biokemiallisilla muutoksilla tarkoitetaan lihaskudoksen proteiini- ja entsyymipitoisuuksien vaihteluita sekä tulehdusmarkkeriaineiden ilmaantumista kudoksiin, virtsaan ja vereen. Lihaskudosvaurio aiheuttaa lisäksi proteolyysiä (lihaksen rakenneproteiinien hajoamista), jolloin erilaisia proteiinientsyymejä pääsee verenkiertoon. Toiminnallisia muutoksia lihaskudosvaurio voi näkyä lihasvoimien 10-20 prosentin laskuna, väsymisenä, hermotuksen häiriintymisenä, liikelaajuuksien kaventumisena ääripäästä 5-20 astetta, sekä lihasturvotuksena ja arkuutena. (Kauranen 2014, 260.) Nuorten lihakset ovat vielä kehittymässä 13-17-vuotiailla ja liian kuormittava plyometrinen harjoittelu lisää todennäköisesti myös lihasvaurioiden riskiä alaraajoissa.

McKayn ja Henschken (2012) mukaan todisteet viittaavat siihen, että plyometriset harjoitusohjelmat ovat turvallisia toteuttaa, jos progressio on pelaajalle sopiva, ohjeistus on selkeä ja urheilijalla on vähintään keskiverrot motoriset taidot. Kovatehoisia hyppelyitä voi toteuttaa, kun tekniikka ja keskivartalon hallinta ovat riittävällä tasolla. Pääosa hyppelyistä on tapahtuva kuitenkin matalalla teholla kantapäiden ja lanneselän loukkaantumisten välttämiseksi. (Hakkarainen 2009, 209.) Plyometrisella harjoittelulla on havaittu merkittävä vaikutus neuromuskulaarisen vajuuden parantajana ja loukkaantumisten ennaltaehkäisijänä. (Hansen & Kennelly 2017, 239).

Keskivartalon hallinta on olennainen osa kaikkea harjoittelua, etenkin plyometrisia harjoitteita tehdessä. Syvät vatsalihakset ovat ensisijaisesti vastuussa keskivartalon tuen tarjoajina siten ryhdin ylläpitäjinä erilaisten liikkeiden aikana. Uloimmat vatsalihakset avustavat dynaamisissa liikkeissä voiman välityksessä, kuten spurteissa ja hypyissä. (Hansen & Kennelly 2017, 189-190.) Urheilijan on hallittava kroppansa monipuolisissa ja muuttuvissa liikkeissä, kuten startti paikaltaan, pysähtyminen, käännökset ja suunnanmuutokset, hypyt, laskeutumiset sekä muun liikkeen, kuten juoksun aikana. Progressiivinen harjoitusten kehittäminen ja tarvittavat perusominaisuudet kehittävät suorituskykyä, mutta ennaltaehkäisevät myös loukkaantumisilta. (Hansen & Kennelly 2017, 240.)

Plyometriset harjoitteet eivät sovellu loukkaantuneille pelaajille. Kontraindikaatiot ovat kipu, tulehdus, nyrjähdys, yllärasitus, nivelten instabiliteetti tai esimerkiksi leikkauksesta johtuvat pehmytkudosrajoitukset alaraajoissa. Suorituskyvylliset kontraindikaatiot ovat perusvoima, taidot ja keuhonhallinta. Tietty perustaso on oltava, jotta plyometrisia harjoituksia voidaan edes alkaa harjoittamaan. (Davies, Riemann & Manske 2015.) Oppaassamme on huomioitu

matala lähtötaso, eikä kokemattomat etene kova intensiteettiin plyometrisiin harjoitteisiin ennen perustason saavuttamista. 12-14-vuotiaat pojat kestävät keskimäärin intensiteetiltään keskitasoista eksentristä ja plyometrisia kahden jalan harjoitteita. 14-16-vuotiaat kestävät keskimäärin haastavampia hyppyjä ja liikkeitä plyometrisessa harjoittelussa. Vanhemmat urheilijat ovat yleensä valmiita korkean intensiteetin loikkiin ja pudotushyppyihin. (Lloyd, Meyers & Oliver 2011.)

5.4 Havaittuja fysiologisia muutoksia plyometrisen harjoittelun seurauksena

Plyometrisen harjoittelun seurauksena on monissa tutkimuksissa havaittu fysiologisia muutoksia, joilla on edullinen vaikutus suorituskykyyn. Hermostollinen adaptoituminen saattaa olla pääroolissa plyometrisesta harjoittelusta saatavista fysiologisista hyödyistä. (Markovic & Mikulic 2010, 859-860.)

Kaksoiskantalihaksen mediaalinen pää pidentyi 12 viikon harjoittelun tuloksena huomattavasti eksentristä lihastyötä tekevällä ryhmällä verrattuna konsentrista harjoittelua tekevään ryhmään. Lisäksi dorsifleksion kulma ja lihaksen paksuus lisääntyi merkittävästi eksentristä lihastyötä tekevällä ryhmällä, verrattuna konsentrista työtä tekevään ryhmään. (Kudo, Sato & Miyashita 2020, 277-279.)

Plyometrisen harjoittelun on havaittu monissa muokkaavan akillesjänteen jäykkyyttä suuremaksi, jonka oletetaan mahdollistavan suuremman elastisen energianvoiman hyödyntämisen. Kuitenkin osissa tutkimuksista, joissa akillesjänteen jäykkyyttä on tutkittu, ei ole havaittu jänteen jäykkyydessä suurentumista. Muutamassa tutkimuksessa on jopa havaittu jänteen jäykkyyden vaikuttavan negatiivisesti konsentriseen työvaiheeseen. (Markovic & Mikulic 2010, 866.)

6-15 viikkoa kestävien plyometristen harjoittelujaksojen toteutetuissa mittauksissa on tutkimuksissa havaittu jäykistymistä monissa anatomisissa rakenteissa. Havaittuja muutoksia on nähty nivelen jäykkyydessä, lihasjänne jäykkyydessä, tai yhdessä elastisessa komponentissa Hillin määrittelyn mukaan. Akillesjänteen jäykkyyden lisääntymisestä on ristiriitaista tietoa ja tutkimuksissa on havaittu jopa akillesjänteen pidentymistä plyometrisen harjoittelun seurauksena. Yleisesti kuitenkin akillesjänteen voidaan olettaa jäykistyvän, mikä oletettavasti lisää ponnistusominaisuuksien suorituskykyä. (Markovic & Mikulic 2010, 865-866.)

Plyometrisen harjoittelun on havaittu muokkaavan lihassolujen tyyppiä. Useat hitaat lihassolut muokkaantuivat ulomassa reisilihaksessa nopeiksi lihassoluiksi. Kuitenkin samasta aiheesta tehdyt kaksi tutkimusta eivät havainneet ulomassa reisilihaksessa samaisia muutoksia. (Markovic & Mikulic 2010, 866-867.) Useat tutkimukset havaitsivat myös plyometrisen

harjoittelun edistävän maksimaalista vääntömomenttia sekä etureiden lihaksissa että kaksoiskantalihaksessa. Lisäksi plantaarifleksoreiden lihassupistukseen kulunut aika pieneni. (Markovic & Mikulic 2010, 866-867.)

Neuraalinen adaptaatio ja hermostollinen kontrolli keskushermostollisissa, sekä ääreishermostollisissa komponenteissa on avainasemassa voiman tehostumisessa plyometrisessä harjoittelussa. Monet tutkimukset ovat tutkineet lihaksien aktivaatio tasoja plyometrisen harjoittelun aikana ja aktivaation kehittymistä harjoittelujakson seurauksena lihassähkökäyrällä. Löydökset olivat ristiriitaisia. Havaittuja muutoksia olivat; adduktoreiden preaktivaatio ja addukto-
reiden ja abduktoreiden yhteistoiminnan kehittyminen pudotushyppyjen aikana, preaktivaatio polven ekstensoreissa pudotushypyissä ja plantaarifleksoreiden lisääntynyt lihasaktiivisuus konsentrisen vaiheen aikana vertikaalihypyissä. Lisäksi maksimaalisen tahdonalaisen lihassupistuksen on havaittu paranevan plantaarifleksoreissa, muttei polven ojentajissa. Tutkimustulokset ovat ristiriitaisia, mutta voidaan päätellä, että plyometrinen harjoittelu vaikuttaa hermostollisesti lihaksiin. (Markovic & Mikulic 2010, 868-869.)

5.5 Edellytykset plyometriselle harjoittelulle: ”checklist”

Voimaharjoittelun, kuten myös plyometrisen harjoittelun edellytyksiä ovat keskivartalon alueen koordinaatio ja lihaskestävyys. Alueeseen luetaan vatsa, kyljet, lonkankoukistajat ja pakarat. Hallinnan ollessa riittävällä tasolla, voidaan alaraajojen voimantuottoa alkaa kehittää, sillä lantion pettäessä liikkeen aikana, ei suurikaan lihasvoima välity tehokkaasti vasta-voiman puuttuessa. Hyppelyt ovat erinomaisia elastisuutta ja hermostoa kehittäviä harjoituksia, kunhan muistetaan annostelu ja pidetään riskit matalana. Virheellinen suoritus tekniikka, kova alusta, kehonhallinnan heikkous ja liian suuri teho altistavat loukkaantumisille. Hyppelyt onkin hyvä aloittaa matalalla teholla. (Hakkarainen 2009, 206-208.)

Keskivartalon lihaksisto toimii koordinoitusti. Rangan fleksiosta vastaavat rectus abdominis ja iliopsoas, ojennuksesta erector spinae yhdessä lantion ojentajien, kuten pakaroiden ja takareisien kanssa, sekä vartalon rotaatiosta ja lateraalifleksiosta vastaa ulommat ja sisemmät vi-not vatsalihakset. Kaikki nämä keskivartalon hallintaan ja voimaan vaikuttavat lihakset pitää harjoittaa hyvälle tasolle optimoidakseen suorituskyky ja välttääkseen loukkaantumiset. (Hansen & Kennelly 2017, 191.)

Hyppelyt kehittävät lihassolujen hermotusta ja tukikudosten elastisia komponentteja. Lapsilla hyppelyt voidaan sisällyttää leikkeihin ja peleihin, mutta vanhemmille tulisi opettaa jo loikka-tekniikoita. Alustan tulee olla tarpeeksi pehmeä. Jalkapalloilijoilla suositetaan nurmikentällä suoritettavia plyometrisiä harjoitteita. (Hakkarainen 2009, 208.)

Matalatehoiset hyppelyt tulisi olla perusta plyometriselle harjoittelulle. Tällä tavoin vahvistetaan luuston massaa, mineraalitiheyttä ja rakennetta. Tuki- ja sidekudokset kehittyvät myös iskutuksen ansiosta, sekä aisti- ja liikehermoston koordinaatio voi parantua. Jo matalatehoisissa hyppelyissä kehon raajoihin kohdistuu hetkellisesti 2-3 kertaisia kehonpainon suuruisia voimia, joten progression on oltava maltillinen. Matalatehoisia hyppelyitä voi tehdä noin 20-50 toiston sarjoja 30-90 sekunnin palautuksilla. (Rytkönen 2020, 97.)

Matalatehoisten hyppelyiden lisäksi jalkapalloilijoiden tulisi oppia laskeutuminen hypystä, eli toteuttaa kevyttä eksentristä harjoittelua matalalla intensiteetillä. Aluksi on turvallista harjoitella kahden jalan liikkeitä, esimerkiksi pienestä hypystä alastulo kahdelle jalalle jarruttaen pysähdys tiettyyn nivelkulmaan. (Lloyd, Moeskops & Granacher 2020 194, 197.)

Harjoittelussa tulisi aluksi keskittyä olennaisiin liikkumistaitoihin ja laskeutumisen mekaniikan hyvään oppimiseen. Tähän tulisi käyttää matalan tason eksentrisiä harjoitteita. Kun tekninen osaaminen on saavutettu, voidaan strukturia ja intensiteettiä vasta lisätä. Alkuvaiheessa tekniikan hallitsemisen jälkeen voidaan lapset tai nuoret saada tutustumaan sarjahyppyihin, boksen päälle hyppäämiseen ja toistuviin pienten aitojen yli hyppäämiseen. Joukkueharjoittelussa valmentajan vastuu on ohjata harjoite sille tasolle, että jokaisella on edellytykset turvalliseen harjoitteluun. (Cronin & Radnor 2020, 52, 189-190.)

Mielestämme nuoret on hyvä jakaa fyysisten valmiuksiensa perusteella pienryhmiin plyometrisiä harjoituksia varten resurssien mukaan. Näin valmentaja voi ohjata fyysisesti valmiimmille ryhmille korkeamman intensiteetin tai progression harjoitteita. Valmentajan on oltava kuitenkin turvallisuussyistä varma pelaajien riittävästä edellytyksistä intensiivisiin plyometrisiin harjoituksiin.

6 Integroitu systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyön aineistokeruumenetelmä oli integroitu systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen merkittävin tehtävä on kehittää ja arvioida tieteenalan teoreettista ymmärrystä ja käsitteistöä. Kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan muodostaa kokonaiskuva halutusta asiakokonaisuudesta. Tärkeää on, että kirjallisuuskatsaus on toistettavissa ja se pohjautuu kattavaan aihealueen tuntemiseen. (Stolt, Axelin & Suhonen 2016, 7.)

Opinnäytetyö on suunnattu jalkapallon juniorivalmentajille näyttöön perustuvaan tietoon pohjautuen. Oppaan hyödyntäminen vaatii valmentajilta pohjatietoja nuorten biologisesta, fysiologisesta ja fyysisestä kypsymisestä. Valmentajien tehtäväksi jää myös harjoitteiden turvallinen ohjaaminen ja päätös siitä, millä aikataululla progressiossa edetään.

6.1 Tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Ensimmäinen tärkeä vaihe on kirjallisuuskatsauksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen. Tarkoituksen määrittäminen ja tutkimuskysymyksen asettaminen antaa suunnan koko kirjallisuuskatsausprosessille. Optimaalinen tutkimuskysymys ei ole liian suppea, jotta siihen löytyy aineistoa, mutta myös sopivasti rajattu, jotta tutkijalla on mahdollisuus käsitellä kaikki aineisto. (Stolt ym. 2016, 24.)

Kirjallisuuskatsauksen tavoite oli löytää tuoretta tutkimustietoa riittävän pitkästä plyometrisestä harjoittelujaksosta, jossa mitattaisiin urheilijan nopeuden ja vertikaalihypyn kehitystä 13-17-vuotiailla poikajalkapalloilijoilla. Näin voisimme tutkimusten perusteella ohjelmoida yhteistyökummaniseurалlemme suorituskykyä optimoivat plyometriaharjoitteet. Ohjelma muokataan siten, että tutkimusten perusteella optimaalisimman vasteen tuova harjoittelu sijoittuu huipulle ja on kaikkein intensiivisin. Kohti optimaalisinta harjoittelua perehdymme kirjallisuuteen, jossa käsitellään plyometristen harjoitusten edellytyksiä. Optimaaliseen suorituskykyyn päästään vain, jos harjoittelu ja kuormitus on suunnitellun progressiivista. Tutkimuskysymyksemme on siis:

”Kuinka nuorten 13-17-vuotiaiden poika jalkapalloilijoiden tulisi harjoitella plyometrisesti, jotta nopeus ja vertikaalinen hyppy kehittyisivät optimaalisesti?”

6.2 Tiedonhaku

Stoltin ym. (2015, 25) mukaan systemaattisessa kirjallisuushaussa on tarkoitus tunnistaa ja löytää kaikki tutkimuskysymykseen vastaavat materiaalit. Alkuperäistutkimukset ovat tärkein lähde ja sähköisessä muodossa olevat tutkimukset kustannustehokkain hakutapa. Tutkijan tulee itse määritellä keskeiset hakusanat.

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Julkaistu vuoden 2009 jälkeen	Ennen vuotta 2010
Täysi tutkimus	Pelkkä abstrakti
Maksuton tutkimus	Maksullinen tutkimus
Englannin tai suomenkielinen	Väärä kieli

Vertikaalista hyppyä ja nopeutta mitattu ennen ja jälkeen intervention	Ei mitattu vaikutusta vertikaaliseen hyppyyn tai nopeuteen ennen ja jälkeen intervention
Tutkittavien keski-ikä alle 12 vuotta	Tutkittujen keski-ikä alle 12 vuotta
Alle 18-vuotiaita tutkittu	Tutkittu yli 18-vuotiaita
Yli 20 henkilön otanta	Alle 20 henkilön otanta
Käsittelee vain jalkapalloilijoita	Ei käsittele vain jalkapalloilijoita
Ainakin plyometrasta harjoittelua käsitelty	Ei käsittele plyometrasta harjoittelua
Viikkojen interventio	Pitkäaikaistutkimus

Taulukko 1: Sisäänotto- ja poissulkukriteeri

SPORTDiscus

Haimme SPORTDiscus tietokannasta tutkimuksia hakusanoilla: ”plyometric training AND soccer AND youth”. Haku suoritettiin 2020 toukokuussa. Haku suoritettiin aikavälillä 15.5-22.5.2020 ja uudestaan 5.10.2020. Hakutuloksia rajattiin vuosien 2010-2020 välille, kokonainen teksti saatavilla ja ”plyometrics” rajattiin kohdasta ”subject: thesaurus term”. Hakutuloksia tuli yhteensä 8, joista kaksi valittiin mukaan. Kuuden hylätyn tutkimuksen syinä olivat väärä ikä n=3, samat tutkimukset PubMedista jo valittujen kanssa n=2 ja väärä kieli n=1.

Pubmed

Haimme Pubmed tietokannasta tutkimuksia vuosilta 2010-2020 hakusanoilla ”plyometric training” AND ”soccer” And ”youth”. Haku suoritettiin 2020 toukokuussa. Haku suoritettiin aikavälillä 13.5 - 23.5.2020. Uudestaan haku suoritettiin aikavälillä 1.10- 5.10.2020 varmistuaksemme toistettavuudesta. läksi rajattiin 12-18 Saimme 21 osumaa, joista 6 valittiin kirjallisuuskatsaukseen. Hylättyjen tutkimuksien syinä olivat: ikä n=7, alle 20 henkilön otanta n=3, ei käsittele plyometriaa n=1, ei käsittele jalkapalloilijoita n=1, pitkäaikaistutkimus n=1, katsaukset n=1, maksullinen tutkimus n=1 ja ei käsittele vertikaalista hyppyä ennen ja jälkeen tutkimuksen n=1.

Tietokanta	Hakusanat	Rajaukset	Tulokset	Valitut
PubMed	Plyometric training AND soccer AND youth	Vapaasti luettava kokonainen tutkimus, julkaistu 2010-2020, 12-18-vuotiaat	21	6
SPORTDiscus	Plyometric training AND soccer AND youth	Ammattikorkeakoulun tunnuksilla saatavilla oleva kokonainen tutkimus, julkaistu 2010-2020, "Subject: Thesaurus term: plyometrics"	8	2
Yhteensä			29	8

Taulukko 2: Hakutulosten yhteenveto

Kirjallisuuskatsauksen tulokset

Kuusi ensimmäistä kirjallisuuskatsaukseen valitusta tutkimuksesta vertailivat koe- ja kontrolliryhmissä plyometrisen harjoittelun vaikutusta suorituskykyyn. Vähintään kevennyshyppy- ja lyhyen matkan juoksunopeus olivat sisäänottokriteereissä. Kaksi viimeistä tutkimusta vertailivat tasapainoharjoittelun ja plyometrisen harjoittelun ohjelmointia.

NRO#	TUTKIMUS & TEKIJÄT	INTER- VEN- TION PITUUS (VKO)	TUTKIMUKSEEN OSALLISTUJAT	TULOKSET
1	The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players (Asadi ym. 2018)	6	Noin 12-, noin 14- ja noin 16-vuotiaat pojat	Koeryhmä paransi merkitsevästi kevennyshyppyä, vauhditonta pituushyppyä, näiden hetkellisesti mitattua huipputehoa ja juoksunopeutta pallon kanssa, sekä ilman 20 metrillä.
2	Effects of Plyometric Training on Physical Performance of Young Male Soccer Players: Potential Effects of Different Drop Jump Heights (Ramirez-Campillo ym. 2019)	7	Noin 13-vuotiaat pojat	Merkitsevä parannus kevennyshypyssä koeryhmäläisillä. 20 m nopeudessa ei merkitsevää parannusta. Lisäksi suorituskyky parani merkitsevästi pudotushypyissä, 5-loikassa, ketteryydessä, 2400 m juoksussa, laukauksen pituudessa, sekä 5 RM kyykyssä.
3	Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? (Marques ym. 2013)	6	Noin 13-vuotiaat pojat	Koeryhmällä merkitsevä suorituskyvyn parannus potkun lähtönopeudessa, kevennyshypyssä, sekä 0-30 m ja 15-30 metrin juoksumatkojen välillä. 0-15m ei merkitsevää eroa.
4	Inter-individual Variability in Responses to 7 Weeks of Plyometric Jump Training in Male Youth Soccer Players (Ramirez-Campillo ym. 2018)	7	10-16-vuotiaat pojat	Koeryhmä kehittyi merkittävästi kaikilla suorituskyvyn alueilla. Osa-alueita olivat kevennyshyppy, 20 cm pudotushypyn reaktiivinen voima, 40 cm pudotushypyn reaktiivinen voima, 5-loikka,

				maksimaalinen potkuetäisyys, suunnanmuutostesti ja 2,4 km juoksu
5	Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players (Kobal ym. 2017)	6	Noin 16-vuotiaat pojat	Lisäpainoryhmä kehittyi hiukan paremmin kaikissa testatuissa ominaisuuksissa, joita olivat 5-, 10- ja 20 m juoksu, keskimääräinen työntövoima hyppykykyssä, hyppykykyyn korkeus ja kevenyshypyn korkeus.
6	Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players. Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision (Fiorelli ym. 2020)	6	Noin 13-vuotiaat pojat	Vauhtipyörällä suoritettava harjoittelu oli tehokkaampaa, kuin joukkueen suorittama plyometrisen harjoittelu. Koeryhmä kehittyi kaikilla osa-alueilla plyometrista ryhmää paremmin. Testattavia ominaisuuksia olivat putotushypyn kontaktaiaika, pudotushypyn reaktiivinen voimaindeksi, 7-hypyn testi, 7-hypyn reaktiivinen voimaindeksi, y-ketteryystesti, illoinoisin suunnanmuutostesti, lineaarinen sprinttitesti ja Loughbourghin jalkapallo laukaustesti.
7	Within Session Sequence of Balance and Plyometric Exercises Does Not Affect Training Adaptations with Youth Soccer Athletes (Chaouachi ym. 2017)	8	Noin 14-vuotiaat pojat	Kaikilla mitatuilla alueilla merkittävää kehitystä. Kontrolliryhmään ei havaittavissa eroa. Kehittyneet osa-alueet; vertikaalinen kevenyshyppy, seisovasta lähtöasennosta tasajalkapituushyppy, isometrinen selän ekstensiovoima, polven ekstensiovoima, 10 m juoksuaika, 30 m juoksuaika, ketteryystesti, Y-tasapainotesti ja Standing stork -testi

8	Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players (Muehlbauer ym. 2019)	6	13-vuotiaat pojat	Interventiolla merkitsevästi parantava vaikutus Y-tasapainotestissä, kyykky-, kevennys- ja pudotushyppyjen korkeuksissa, 0-5 m, 0-10 m ja 0-15 m matkojen juoksunopeuksissa ja T-ketteryyssradan suorittamisessa,
---	---	---	-------------------	---

Taulukko 3: Tutkimusten interventio, osallistujat ja tulokset

<i>Nro#</i>	<i>Harjoitusohjelma</i>	<i>Progressio ja erityishuomiot</i>
1	Koeryhmä 3 x laji (ma,ke,pe 60-70min) ja 2 x plyometrinen harjoitus (ti & to 30-40min). Pudotushyppyt 20, 40- ja 60 cm korkeuksilta 2 x 10 kertaa joka korkeudelta. 7 s toisto- ja 120 s sarjapalautukset	Ei progressiota, jatkuva maksimaalinen yritys. Mahdollisimman lyhyt maakon-takti
2	2 x viikossa alkuverryttelyt + 90min harjoitukset, vähintään 48 h harjoitusten välillä. Koeryhmä alkuverryttelyn jäl-keen 20 min plyometrinen ohjelma, 3 x 10 pudotushyppyä 20- ja 40 cm korkeuk-silta. 15 s toisto- ja 90 s sarjapalautuk-set neljän pelaajan ryhmissä	Ei progressiota, jatkuva maksimaalinen yritys. Mahdollisimman lyhyt maakon-takti
3	2 x viikossa plyometrinen harjoitusoh-jelma + spurtit, n.20 min. Kahden- ja yhden jalan hyppyjä eri tavoitteilla, kuivaharjoitus pallon puskutyyliin	Harjoitukset 1-12, maakontaktit ja spur-tit: 1 = 136 + 5x20 m, 2 = 136 + 6x20 m, 3 = 136 + 6x20 m, 4 = 151 + 6x20 m, 5 = 159 + 2x4x20 m, 6 = 159 + 2x4x10 m, 7 = 180 + 5x30 m, 8 = 180 + 5x15 m, 9 = 165 + 6x30 m, 10 = 165 + 6x15 m, 11 = 185 + 2x4x30 m, 12 = 185 + 2x4x15 m

4	2x viikossa 60 toistoa nurmikentällä. 2x3x10 toistoa 20/40/60 cm korkeudelta satunnaisesti adaptaatioiden maksimoimiseksi.	Ei progressiota. Maksimaalinen yritys. toistojen välillä 15 s tauko ja sarjojen välillä 90 s tauko.
5	Vertikaalisia- ja horisontaalisia hyppyjä kaksi kertaa viikossa kuuden viikon ajan. Harjoitusten välillä ainakin 48 h tauko.	vko1 2x2x6, vko2 2x3x6, vko3 2x4x6, vko4 2x4x6, vko5 2x6x6 ja vko6 2x4x6 toistoa harjoituskerralla molempia horisontaalisia ja vertikaalisia hyppyjä.
6	Koeryhmällä vauhtipyörällä toteutettavia isoinertiaalisia harjoituksia 4 sarjaa 7 toistoa 2 kertaa viikossa. Plyometrillä kontrolliryhmällä 3-4 sarjaa 7-10 toistoa.	Isoinertiaalisella ryhmällä ei progressiota määrissä, mutta vauhtipyörä luo automaattisesti progressiivisen harjoitusmuodon. Plyometrinen ryhmä nosti toistomääriä tai sarjojen määrää viikoittain.
7	2 kertaa viikossa plyometrinen harjoitusten ja tasapainoharjoitusten yhdistelmäharjoitusohjelma, joka sisälsi tasapainoharjoituksia joko ennen plyometrisia harjoitteita tai vuorotellen plyometrinen harjoitusten kanssa.	Plyometrinen harjoitusten progressio; Viikko 1: 40 toistoa, viikko 2: 100 toistoa, viikko 3: 120 toistoa, viikko 4: 150 toistoa, viikko 5: 50 toistoa, viikko 6: 180 toistoa, viikko 7: 225 toistoa ja viikko 8: 50 toistoa per harjoituskerta.
8	Lajiharjoitukset ma (110 min), ti (100 min), to (90 min) ja pe (80 min). Tasapaino- tai plyometrinen harjoitus 2 x viikossa lajin yhteydessä, 15 min lämmittelyn jälkeen. Toinen ryhmä; kolme tasapainoharjoitusviikkoa + kolme plyometrinen harjoituksen viikkoa. Toinen ryhmä viikot 1,3 ja 5 tasapainoa ja viikot 2,4 ja 6 plyometrisiä harjoituksia.	Tasapainoharjoitukset: vko 1: 22 min, vko 2: 24 min, vko 3: 26 min ja plyometriset harjoitukset: vko 1: 15 min/68 maakontaktia, vko 2: 20 min/90 maakontaktia ja vko 3: 25 min/112 maakontaktia.

Taulukko 4: Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen tutkimusten harjoitusohjelmat

The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players (Asadi ym. 2018.)

Asadi ym. (2018) vertailivat tutkimuksessaan kasvupyrähdyksen huippuvaiheen ja plyometrisen harjoittelun vaikutusta jalkapallossa vaadittavissa voima- ja nopeusominaisuuksissa kuuden viikon ajan ennen kauden avausta. Tutkimukseen osallistui 60 nuorta samasta jalkapalloakatemiasta, jotka jaettiin puoliksi testi- ja kontrolliryhmään. Ryhmät jaettiin vielä kolmeen osaan; 10 noin 12-vuotiasta, kasvupyrähdystä edeltävässä iässä olevat, noin 14-vuotiaat, kasvupyrähdyksen huippuvaiheessa olevat ja noin 16-vuotiaat, kasvupyrähdyksen huippuvaiheen ohittaneet pojat. Harjoittelutaustaa pojilla oli vähintään kaksi vuotta jalkapallosta, mutta voimaharjoittelua ei ollut tehty.

Asadi ym. (2018) mukaan tutkimuksen mittauslajit olivat 20 metrin juoksu pallon kanssa ja ilman, vauhditon pituus, kevennyshyppy ja lisäksi mitattiin pituus ja punnittiin paino. Ennen testejä suoritettiin samat aktiiviset alkulämmittelyt. Testit suoritettiin ennen ja jälkeen kuuden viikon intervention. Ryhmät jaettiin antropometristen mittausten perusteella, joilla ennustettiin kasvupyrähdyksen huippuvaihe. Mittauksissa huomioitiin ikä, jalan pituus, istumakorkeus, kehonpaino ja pituus.

Asadi ym. (2018) kertoivat, että kaikilla tutkimukseen osallistuneilla pelaajilla lajiharjoittelua oli kolme kertaa 60-70 minuuttia viikossa. Testiryhmä suoritti plyometriset harjoitteet tutkijoiden valvonnan alla hyvää tekniikkaa ja riittäviä palautustaukoja noudattaen loukkaantumisen minimoimiseksi, lajiharjoittelusta seuraavana päivänä kahdesti viikossa. Harjoitteluohjelma koostui 60 pudotushypystä, kaksi kertaa 10 hyppyä 20 cm, 40 cm ja 60 cm pudotuksilta. Hyppöjen välinen palautus oli seitsemän sekuntia ja sarjojen välinen palautus kaksi minuuttia, sillä aiemmat tutkimukset olivat tukeneet näitä taukoja. Harjoittelumäärä ei muuttunut kuuden viikon aikana, mutta harjoittelussa painotettiin lyhyttä kontaktiaikaa ja maksimaalista yrittystä.

Plyometrinen harjoittelu on tehokas ja spesifinen harjoittelustrategia nuorille jalkapalloilijoille. Asadi ym. (2018) mukaan pääasiassa neuromuskulaarinen kehittyminen parantaa pelaajien nopeus- ja hyppyominaisuuksia. Biologinen kypsyys on kuitenkin erityinen tekijä adaptiivisissa reaktioissa suorituskyvyn mukauttamisessa harjoituksista pelikentille. Tutkimus osoitti kuuden viikon plyometrisen harjoittelun positiivisia vaikutuksia nuorten hyppyvoimaan ja lyhyissä juoksumatkoissa, jotka ovat tärkeitä määrittäjiä jalkapallo-ottelun voittamisen kannalta. Vanhemmat pojat hyötyivät nuorempia enemmän plyometrisista harjoituksista, varsinkin lyhyissä juoksuissa ja kevennyshypyissä.

Effects of Plyometric Training on Physical Performance of Young Male Soccer Players: Potential Effects of Different Drop Jump Heights (Ramirez-Campillo ym. 2019):

Ramirez-Campillo ym. (2019) tutkivat myös kahdesti viikossa tehdyn 60 pudotushypyn vaikutusta nuorten poika jalkapalloilijoiden suorituskykyyn seitsemän viikon interventiolla. Pelaajat jaettiin kontrolli- ja tutkimusryhmiin ja mittaukset suoritettiin ennen ja jälkeen seitsemän viikon harjoittelujakson. Tutkimuksessa osallistujia oli neljästä eri juniorijoukkueesta yhteensä 39 pelaajaa. Kaikilla pelaajilla jalkapallo oli tavoitteellista ja harjoitteluohjelmat samanlaiset. Tutkimukseen pääsyyn kriteereiksi valittiin vähintään kahden vuoden systemaattinen lajiharjoittelu, viimeiset puoli vuotta säännöllistä harjoittelua, ei pudotushyppyharjoittelua viimeisen puolen vuoden ajalta eikä säännöllistä voimaharjoittelutaustaa. Intervention aikana ei myöskään saanut olla muita lajeja tai suurempaa raskautta taustalla. Pelaajat jaettiin kahteen ryhmään sattumanvaraisesti. Kontrolliryhmäläisten keski-ikä oli 13,5 vuotta ja pudotushyppyryhmän keski-ikä 13,2 vuotta. Lisäksi pelaajien piti määrittää omaan arvioon perustuva sukupuolielimen kypsyys, joka Tannerin (1962) mukaan määrittää urheilijan kypsyyttä. (Ramirez-Campillo ym. 2019, 306-308.)

Tutkimus suoritettiin keskellä pelikautta, toisin kuin Asadi ym. (2018.) ennen kauden alkua. Tässä tutkimuksessa urheilijat suorittivat ennen kauden alkua kehonpainoharjoittelua, joka valmistaa plyometriin harjoituksiin. Tutkimusryhmä suoritti pudotushyppyharjoittelun 20 minuutin osion kahdesti viikossa lajiharjoittelun ohella, tekniikkaharjoittelun sijasta. Kontrolliryhmä suoritti sillä välin maalintekoa, syöttö- ja pallonhallintaharjoitteita. Tutkimusryhmä osallistui plyometrisen osuuden jälkeen normaalisti taktiseen osuuteen (20min), pienpeleihin (20min) ja peliosuuteen (30min). Pudotushyppy tehtiin kymmenen sarjoissa, 15 sekunnin palautuksilla. Sarjapalautus 90 sekuntia ja pudotuskorkeudet olivat kolme sarjaa 20 cm ja kolme sarjaa 40 cm. Urheilijoille annettiin ohjeiksi maksimaalinen hyppykorkeus ja maakontaktiajan minimoiminen. Plyometrisissa harjoitteissa jokaista valmentajaa kohti oli vain neljä pelaajaa, jotta jokainen urheilija sai tarvittavaa palautetta ja tekniikkaan pystyttiin kiinnittämään huomiota. Palautukset pysyivät myös optimaalisina, kun työn ja levon suhde oli 1:4. Progressio oli sallittu vasta, kun urheilija oli saavuttanut valmentajan mielestä riittävän tason nykyisestä intensiteetistä. Valmentajat laskivat harjoituskohtaiset maakontaktit ja olivat tarkkana niiden lisäämisestä. Progressiosta ei kuitenkaan tutkimuksessa mainittu enempää. (Ramirez-Campillo ym. 2019, 307-309.)

Testeiksi valikoituivat kevennyshyppy, 20 cm ja 40 cm korkeudelta pudotushyppy, jotka suoritettiin kontaktimatolla, sekä 5-loikka, viiden toiston kyykkymaksimi (kg), 20 m juoksu, ketteryysrata, jossa lähtö tapahtui vatsamakuulta, maksimaalinen jalkapallon potkun pituus (m) ja 2400 m juoksu. Tutkimuksessa havaittiin merkittäviä pieniä hyötyjä tekniikkaharjoitusten korvaamisella plyometriin pudotushyppyihin seitsemän viikon koeajalla. Kypsyytaso tai ikä ei vaikuttanut tuloksiin. Ainoastaan 20 m juoksu ei parantunut merkittävästi jakson aikana

testiryhmällä. Kontrolliryhmällä 20 m juoksu, sekä ketteryysrata hidastui hieman, mutta viiden toiston kyykkymaksimi kasvoi hieman (Ramirez-Campillo ym. 2019, 307-309.)

Inter-individual Variability in Responses to 7 Weeks of Plyometric Jump Training in Male Youth Soccer Players. (Ramirez-Campillo ym. 2018):

Ramirez-Campillo ym. (2018) tutkivat 7 viikon plyometrisen harjoittelun 38 urheilijalla verrattuna 38 kontrolliryhmän urheilijaan. Tutkimukseen osallistuvat pojat olivat 10-16-vuotiaita, jotka olivat harjoitelleet jalkapallon kilpatasolla vähintään kaksi vuotta. Koeryhmä harjoitteli lajiharjoittelun lisäksi kaksi kertaa viikossa plyometrisen ohjelman mukaan, kontrolliryhmän harjoitellessa vain lajia. Tutkimuksesta rajattiin pois pelaajat, joilla oli terveydellisiä ongelmia tai suorituskykyä nostavia lääkkeitä käytössä. Kaikki osallistujat testattiin ennen ja jälkeen 7 viikon intervention. Testattavia ominaisuuksia olivat 20-metrin juoksu, suunnanmuutostesti, kevennyshyppy, 20- ja 40 cm pudotushyppy, 5-loikka, maksimaalinen potkaisuetäisyys ja 2,4 kilometrin juoksu.

Interventiona plyometriselle kontrolliryhmälle tehtiin 90 minuutin harjoittelun sisällä plyometrisiä harjoitteita teknisten harjoitteiden, kuten puskuharjoitusten sijaan. (Ramirez-Campillo ym. 2018.)

Harjoitusfrekvenssi valittiin Ramirez-Campillon (2014) aiemman tutkimuksen mukaan. Osallistujille opetettiin huolellisesti tekniikat ennen harjoittelun aloittamista. Harjoituksissa tehtiin 60 pudotushyppyä yhtä harjoituskertaa kohti. 3x10 suoritusta 20/40/60 sentin korkeudelta valiten näistä satunnaisessa järjestyksessä, jotta adaptaatiot olisivat maksimaalisia. Toistojen ja sarjojen välissä käytettiin noin 15 sekunnin ja noin 90 sekunnin taukoja. Osallistujia ohjeistettiin hyppäämään mahdollisimman korkealle mahdollisimman nopeasti. Harjoitusmääriä ei nostettu, vaan korostettiin maksimaalista yritystä. Harjoitteita ohjattiin suhteessa 1:6, kuutta pelaajaa kohti yksi valmentaja. Näin varmistettiin riittävä palautuminen. Plyometristen harjoitusten välissä oli aina vähintään 48 tuntia taukoa. (Ramirez-Campillo ym. 2018.)

Ryhmien välillä havaittiin merkittäviä eroja kaikissa mitattavissa ominaisuuksissa. Plyometrisen ryhmän harjoitteluun reagoivia osallistujia oli;

1. kevennyshypyssä 18 ja kontrolliryhmässä 9
2. 20 cm pudotushypyn reaktiivisessa voimassa 33 ja kontrolliryhmässä 5
3. 40 cm pudotushypyn reaktiivisessa voimassa 29 ja kontrollissa 7
4. 5 ponnistuksen testissä 24 ja kontrollissa 3
5. 20 metrin juoksussa 4 ja kontrollissa 2
6. suunnanmuutostestissä 19 ja kontrollissa 0

7. 2,4 km juoksussa 19 ja kontrollissa 6
8. maksimaalisen potkuetäisyyden pituus muuttui 29 ryhmän jäsenellä ja kontrollissa 3 henkilöllä

Muutokset prosentteina

1. Kevennyshyppy (cm) plyometrinen ryhmä 4.4 ± 3.8 ja kontrolliryhmä 2.4 ± 7.1
2. 20 cm pudotushypyn reaktiivinen voima ($\text{mm}\cdot\text{ms}^{-1}$) plyometrinen ryhmä 23.3 ± 17.3 kontrolliryhmä -1.7 ± 13.2
3. 40 cm pudotushypyn reaktiivinen voima ($\text{mm}\cdot\text{ms}^{-1}$) plyometrinen ryhmä 16.7 ± 13.2 kontrolliryhmä $29-1.0 \pm 17.375$
4. 5-loikan testi (m) plyometrinen ryhmä 4.2 ± 4.8 kontrolliryhmä 0.1 ± 2.0
5. 20 metrin juoksu -0.4 ± 2.7 kontrolliryhmä 3.8 ± 5.3
6. Suunnanmuutostesti (s) plyometrinen ryhmä -3.5 ± 2.5 kontrolliryhmä 3.6 ± 2.50
7. 2.4 km juoksu (min) plyometrinen ryhmä -1.9 ± 2.4 kontrolliryhmä -0.3 ± 1.96
8. Maksimaalinen potkupituus (m) plyometrinen ryhmä 14.0 ± 10.7 kontrolliryhmä -1.4 ± 5.23

Plyometrisen harjoittelun vaikutus voi johtua agonisti lihasten parantuneesta hermotuksesta, lihasten välisen koordinaation kehittymisestä, lihas-jännejärjestelmän mekaanisen jäykkyyden muutoksista, lihaksen koon ja arkkitehtuurin sekä yksittäisten lihassäikeiden mekaniikasta. Kuitenkin ilman tarkkaa fysiologista mittaamista tämä jää vain tutkijoiden pohdiskelun tasolle. Vaikka nuorille ohjattiin harjoituksissa monia erilaisia voimaharjoittelun muotoja, näyttäisi plyometrisen harjoittelun vaikutus olevan parempi hyppyminaisuuksien kehittämiseen. (Ramirez-Campillo ym. 2018.)

Within Session Sequence of Balance and Plyometric Exercises Does Not Affect Training Adaptations with Youth Soccer Athletes (Chaouachi ym. 2017):

Chaouachi ym. (2017) tutkivat tasapainoharjoittelun ja plyometrisen harjoittelun yhteisvaikutusta suorituskyvyn muutokseen 13-14 -vuotiailla poikajalkapalloilijoilla kahdeksan viikon ajanjaksolta. Tutkimuksessa tarkasteltiin plyometristen ja tasapainoharjoitusten vuorottain suorittamisen vaikuttavuutta suhteessa ensin suoritettuun plyometriseen harjoitteluun ja myöhemmin suoritettuun tasapainoharjoitteluun samalla harjoituskerralla

Tutkimukseen osallistui 26 kappaletta $13,9 \pm 0,3$ -vuotiaita. Heidät jaettiin 8 viikoksi kahteen 13 henkilön ryhmään, joissa harjoiteltiin vuorottain plyometrisia harjoitteita ja tasapainoharjoituksia yhteen kokonaisuuteen (ABPT-ryhmä), sekä toiseen ryhmään, jossa harjoitusten alussa harjoiteltiin tasapainoharjoituksia ja harjoitusten lopussa plyometrisesti (BBPT ryhmä).

Harjoituspatterit suoritettiin 2 kertaa viikossa. Tutkimukseen osallistuneilla lapsilla ei ollut aikaisempia tuki- ja liikuntaelin vaivoja, eikä neurologisia tai ortopedisiä vaivoja, jotka olisivat laskeneet kykyä toteuttaa plyometrista harjoittelua tai tasapainoharjoittelua. Molemmat ryhmät saivat kahden viikon ajan kolme kertaa viikossa alan ammattilaiselta opastusta suoritustekniikasta, harjoitteista ja laskeutumisesta ennen harjoitusjakson alkua. (Chaouachi ym. 2017, 126,128-130.)

Plyometrinen harjoittelu lähti liikkeelle yhteensä 40 toiston määrästä ensimmäisen viikon harjoituskerralla. Toisella viikolla määrä nostettiin 100 toistoon harjoituskerralla. Harjoituskertoja oli kaksi. Kolmannella viikolla toistomäärä nostettiin 120 toistoon. Neljännellä viikolla toistomäärä oli 150. Viidennellä kevennysviikolla suoritettiin vain 50 toistoa harjoituskerralla. Harjoituskertoja oli kaksi per viikko. Kuudennella viikolla siirryttiin kahdella jalalla tehtävistä suorituksista yhdellä jalalla suoritettaviin toistoihin. Lisäksi harjoitteluun tuli mukaan pieni koroke, jolta tehtiin pudotushyppyharjoituksia. Harjoitteluun lisättiin aidat, joiden yli hypittiin kahdella jalalla. Toistomäärä kuudennella viikolla oli 180 toistoa molemmilla harjoituskerroilla. Seitsemännellä viikolla toistomäärä nostettiin 225 toistoon per jalka molempiin harjoituksiin. Kahdeksannella viikolla toistomäärä laskettiin 60 toistoon harjoituskerralle. (Chaouachi ym. 2017, 130-132.)

Tasapainoharjoituksissa toistomääriä ja -aikoja nostettiin tasaisesti samoilla harjoituksilla viikoilla 1-5, minkä jälkeen harjoitukset vaihtuivat. Viikoilla 6-8 tasapainoharjoitukset vaihtuivat ja määrää nostettiin kuudennelta seitsemännelle viikolle. Kahdeksannella viikolla toistomääriä laskettiin kuudennen viikon alapuolelle ja harjoituskertoja suoritettiin normaalin kolmen sijasta vain yksi. (Chaouachi ym. 2017, 130-132.)

Tutkimuksessa suoritettiin harjoittelujakson aikana alku- keski- ja loppumittaukset. Testit sisälsivät vertikaalisen kevennyshypyn kädet lanteilla, isometrisen selän ja polvinivelen ekstensiovoiman, seisovasta lähtöasennosta tasajalkapituushypyn, 10- ja 30-metrin juoksuajan, ketteryydestin, standing stork -testin ja Y -tasapainotestin. Harjoitusjakson aikana tai sen jälkeen ei havaittu yhtäkään harjoitteluun tai testaamiseen liittyvää loukkaantumista. Tutkimuksen aikana kerätyissä RPE-mittauksissa (Rate of Perceived Exertion) ei havaittu merkittävää eroa. (Chaouachi ym. 2017, 126-132.)

Tutkimuksen tuloksissa ei ollut havaittavissa merkittävää eroa ryhmien välillä ryhmäkoon huomioon ottaen. Kaikilla osa-alueilla tapahtui 8 viikon aikana tilastollisesti merkittävä parannus. ABPT-ryhmä paransi vertikaalisessa kevennyshypyssä 14 % keski- ja 20 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 12 % keski- ja 25 % loppumittauksessa. Seisovasta lähtöasennosta tasajalkapituushypyssä ABPT-ryhmä paransi 6 % keski- ja 12 % loppumittauksissa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 5 % keski- ja 12 % loppumittauksissa. Isometrisessä selän

ekstensiovoimassa ABPT-ryhmä paransi 6 % keski- ja 15 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 5 % keski- ja 12 % loppumittauksessa. Polven ekstensiovoimassa ABPT-ryhmä paransi 36 % keski- ja 78 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 41 % keski- ja 59 % loppumittauksessa. 10-metrin juoksuajassa ABPT-ryhmä paransi -2 % keski- ja -4 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi -5 % keski- ja -7 % loppumittauksessa. 30-metrin juoksuajassa ABPT-ryhmä paransi -1 % keski- ja -2 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi -3 % keski- ja -4 % loppumittauksessa. Ketteryystestissä ABPT-ryhmä paransi -7 % keski- ja -8 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi -5 % keski- ja -8 % loppumittauksessa. Y-tasapainotestissä ABPT-ryhmä paransi 8 % keski- ja 12 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 5 % keski- ja 6 % loppumittauksessa. Standing stork -testissä ABPT-ryhmä paransi 83 % keski- ja 159 % loppumittauksessa. Vastaavasti BBPT-ryhmä paransi 99 % keski- ja 139 % loppumittauksessa. (Chaouachi ym. 2017, 131-132.)

Suorituskyky nousi siis kaikilla mitatuilla osa-alueilla. Tutkimus osoitti, että plyometrisen harjoittelun ja tasapainoharjoittelun eriyttämällä eri ajankohdille harjoituksissa ei saada merkittävää hyötyä. Täten ennen PHV (Peak Height Velocity) huipussa olevilla nuorilla jalkapalloilijoilla toteutettava plyometrinen harjoittelu yhdistettynä tasapainoharjoitteluun on tehokasta harjoittelua ajatellen suorituskyvyn nostoa, toteutettiin se missä järjestyksessä tahansa. (Chaouachi ym. 2017, 132-134.)

Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? (Marques ym. 2013):

Myös Marques ym. (2013) huomasivat kuuden viikon plyometrisen harjoittelujakson kehittävän 13,4 ($\pm 1,4$ v) -vuotiaiden poikien suoraa juoksunopeutta (15-30 metrin välillä aika tippui 3,2 % ja 0-30 m matkalla 1,7 %) pelinomaisilla matkoilla, sekä hyppykorkeutta (+7,7 %). 52 urheilijaa jaettiin sattumanvaraisesti koe- ja kontrolliryhmiin, eikä antropometriset eroavaisuudet näkyneet merkitsevästi lähtötesteissä. Kahdesti viikossa kokeneiden valmentajien johdolla suoritettavat plyometriset harjoitteet (20min per kerta ennen lajiharjoitusta) sisälsivät kahden ja yhden jalan hyppyjä sekä loikkia eri variaatioilla. Seitsemästä liikkeestä viittä käytettiin harjoituskerralla ja ohjelma eteni progressiivisesti viikoittain. Tutkimuksessa havaittiin myös laukaussuopeuden kasvaneen molemmilla ryhmillä. Tutkimuksessa ei ilmene, missä vaiheessa kautta harjoittelujakso tehtiin. Pääosin kehittävää plyometrisen harjoitusjakso on tehty muissa tutkimuksissa ennen pelikauden alkua. Lajiharjoittelu murrosiässä riittäisi tämän tutkimuksen perusteella itsessään kehittämään laukaussuopeutta. Ennen esitestejä pelaajat olivat harjoitelleet hieman testiliikkeitä välttääkseen oppimisvaikutuksen näkymisen tuloksissa. (Marques ym. 2013, 157-164.)

Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players (Muehlbauer ym. 2019):

Kuuden viikon yhdistetyssä plyometrisessa- ja tasapainoharjoittelussa saatiin myös nostettua lyhyiden matkojen nopeutta ja kevennyshypyn korkeutta. Muehlbauer ym. (2019) valitsivat 20 13-vuotiasta poikaa tutkimukseensa, jotka pelasivat Saksan kakkosdivisioonassa jalkapalloa. Pelaajat jaettiin kahteen ryhmään; 10 poikaa harjoittelee kolme viikkoa ensin tasapainoa (kahdesti viikossa), jonka jälkeen kolme viikkoa plyometrisia harjoituksia (kahdesti viikossa). Toinen 10 pelaajan ryhmä harjoittelivat joka toinen viikko tasapainoa ja joka toinen viikko plyometrisesti. Interventio suoritettiin lajiharjoittelun yhteydessä, 15 minuutin alkulämmittelyn (sisälsi juoksua, lantion nostoja, tasapainoilua puomilla ja epätasaisella alustalla, sekä matalatehoisia hyppelyitä) jälkeen. Tutkimuksesta ei käy ilmi, minä päivinä interventio suoritettiin. Ohjelman pituus plyometrisilla harjoitusosioilla oli 15, 20 ja 25min ja tasapainoharjoittelussa 22, 24 ja 26min. Frekvenssiä nostettiin siis viikoittain. Maakontaktit plyometrisissa harjoituksissa olivat vko1: 68, vko2: 90 ja vko3: 112, frekvenssin noustessa 24-32 %.

Interventiossa alku- ja jälkimittaukset sisälsivät kolme eri vertikaalihyppyä; kyykkyhyppy, kevennyshyppy ja pudotushyppy (pudotuskorkeus 40 cm). Tutkimuksessa mainittiin liikuntatieteiden maisterin olleen laaduntarkkailijana testisuorituksissa. Blokkiperiaatteella harjoittelu tuotti hieman paremmat tulokset. Kyykkyhypyn parannus 9 %, kevennyshypyn 10,2 % ja pudotushypyn 22,7 %. Viikoittain vaihtuvalla ohjelmalla parantuivat kevennyshyppy (7,3 %) ja pudotushyppy (9,3 %). (Muehlbauer ym. 2019.)

Nopeustesteissä mitattiin 0-5 m, 0-10 m ja 0-15 m maksimaalista nopeutta vapaasta lähdöstä reaktioajan poissulkemiseksi. Kaikilla nopeuksilla todettiin merkitsevä parannus molemmilta ryhmiltä (4,0-7,4 %). Myös ketteryyttä mitanneessa T-suunnanmuutosjuoksupuutestissä havaittiin merkitsevä 4,5-5,6 % aikaparakset. Tasapaino parani pääosin molemmilla ryhmillä merkitsevästi, mutta pelkästään sen vaikutusta ei tutkittu hyppy- ja nopeusominaisuuksille. Yhteenvedossa tutkijat suosittelivat harjoittelua blokkiperiaatteella. (Muehlbauer ym. 2019.)

Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players (Kobal ym. 2017):

Kobal ym. (2017) tutkivat lisäpainoilla suoritettavan plyometrisen harjoittelun vaikutuksia painottomaan plyometriseen harjoitteluun verrattuna alle 17-vuotiailla poikajalkapalloilijoilla (keski-ikä 15,9 v). Painojen kanssa harjoitteleva ryhmä teki 8 % kehonpainosta olevalla painoliivillä horisontaalisia ja vertikaalisia hyppyjä. Ilman painoja harjoitteleva ryhmä teki samat harjoitukset ilman painoliivejä. Harjoittelujakso kesti kuusi viikkoa ja harjoituskertoja oli

yhteensä 12. Harjoituksia suoritettiin 48 tunnin lepovalilla teknisten ja taktisten harjoitusten jälkeen maanantaisin ja keskiviikkoisin.

Tutkimuksessa suoritettiin alku- ja loppumittaukset. Testeihin kuuluivat; 5-, 10- ja 20 m juoksut, keskimääräinen työntövoima hyppykykyssä, hyppykykyyn korkeus ja kevennyshypyn korkeus. Harjoittelujakson aikana harjoittelun toistomäärät etenivät seuraavasti. Viikolla yksi 2x6 vertikaalihyppyä ja 2x6 horisontaalista hyppyä. Viikolla kaksi 3x6 molempia. Viikoilla kolme ja neljä molempia 4x6. Viikolla viisi 6x6 suoritusta molempia. Viikolla kuusi 4x6 suoritusta molempia. (Kobal ym. 2017.)

Kuuden viikon jälkeen molempien ryhmien keskiarvoiset tulokset paranivat jokaisella testatulla osa-alueella hiukan. Lisäpainoryhmässä tuli merkittävä kehitys hyppykykyyn korkeuteen ja kevennyshypyn korkeuteen. Lisäpainottomalle ryhmälle tuli myös parannusta molempiin ylöspäin suuntautuviin hyppytesteihin. Molemmissa ryhmissä jokaisen juoksutestiin tuli parannus. Kaikissa ryhmissä lisäpainolla harjoitteleva ryhmä sai suuremman positiivisen muutoksen paitsi keskimääräisessä työntävässä hyppykykyssä, jossa ei ollut tilastollisesti merkittävää muutosta havaittavissa kummallakaan ryhmällä. (Kobal ym. 2017.)

Tutkimuksessa havaittiin, että molemmilla tavoilla suoritettava plyometrinen harjoittelu voi tuoda merkittävää kehitystä vertikaaliseen hyppyyn ja vähennyksiä juoksuaikeihin alle 20 m matkoilla. Kuitenkin 8 % lisäpainolla kehonpainosta harjoittelevalle ryhmälle tuli suurempia parannuksia. Täten pienellä lisäpainolla voi olla hyötyä nopeuden sekä ponnistuksen kehittämässä. Tutkijat pohtivat, että lisäpainolla tehtävän harjoittelun paremman kehityksen taustalla olevat syyt, voivat liittyä ylikuormitusperiaatteeseen. Ylikuormitusperiaatteen mukaan lihaksia on kuormitettava yli nykyisen kapasiteetin, jotta syntyy adaptoituvia reaktioita elimistöltä. (Kobal ym. 2017.)

Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players. Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision (Fiorilli ym. 2020):

Fiorilli ym. (2020) tutkivat kuuden viikon isoinertaalisen (nopeasti tuotettavan voiman tuottamista reaktiivisesti venymis-lyhenemissykliä hyödyntäen) ylikuormitus harjoitusohjelman vaikutusta 34:llä 13-vuotiaalla poikajalkapalloilijalla. Henkilöt jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Toisessa ryhmässä oli 18 henkilöä ja toisessa 16 henkilöä. Kenelläkään tutkimukseen osallistuvalla nuorella ei saanut olla nivelkipuja- tai tapaturmia, eikä luutapaturmia kokeeseen osallistuttaessa. Myöskään lääkkeiden tai muiden aineiden käyttö ei ollut sallittua, jotta tutkimustulokset eivät vääristyisi. Ryhmille suoritettiin seuraavat alkumittaukset: kyykkyhypyn korkeus, pudotushypyn korkeus, pudotushypyn kontaktiaika ja pudotushypyn reaktiivinen voimaindeksi, 7-hypyn testi ja 7-hypyn reaktiivinen voimaindeksi, y-ketteryydesti, Illoinoisin

suunnanmuutostesti, Lineaarinen sprintt testi ja Loughboroughin jalkapallo laukaustesti. (Fiorilli ym. 2020, 214-216.)

Interventiona harjoittelussa käytettiin 18 henkilön ryhmälle vauhtipyörää, joka kerryttää kiineettistä energiaa luodakseen isoinertaalisen vastuksen pelaajan itse luomasta kiihdytyksen aikana syntyvästä energiasta. Vauhtipyörä mahdollistaa siis jokaiselle yksilöllisen vastuksen mukaan, kuinka paljon voimaa henkilö pystyy tuottamaan. 16 henkilön ryhmä osallistui normaalisti joukkueen harjoituksiin, joissa oli plyometrinen harjoittelua. 18 henkilön ryhmä ei osallistunut joukkueen plyometriin harjoituksiin, vaan plyometrinen harjoittelu korvattiin vauhtipyörällä toteutettavilla harjoituksilla. Muuten vauhtipyörällä harjoitteleva ryhmä osallistui normaalisti harjoituksiin. Molemmat ryhmät harjoittelivat kaksi kertaa viikossa. Vauhtipyörällä harjoitteleva ryhmä harjoitteli jokaisella harjoituskerralla kaksi harjoitetta, joissa oli 4x7 toistoa. Jokaisen sarjan välillä oli 120-180 sekunnin lepotauko. Plyometrinen ryhmä harjoitteli ensimmäiset kolme viikkoa 3x7-9 toiston progressiolla per harjoitus. Neljäntenä viikosta sarjamäärä nostettiin neljään ja toistot 8-10 lisäten yhden toiston lisää sarjaan viikkotasolla. Plyometrinen ryhmä sai siis tässä tutkimuksessa ensimmäisellä viikolla yhteensä 58 toistoa ja viimeisellä kuudennella viikolla yhteensä 80 toistoa. (Fiorilli ym. 2020, 214, 216-217.)

Tutkimuksessa hyppyominaisuudet kehittyivät molemmilla ryhmillä. Kaikissa ominaisuuksissa havaittu parannus oli suurempaa vauhtipyörällä suoritettulla harjoittelulla. Erityisesti paremmin kehittyviä alueita olivat tilastollisesti suhteessa plyometriseen harjoitteluun kuten pudotushypyn korkeus, 7-hyppy, kyykkyhypyn korkeus, Illinoisin suunnanmuutos ja Loughboroughin laukaus. (Fiorilli ym. 2020, 217-218.)

Tutkimuksessa havaittiin, että molemmat harjoitteluryhmät kehittyivät hyppyominaisuuksissa. Kuitenkin suunnanmuutoskyky ja Loughboroughin laukaustesti kehittyivät paremmin vauhtipyörää hyödyntäneellä ryhmällä. Plyometrinen ryhmäkin paransi suorituksiaan molemmissa testeissä, mutta muutos oli pienempi. Tutkijat olettivat kehityksen tapahtuneen suorituksen aikaisen jatkuvan muuntuvan neuromuskulaarisen adaptoitumisen vuoksi, jonka jatkuva eksentrisen työn aiheuttaa. (Fiorilli ym. 2020, 217-220.)

Kirjallisuuskatsauksen yhteenveto

Kirjallisuuskatsauksen sisäänottokriteerien mukaan jokaisessa tutkimuksessa täytyi olla esi- ja jälkimittaukset vertikaalihypystä, joka suoritettiin kaikissa tutkimuksissa kevennyshypynä. Lisäksi lyhyistä juoksumatkoista halusimme tietoa, koska niillä on suuri rooli jalkapallossa. Huomioimme myös muut suorituskykyä mittaavat testit, joihin plyometrinen harjoittelu liittyy.

Tutkimuksissa kahdesti viikossa suoritettu plyometrinen harjoittelu on ollut turvallista ja selvää näyttöä on niin nopeuden, kuin ponnistuskorkeudenkin kehittymisestä. Monissa tutkimuksissa plyometriin harjoituksiin valmistauduttiin muutaman viikon orientoitumisella, jolloin harjoiteltiin suoritusten tekniikkaa ammattilaisten ohjaamana. Kehonpainoharjoittelu oli tärkein menetelmä. Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa ei ole selkeitä ”check list” -vaatimuksia, joita esimerkiksi pudotushyppyihin siirtyminen vaatisi loukkaantumisten ennaltaehkäisemiseksi. Kovatehoisiin maksimaalista yritystä vaativiin ponnistuksiin olisikin luonnollista valmistautua matalatehoisilla hyppelyillä, progressiivisesti intensiteettiä nostaen.

Harjoittelujaksojen pituus vaihteli kuudesta kahdeksaan viikkoon. Tasapaino- ja plyometrisen harjoittelun yhdistäminen samaan harjoitusohjelmaan tuotti myös tulosta, jopa vain 3 viikon plyometrisen harjoittelun osuudella. Muehlbauer ym. (2019) ja Chaouachi ym. (2017) tuloksissa oli hieman ristiriitaa, sillä ensin mainitun tutkimuksen mukaan harjoittelu kannattaa tehdä jaksoittain plyometrisen ja tasapainoharjoittelun välillä. Jälkimmäisen tutkimuksessa eroja ei syntynyt. Tulokset eivät kuitenkaan hetkauttaneet meitä, vaan olimme kiinnostuneita plyometrisen harjoittelun tuloksista. Tästä päätellen jo kolmen viikon plyometrinen harjoittelu saattaisi vaikuttaa positiivisesti fyysiseen kehittymiseen.

Pudotushyppy- ja loikkasarjojen jälkeen tauot olivat 90-180 sekunnin luokkaa ja yksittäisten pudotushyppöjen välillä 15 s (jonotuksen ajan). Käytännön harjoittelussa palautusten optimointi ei ole aina mahdollista, sekä pelaajien ja valmentajien suhde on huomioitava. Korkeamman intensiteetin harjoitteet vaativat pidemmät palautumisajat, joten vakiointi esimerkiksi 20 minuutin harjoitukseksi ei välttämättä ole kaikista suotuisin.

Maksimoidessa hyödyt suosittelemme luettumme perusteella pidempää, 6-8 viikon ohjelmaa kevennys- ja orientoitotarpeitten mukaan. Kevennysviikko mahdollistaa palautumisen, laskee todennäköisesti loukkaantumisriskiä ja viidennellä viikolla progressiota voidaan jatkaa siitä, mihin kolmannella viikolla jäätii. Orientaatioviikolla tutustutaan liikkeisiin ja määritellään pelaajien tasot, jotta interventiojaksolla urheilijat voidaan jakaa oman tasoihin ryhmiin.

Opas suunniteltiin yhteistyöseuran toiveen-, teoreettisen viitekehyksen ja kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Molemmilta opinnäytetyön tekijöiltä löytyy kokemusta 13-17-vuotiaiden poikajalkapalloilijoiden valmentamisesta ja pelaamisesta, mitkä hyödyttivät käytännön opasta suunniteltaessa. Päättyessämme kuuden viikon harjoitusohjelmaan, kevensimme harjoituksen 6. Lisäksi viimeiseen eli 12. harjoitukseen on luotu sekä keventävä, että progressiivinen harjoitus. Chaouachi ym. (2017) kevensivät tutkimuksessaan viikot 5&8, minkä perusteella viimeisen harjoituksen kevennysmahdollisuus on annettu. Mikäli valmentaja huomaa selkeästi väsymystä pelaajissa viimeisellä progressioviikolla, kevennys kannattaa tehdä. Nopeus- ja plyometriset harjoitteet on syytä suorittaa levänneenä.

Katsaus ei suoraan vastannut tutkimuskysymykseemme kaikilta osin. Tutkimusdataa on ole-massa kehittyneimmille korkean intensiteetin loikkaharjoituksesta ja pystyimmekin luomaan oppaaseen luotettavan harjoitusohjelman kokeneemmille katsauksen pohjalta. Matalan inten-siteetin hyppelyharjoitusten näytön puutteen vuoksi jouduimme soveltamaan muun kirjalli-suuden ja käytännön kokemuksen pohjalta aloittelijoiden harjoitusohjelman.

7 Opinnäytetyön toteutus ja arviointi

Opinnäytetyön toteutus alkoi pohdinnasta molemmille mielenkiintoisista aiheista. Olimme yh-teydessä Vantaan jalkapalloseuraan ja saimme yhteistyökumppanin. Plyometrinen harjoittelu on helppoa toteuttaa vähällä varustuksella ja se tukee jalkapalloilijoille tärkeitä ominaisuuksia sekä niiden kehittymistä. Tulimme keskustelussa yhteistyökumppanin kanssa johtopäätökseen, että harjoittelua tulisi voida toteuttaa Korona pandemian aikaan myös ilman ammatti-laisen läsnäoloa. Myöhemmin tarkensimme keskusteluissa, että videot voisivat olla oppaan pääasiallinen muoto, jotta suorituksista saa ohjeiden lisäksi esimerkkisuorituksen ja liikkeestä saa luotua ajatuksen itselleen. Ohjaus voi tapahtua livevideon välityksellä.

Toiminnallisen opinnäytetyön lopullisena tuotoksena on aina jokin konkreettinen tuote, kuten opas. Opasta tai ohjetta tehdessä tulee ottaa huomioon, minkälaisia mielikuvia tuotteella ha-lutaan viestittää kohderyhmälle. Tuotteen koko, typografia ja kuvat vaikuttavat tuotteen lu-ettavuuteen. (Vilka & Airaksinen 2004, 51-52.) Vallitsimme oppaassa esiteltävät liikkeet tut-kimuksista, jotka sisältyivät kirjallisuuskatsaukseen. Lisäsimme tai muokkasimme liikkeitä eri liikesuuntiin saatavilla olevien välineiden avulla. Kuvatessamme videoita, saimme itse koke-muksen liikkeistä ja niiden vaatimustasosta. Pohdimme kannattaako jokaisessa videossa olla puhetta vai pidämmekö videot lyhyinä ja näytämme asiat, johon tulisi keskittyä nopeasti vi-deon alussa. Päädyimme tekstiin videon alussa, jotta videon pituus ja koko ei kasvaisi. Videon voi aluksi keskeyttää ja lukea huomioitavat asiat liikkeen aikana. Halusimme koota oppaan mahdollisimman selkeään muotoon ja loimme jokaiselle tasolle oman kansionsa, jotta videoi-den selailu olisi miellyttävää ja selkeää.

Toiminnallista opinnäytetyötä ja opasta laadittaessa ensisijaisia kriteereitä ovat tuotteen käy-tettävyyden, asiasisällön sopivuus kohderyhmälle, informatiivisuus, selkeys ja johdonmukaisuus. (Vilka & Airaksinen 2004, 53). Pyrkimyksenä oli tehdä videoista hyvälaatuiset, nopeasti katsottavat ja selkeästi ohjeistetut. Käytimme alustana YouTube-sovellusta, mikä on todennä-köisesti kaikille pelaajille ja valmentajille tuttu. Näin oppaan saavutettavuus pysyy mahdolli-simman helppona ja siihen pääsee käsiksi esimerkiksi älypuhelimella. Lisäksi videoita varten ei tarvitse tulostaa papereita, jotka helposti häviävät tai rikkoontuvat. Opas tulee

valmentajille nopeusvoimaa ja räjähtävää harjoittelua tukevaksi liikepankiksi ja ohjelmaksi, jossa voidaan nostaa volyyymia ja kuormaa turvallisesti tietyllä aikajaksolla. Haastavampiin suorituksiin siirtyminen vaatii aina aiemman tason hyvää hallintaa.

Työelämäkumppanimme toimi organisaationa Vantaan Jalkapalloseura. Heidän yhteyshenkilönsä, fysiikkavalmennuspäällikkö Jukka Haarala antoi meille oppaan teossa apua ja mahdollisesti oppaan tarkoituksenmukaisen optimoinnin heidän harjoitteluympäristöönsä. Aloitimme oppaan tekemisen syyskuussa, jolloin keskustelimme Haaralan kanssa seuran harjoitusjaksoista ja mahdollisista sisällöistä. Tämän pohjalta lähdimme luomaan videoita tekstimuotoisen oppaan sijaan. Opas sisältää kuitenkin valmentajille tarkoitetun 14 sivuisen Word tekstiosuuden, jossa käydään läpi harjoituskokonaisuudet, siinä esiintyvien liikkeiden intensiteetit ja intensiteetinpisteytys.

Oppaassa on esiteltyä 32 erilaista harjoitusta sisältävää videota ja monessa videossa saman liikkeen progressiot. Videomuotoisessa oppaassa on lisäksi lyhyt esittely video, joka kertoo plyometrisesta harjoittelusta ja huomioon otettavasti asioista suorittaessa harjoittelua. Jokaisesta video edeltää 5 sekunnin informaatiolistauksen, mihin harjoituksen aikana tulisi kiinnittää huomiota.

Opas sisältää kolme eri ohjelmaa, sillä sama harjoitteluohjelma ei toimi kaikille yksilöille. Tasoja ovat aloittelija, harjoitellut ja kehittynyt. Valmentajan vastuulla on kategorisoida pelaajat näihin harjoituskokonaisuuksiin. Jokaiseen harjoitusohjelmaan suunniteltiin 12 harjoituksen eli 6 viikon kokonaisuus. Lisäksi loimme ”checklist” tyyllisin portaikon, jolla voidaan havainnoida mahdollisuuksia edetä haastavampiin harjoitteisiin.

Oppaastamme saimme hyvää ja kehittävää palautetta. Eri tasojen huomioiminen sai kiitosta ja videot ohjeineen oli yhteistyökumppanimme mieleen. Kehitettävää ensimmäisessä versiossa oli oppaan selkeyden kanssa, sillä jätimme valmentajalle liikaa tulkinnanvaraa progressiossa. Tämän ongelman ratkaisimme luomalla tarkat ohjelmat toisessa versiossa, jossa esitimme liikkeet, toistot, palautukset ja intensiteettipisteiden määrän yhdessä taulukossa. Tämä oli yhteistyökumppanimme mielestä parempi malli, sillä se vähentää valmentajan ennestään suurta työmäärää.

8 Pohdinta, eettisyys ja luotettavuus

Jalkapallo-ottelussa menestyminen vaatii riittävät psykofyysiset ominaisuudet ja lajitaitoa. Plyometrinen harjoittelu edistää tuki- ja sidekudosten kykyä varastoida ja vapauttaa elastista energiaa, mikä tekee pelaajista nopeampia, taloudellisempia, kestävämpiä ja hyppykorkeus

paranee. Riittävällä määrällä harjoittelua myös lihaskasvu on mahdollista. Eksentrisen voiman kasvaessa tuki- ja sidekudokset kestävät suurempia iskuksia ja Golgin jännerefleksi inhiboi-
tuu. Oppaassa plyometriset harjoitukset on jaettu 11 vaikeustasoon, joista tason 9-11 liikkeitä (loikat) tuottavat erittäin kovaa iskutusta. Hermolihasjärjestelmän on totuttauduttava ensin toistojen kautta iskunsietoon, jotta Golgin jänne-elin sallii maksimaalisen konsentrisen voimantuoton kuoletusvaiheen jälkeen.

Aiemmissä tutkimuksissa on käytetty joko intensiteetti-, volyymi- tai nousukorkeuden progressiota plyometrisissa harjoitteissa. Harjoitusohjelmia on kolmelle vaikeustasolle (aloittelijat, harjoitelleet ja kehittyneet), joista kehittyneimpien 3 viimeisellä viikolla ohjelmassa on kova-tehoiset loikat, joihin tuki- ja sidekudokset valmistetaan matalatehoisilla hyppelyillä. Matalatehoiset hyppelyt kehittävät jo itsessään luuston massaa, mineraalitiheyttä ja luiden rakenteita. Pysäytetyissä hyppyissä nivelen hallinta paranee aisti- ja liikehermoston koordinaation kehityttyä. Matalatehoisen hyppelyn kuuluu tuntua kevyeltä, mutta jalkoihin kohdistuu silti hetkellinen 2-3 kertainen kehonpainon voima. Matalatehoisia hyppelyitä voi tehdä 20-50 toiston sarjoja 30-90sek palautuksilla. (Rytkönen 2020, 97.)

Valmentajan vastuulle jää haastavampiin liikkeisiin siirtymisen ajoittaminen. Boksilta pudotautumiset ovat helppo tapa ottaa selvää urheilijoiden alaraajojen eksentrisestä voimasta ja kehonhallinnasta. Urheilijan on hallittava ensin laskeutumisvaihe, jotta törmäysvoimien sietäminen on riittävällä tasolla kimmoisuuden kehittämiseen. Oppaan harjoitusohjelman kolme tasoa toimivat sellaisinaan vain osalle urheilijoista. Teimme kuitenkin valmentajille mahdollisimman helpoksi soveltaa progressio jokaiselle urheilijalle 11 eri vaikeustason liikekategorian mukaan. Liikkeet on jaettu mahdollisimman loogisesti helpoimmista vaikeimpiin, yhden ja kahden jalan, sekä matalan ja korkeatehoisten loikkien välillä. Haasteita opasta luodessa tuotti pysäytettyjen-, välihyppyjen ja jatkuvien hyppyjen väliset intensiteettipiste-
arviot.

Plyometrinen harjoittelu on edullinen ja helposti lajiin sisällytettävä harjoitusmuoto, jota kannattaa hyödyntää jo lapsista alkaen. Voimaharjoittelu ja spurtit on hyvä lisätä harjoitusohjelmaan maksimoimaan kehitys (Marques ym. 2013; Zghal ym. 2019). Olisimme voineet opasta luodessa lisätä myös spurttien progression, mutta ajankäytöllisten haasteiden vuoksi rajasimme oppaan alueen sisältämään vain hyppely/loikkaosuus. Spurtit kuluttavat loikkia enemmän lihaksien välittömiä energiavarastoja, joten taukoja on syytä pidentää entisestään. Kirjallisuuskatsauksen otanta yhdistetystä plyometrisesta ja spurttiharjoittelusta oli ohut, joten emme nähneet sen perusteella tarpeeksi luotettavaksi soveltaa juoksusuosituksia.

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa ei ollut määritelty urheilijoille eri tasoja, vaan kaikki kontrolliryhmään kuuluneet pelaajat suorittivat saman ohjelman. Tämä ei kuitenkaan ole käytännössä paras mahdollinen lähestymistapa meille, sillä VJS:n joukkueissa biologinen

kypsyminen on eri tasolla joukkueiden sisällä. Suosittelemme pituuskasvun huippuvaihetta läpikäyvien urheilijoiden keventävän harjoittelua ja pysyvän aloittelijoiden tasolla harjoitusohjelmassamme tai valmentajan parhaaksi katsomalla tavalla. Asadi ym. (2018) tutkimuksessa pituuskasvun huippuvaiheen läpikäyneet pelaajat saivat eniten hyötyä plyometrisesta harjoittelusta. Murrosiässä ja hieman sitä ennen loukkaantumisherkkyys on korkealla, muun muassa kasvuun liittyvät vaivat esiintyvät luiden kasvualueilla, kuten kantapäissä, polvissa ja lantion alueella (Terveurheilija.fi, 2020). Valmentajan on oltava tietoinen kokonaiskuormituksesta ja tarkkailtava, milloin harjoittelua on syytä keventää. Kipu, tekniikka ja suoritustaso ovat seurannan mittareita, joista suoritustasoa voidaan arvioida liikenopeuden säilymisenä, hypyn korkeutena ja maakontaktiajalla. Voima- ja plyometrinen harjoittelu kehittävät tuki- ja liikuntaelimiä, sekä keskivartalon hallintaa, jotka ovat tärkeässä roolissa rasitusvammojen ennaltaehkäisyssä.

Päädyimme soveltamaan plyometrisissa harjoituksissa omaa intensiteettipisteystystä progression helpottamiseksi. Monissa harjoitusohjelmissa lasketaan maakontaktit, joiden mukaan iskutuksia lisätään vähitellen. Lasten fyysisen aktiivisuuden laskiessa kaikilla 13-vuotiailla ei ole riittävät edellytykset kovatehoisiin plyometrisiin suorituksiin (LIITU 2018). Pisteytystaulukomme ei ole täysin kehonpainoon ja voimiin suhteutettu fakta, vaan suuntaa antava arvio. Matalatehoisista kahden jalan hyppelyistä pisteytystemme mukaan saa yhden intensiteettipisteen ja maksimi kahdeksan saavutetaan maksimaalisella jatkuvalla loikkaharjoittelulla per isku. Tasojen sisällä intensiteetti vaihtelee hieman liikkeestä tai liikekokemuksesta riippuen.

Progression huomioinnissa pelaajan tulisi antaa valmentajalle kolmitasoista palautetta, jonka pohjalta voidaan määritellä seuraavalle tasolle eteneminen. Ensimmäisenä kipua ei saa missään vaiheessa tulla (varsinkaan kahdella perättäisellä harjoituskerralla). Kipu on kontraindikaatio, jonka vuoksi koko plyometrinen harjoittelu on syytä urheilijalla keskeyttää ja korvata se iskuttomalla kehonpainoharjoittelulla. Kivun juurisyy tulisi selvittää. Toinen palaute tulee tekniikasta, jota valmentajalta tarkkailee. Hallitsematon liike on merkki palata tasossa alemmaksi. Progressio tapahtuu silloin, kun liikkeet sujuvat valmentajan mielestä riittävän laadukkaasti. Kolmas määrittäjä on tulos: kun suorituskyky on riittävän korkea tehdyllä vaikeustasolla, on syytä siirtyä astetta haastavampaan ja kuormittavampaan harjoitteeseen. Esimerkiksi kehittyneimpien olisi syytä tehdä lämmittelyjen jälkeen kaikki loikat maksimaalisella intensiteetillä ja boksihyppy on hyvä tehdä toisinaan yhdellä jalalla kahden sijaan. Pudotushypyn korkeus ei välttämättä ole verrannollinen sen hyötyihin, vaan maksimaalinen yritys ja lyhyt maakontaktiaika parantavat reaktiivista voimantuottoa. Liian korkealta pudottautuminen vaatii iskun vastaanoton ja reaktiivinen aika kasvaa niin pitkäksi, ettei koko venymis-lyhenemissyklin hyötyjä saada hyödynnettyä.

Paras ajankohta kehittää plyometrisia ominaisuuksia on ennen kilpailukauden alkua, kun lajirasitus ei ole suurimmillaan muun muassa otteluiden puuttumisen takia. Pelikaudella ei ehditä välttämättä optimoimaan fyysisen suorituskyvyn kehittymistä, vaan oheisharjoittelu on ylläpitävää (Buzzichelli & Bomba 2018, luku 6.; Gabbett 2016, 4.) Kirjallisuuskatsauksemme valikoituneissa tutkimuksissa harjoittelujakso oli niin sanotun pre-seasonin aikana. Suomessa sarjapelit alkavat pääsääntöisesti keväällä ja loppuvat syksyllä, joten plyometrisen harjoittelun kehittävä kokonaisuus olisi hyvä tehdä talvella tai alkukevällä.

Opas on kokonaisuudessaan lähetetty Vantaan Jalkapalloseuralle ja sopimuksemme mukaan yhteistyökumppani saa päättää videoiden ja harjoitusohjelmien mahdollisesta jakamisesta yleiseen käyttöön.

Tutkimuskysymykseemme ”kuinka nuorten 13-17-vuotiaiden poika jalkapalloilijoiden tulisi harjoitella plyometrisesti, jotta nopeus ja vertikaalinen hyppy kehittyisivät optimaalisesti?” pystyimme vastaamaan laajasti niin teorian, kuin käytännön tasolla. Kahdesti viikossa suoritettu 10-20 minuutin plyometrisen harjoittelu lajiharjoitusten yhteydessä, progressiivista ohjelmaa noudattaen lisää pelaajien nopeutta ja vertikaalihypyn korkeutta. Käytännössä matalatehoisia hyppelyitä voi tehdä enemmän lyhyemmillä palautusajoilla (jonon perälle riittää) ja kovatehoiset loikat vaativat pitkät (1-3 min) palautusajat, jotta harjoittelu tapahtuu jatkuvasti ääritehoilla. Hapotuksen tunnetta halutaan kuitenkin välttää kovatehoisissa plyometrisissä harjoituksessa, jotta nopeus ja pomppu kehittyvät.

Yhden jalan liikkeissä riittää, kun hermosto on palautunut tarpeeksi uuteen maksimaaliseen suoritukseen lähdeäessä. Matalatehoisissa hyppelyissä jonotustauko riittää, jotta keskittyminen ja riittävä tekniikka säilyvät. Valmentaja voi tarvittaessa pidentää taukoja, jos edellä mainituissa tekijöissä ilmenee haasteita. Tauot voisivat olla maksimaalisen kehityksen kannalta oppaassa suuremmat, mutta käytännössä lepoajoista voi hiukan joustaa, jotta harjoitus palvelee tavoitetta. Kenttäaika on monilla seuroilla rajallinen ja oheisharjoitteluun ei haluta uhrata paljon lajiajasta. Kompromissit kuuluvat urheilualmennukseen. Tehokas harjoittelu on tärkeimpiä tekijöitä maailmassa, jossa saamme motivoida ihmisiä harjoittelemaan.

Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyöprojektissa on noudatettu eettisiä periaatteita, kuten tekstiä kirjoittaessa käytetty luotettavia, oikein merkittyjä ja oppaassa nuorten turvallista harjoittelua korostaen. Ammattikorkeakoulujen eettiset suositukset on julkaissut Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry (Arene 2017). Opinnäytetyön suunnittelussa on otettu vahvasti huomioon työelämäkumppanin toiveet. Liika riskin otto terveyden uhalla olisi eettisesti kyseenalaista, joten matalan kynnyksen harjoitukset otettu huomioon. Toinen opinnäytetyön tekijöistä oli itse

videoilla, joten emme tarvinneet kuvauslupaa. Kyseinen opinnäytetyön tekijä valmentaa yhteistyökumppaniseuran joukkueita, joten tilan käyttö oli helposti sovittavissa. Koronapandemian takia videot kuvattiin tyhjällä kentällä kontaktien välttämiseksi.

Videoiden alussa liikkeet ovat selitetty ytimekkäästi katselijoille. Oppaan progressio ja liikemäärät ovat kirjallisena mahdollisimman selkeästi valmentajalle saatavilla, joten valmennus voi ohjata harjoitteet valmiilta pohjalta. Turvallisen tekniikan saavuttamiseksi valmentajien on hyvä seurata harjoitteiden laatua. Pandemia-aikana seuraaminen voi tapahtua myös videovälitteisesti, sillä pelaajat näkevät liikkeet omilta älypuhelimiltaan. Mielestämme vain yhden vaativan harjoitusohjelman teko olisi ollut vastuutonta ja eettisesti väärin, sillä olisimme toiminnallaan riskeerannut monen urheilijan terveyden. Tarkka ohjeistus ja harjoitusten seuraamisen korostaminen mahdollistavat turvallisen harjoitusympäristön ja pelaajien kehittymisen.

Ammattikorkeakoulun lehtorien ohjaus auttoi läpi projektin säännöllisin videoyhteyksien ja viestittelyjen avulla. Jokaiseen kysymykseen olemme saaneet vastauksen, vaikka suurimman osan olemme selvittäneet itse. Käytännön vinkit ovat olleet kaikkein arvokkaimpia, sillä niihin ei välttämättä ole olemassa lähteitä. Opinnäytetyöprojekti sujui aikataulussa opinnäytetyöhöön mukaisesti (Laurea Ammattikorkeakoulu 2020).

Luotettavuuden lisäämiseksi tarkastelimme kirjallisuuskatsauksessa tuoretta tietoa rajaten ennen vuotta 2010 ilmestyneet tutkimukset pois katsauksesta. Käytimme paljon suomenkielistä kirjallisuutta väärinymmärtämisen välttämiseksi. Fysioterapian alalla on jo paljon luotettavaa, suomen kielelle käännettä tai tiivistettyä kirjallisuutta. Opinnäytteen tekijät ovat osoittaneet kielitaitonsa opiskelujen aikana. Toinen opiskelijoista suoritti vaihto-opiskelun englannin kielellä, joten englannin kielistä tutkimusta voitiin kriittisesti tarkastella. Kirjallisuus on ollut mielestämme perustellun validia ja luotettavaa, kuten myös opinnäytetyömenetelmämme. Rahoituksen puuttuessa, kirjallisuuskatsaukseen oli otettava mukaan vain ilmaiset tutkimukset. Hakusanojen puitteissa saimme lähes 100 tutkimusta PubMedista, mutta ”ilmainen koko teksti” -vaihtoehto rajasi tutkimukset neljännekseen. Vain englanninkielisiä tutkimuksia oli tarjolla, vaikka yhteen kieleen tukeutuminen voi luoda kieliharhan (Johansson ym. 2007, 53).

Jatkotutkimusehdotukset

Ensimmäinen jatkotutkimusehdotus on harjoitusohjelman tuloksien kerääminen. Alku- ja lopputesteillä saataisiin dataa harjoitusten tehokkuudesta. Toiseksi plyometrisen harjoittelun vaikuttavuus irrallisena tapahtumana ja lajin sisään integroidun plyometrisen osuuden vertailu keskenään. Hyppyjen jälkeen olisi hyvä saada pallo mukaan ja tehdä harjoituksesta pelinomaista havainnointia ja valintoja vaativa. Keskityimme nyt fysioterapeutin näkökulmasta

harjoituksiin sisältyvän ilman palloa tehtävien harjoitteiden laatimiseen toimintakyvyn parantamiseksi.

Toinen jatkotutkimusehdotus on vertailla eri plyometrisia ohjelmia keskenään. Yhtä oikeaa ei ole olemassa, mutta esimerkiksi intensiteettipisteisiin nojaten jonkinlainen jatkotutkimus olisi paikallaan. Kirjallisuuskatsaus vertaili plyometrista- ja kontrolliryhmää, jolloin johtopäätökset tukivat kahdesti viikossa tehtävän lyhyen harjoituksen tukevan suorituskykyä. Tuohon emme opinnäytetyössä saaneet täydellistä vastausta, mutta veimme plyometrista harjoittelua spesifimpään suuntaan. Olisi hyvä määrittää, millä harjoittelulla saadaan tehokkaasti riittävän hyvä vaste aikaiseksi. Parhaat jalkapalloilijat eivät yllä huippukolmiloikkaajien pudotushyppytuloksiin, mutta sitä ei lajissa vaaditakaan. Oheisharjoittelu on toisaalta pois lajiajasta ja se on ylimääräinen kuormitus ennestään vaativaan urheilijan harjoituskalenteriin. Heikon tai keskiverron on helpompi kehittyä, kuin ennestään kimmoisan urheilijan. Esimerkiksi vauhdittoman pituuden tai pudotushypyn yksilöllisen optimin löytäminen olisi mielenkiintoista. Näin voitaisiin keskittyä heikkouksien kehittämiseen ja tulla entistä paremmaksi pelaajaksi. Laboratorio-olosuhteissa voitaisiin tutkia kontaktimatolla reaktiivista aikaa ja hyppykorkeutta. Reaktiivisella voimaindeksillä (RSI) = nousukorkeus/kontaktiaika olisi hyvä optimoida, jotta oikea pudotuskorkeus löytyy nuorille jalkapalloilijoille.

Kolmantena voitaisiin selvittää, mikä testi olisi luotettavin arvioimaan lähtötaso plyometriselle harjoittelulle. Valmennukselle on helppo jakaa pelaajat heti ryhmiin nopean, mutta luotettavan testin jälkeen. Nykyisellä oppaalla suurin osa pelaajista noudattaa todennäköisesti tason 2/3 eli kehittyneen harjoittelijan ohjelmaa.

Lähteet

Painetut

Enoka, R. M. 2015 Neuromechanics of Human Movement. Human Kinetics, 5. painos.

Hakkarainen H. 2009. Lasten ja nuorten urheiluvalmennuksen perusteet. VK-Kustannus Oy, Jyväskylä, 1. painos.

Häkkinen, K. & Ahtiainen, J., teoksessa Mero A., Nummela A., Kalaja S. & Häkkinen K. 2016, Huippu-urheiluvalmennus - teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus.

Hansen, D. & Kennely, S. 2017. Plyometric anatomy. Human kinetics.

Johansson, K., Axelin, A., Stolt M., Ääri, R-L. 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto: Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja A:51/2007. Turku: Digipaino Turun yliopisto

Kauranen K. 2010. Biomekaniikkaa - liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellinen seura. Tammerprint Oy, Tampere, 2. painos.

Kauranen, K. 2017 Fysioterapeutin käsikirja. Sanoma Pro Oy, Helsinki

Kauranen, K. 2014. Lihas - rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Tampere: Tammerprint Oy.

Kauranen, K. 2011. Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. Tampere: Tammerprint Oy.

Kemppinen, P. 2004. Taitajan tie. Tanoke-valmennuksen käsikirja 1. Kustannusvalmennus P.&K. Oy. Vantaa.

McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2015. Exercise Physiology. Nutrition, Energy and Human Performance. 8.painos. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. 2016. Huippu-urheilu valmennus - teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus.

Rytkönen, T., 2020. Voimaharjoittelun käsikirja. 2. painos. Fitra.

Sand, O., Sjaastad Ø., Haug, E., Bjålie, J. 2015. Ihminen Fysiologia ja anatomia. 8.-12.painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen - aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Keuruu: VK-kustannus Oy.

Schmidt, R. A. & Lee, T. D. 2011. Motor control and learning. A behavioral emphasis. 5.painos.

Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. 2. korjattu painos. Turku: Juvenes Print: Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja.

Vilka, H, Airaksinen T. 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi

Sähköiset

Arene, 2017. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetyön eettiset suositukset. Viitattu 3.12.2020. http://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2018/arene_ammattikorkeakoulujen-opinnaytetoiden-eettiset-suositukset.pdf?t=1526903222

Asadi, A., Ramirez-Campillo, R., Arazi, H., & Sáez de Villarreal, E. 2018. The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. Journal of Sports Sciences, 36(21), 2405-2411. Viitattu 23.5.2020. <http://web.a.ebsco-host.com.nelli.laurea.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=3bb3e185-b4bf-46b1-ac5e-ad56267f6c95%40sdc-v-sessmgr02>

Asadi A., Arazi, H. & Young, W.B., Sáez de Villarreal E. 2016. The Effects of Plyometric Training on Change-of-Direction Ability: A Meta-Analysis. Int J Sports Physiol Perform. 2016 Jul;11(5):563-73. Viitattu 24.5.2020 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27139591/>

Buzzichelli, C., & Bompa, T. O. 2018. Periodization: Theory and methodology of training. Human Kinetics. ProQuest Ebook Central.

Cavagna G. A. 1970. The series elastic component of frog gastrocnemius. The Journal of physiology, 206(2), 257-262. Viitattu 27.9.2020 <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1970.sp009011>

Chaouachi, M., Granacher, U., Makhlof, I., Hammami, R., Behm, D. G., & Chaouachi, A. 2017. Within Session Sequence of Balance and Plyometric Exercises Does Not Affect Training Adaptations with Youth Soccer Athletes. Journal of sports science & medicine, 16(1), 125-136. Viitattu 27.5.2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358022/>

- Clark, D., Ivry, R.B. 2010. Multiple system for motor skill learning. WIREs Cogn Sci, vol 1:461-467. Viitattu 24.10.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4346332/>
- Coachtools.fi. 2020. Viitattu 27.10.2020 <https://www.coachtools.fi/fi>
- Coh, M. 2004. Motor learning in sport. Physical education and sport, vol 2(1):45-59. Viitattu 26.10.2020 https://www.researchgate.net/publication/255671200_Motor_learning_in_sport
- Cronin, J.B. & Radnor, J.M.; teoksessa Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (Eds.). 2019. Strength and conditioning for young athletes: Science and application. Routledge. ProQuest Ebook Central. Viitattu 20.4.2020
- Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. 2015. CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. International journal of sports physical therapy, 10(6), 760-786. Viitattu 27.9.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4637913/>
- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. 2020. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. Journal of sports science & medicine, 19(1), 213-223. Viitattu 26.5.2020. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32132845/>
- Gabbett, T.J. 2016. The training–injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? British Journal of Sports Medicine. 50:273-280. Viitattu 29.10.2020 <https://bjsm.bmj.com/content/50/5/273>
- Hammami, J., Gaamouri, S., Shephard, S. & Chelly, 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), pp. 2094-2103. Viitattu 1.10.2020 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29351161/>
- Hodges, P. W. 1999. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? Manual Therapy, Volume 4, Issue 2, May 1999, Pages 74-86. Viitattu 23.5.2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1356689X99901698?via%3Dihub>
- International Federation of Association Football. Big Count. Viitattu 10.4.2020 https://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/emaga_9384_10704.pdf

Kobal, R., Pereira, L. A., Zanetti, V., Ramirez-Campillo, R., & Loturco, I. 2017. Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 8, 742. Viitattu 26.5.2020.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00742>

Koskinen, O. 2018. Nopeusvoimaharjoittelun perusteet. *Athletica*. Viitattu 22.10.2020

<http://www.athletica.fi/?p=1154>

Kudo, S., Sato, T., & Miyashita, T. 2020. Effect of plyometric training on the fascicle length of the gastrocnemius medialis muscle. *Journal of physical therapy science*, 32(4), 277-280.

Viitattu 13.9.2020 <https://doi.org/10.1589/jpts.32.277>

Laurea Ammattikorkeakoulu 2020. Laurean opinnäytetyöohje. Viitattu 3.12.2020. <https://laurea.sharepoint.com/sites/linkfi/Dokumentit/Laurean%20opin%C3%A4ytety%C3%B6ohje.pdf>

Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2018. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2019:1. Viitattu 23.11.2020 https://www.liikuntaneuvosto.fi/wp-content/uploads/2019/09/VLN_LIITU-raportti_web-final-30.1.2019.pdf

Lloyd, R., Meyers, R.W. & Oliver, J. L. 2011. The Natural Development and Trainability of Plyometric Ability During Childhood, *Strength and Conditioning Journal*: April - Volume 33 - Issue 2 - p 23-32 Viitattu 20.4.2020 https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2011/04000/The_Natural_Development_and_Trainability_of.2.aspx

Markovic, G., Mikulic, P. 2010. Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training. *Sports Med* 40, 859-895 Viitattu 13.10.2020

<https://link.springer.com/article/10.2165/11318370-000000000-00000>

Marques, M. C., Pereira, A., Reis, I. G., & van den Tillaar, R. 2013. Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? *Journal of human kinetics*, 39, 157-166. Viitattu

24.5.2020 <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0078>

Marx, R. G. & Mykleburst, G. 2012. *The ACL solution: Prevention and recovery for sports' most devastating knee injury*. eBook. New York: DemosHEALTH.

McKay, D., & Henschke, N. 2012. Plyometric training programmes improve motor performance in prepubertal children. *British Journal of Sports Medicine*, 46(10), 727. Viitattu 1.11.2020

<http://dx.doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1136/bjsports-2012-091417>

- Muehlbauer, T., Wagner, V., Brueckner, D., Schedler, S., Schwiertz, G., Kiss, R. & Hagen, M. 2019. Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* Sep 2;11:18. Viitattu 25.5.2020 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31497301/>
- Nuoren kasvu ja kehitys. 2020. Viitattu 12.11.2020 <https://terveurheilija.fi/harjoittelu/nuori-urheilija/>
- Pullinen Katri. 2008. Jalkapallon lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. Viitattu 23.5.2020 <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/19925/VTE%20Pullinen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramirez-Campillo R., Alvarez C., Garcia-Pinillos, F., Gentil, P., Moran, J., Pereira, L.A. & Lo-turco, I. 2019. Effects of Plyometric Training on Physical Performance of Young Male Soccer Players: Potential Effects of Different Drop Jump Heights. *Pediatric Exercise Science* Aug, Vol. 31 Issue 3, p306 8p. Viitattu 24.5.2020 <http://web.b.ebscohost.com/nelli.laura.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=11264795-395b-467f-968b-e387d555c3e7%40pdv-sessmgr03>
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Gentil, P., Moran, J., García-Pinillos, F., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. 2018. Inter-individual Variability in Responses to 7 Weeks of Plyometric Jump Training in Male Youth Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 9, 1156. Viitattu 29.5.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6109752/>
- Ramírez-Campillo, R., Meylan, R., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., Andrade, D.C. & Izquierdo, M. 2014. Effects of In-Season Low-Volume High-Intensity Plyometric Training on Explosive Actions and Endurance of Young Soccer Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*: May 2014 - Volume 28 - Issue 5 - p 1335-1342 Viitattu 3.10.2020 https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/05000/Effects_of_In_Season_Low_Volume_High_Intensity.20.aspx
- Rhodri S. Lloyd, Moeskops, S. & Granacher, U. teoksessa Rhodri S. Lloyd Jon L. Olive. 2020. *Strength and Conditioning for Young Athletes: Science and Applications* Second edition. ProQuest Ebook Central. Kappaleessa; Plyometric Training for Young Athletes Viitattu 4.5.2020
- Sáez de Villarreal, E., Requena, B. & Cronin, J.B. 2012. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2012 Feb;26(2):575-84. Viitattu 23.5.2020. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22240550/>

Schmidt, R.A. 1975. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*. 82:225-260. Viitattu 15.5.2020. <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fh0076770>

Schoenfeld, B.J. 2010. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *J Strength Cond Res*. Dec;24(12):3497-506. Viitattu 20.9.2020 https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/12000/Squatting_Kinematics_and_Kinetics_and_Their.40.aspx

Slimani, M., Chamari, K., Miarka, B., Del Vecchio, F.B. & Chéour, F. 2016. Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. *J Hum Kinet*. 2016 Oct 14;53:231-247. doi: 10.1515/hukin-2016-0026. Viitattu 20.4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28149427/>

Tanner J. 1962. *Growth of Adolescents*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. Viitattu 15.6.2020.

Tuo, Q. Wang, L. Zhang, Huang, G, Zhang, H. & Liu, H. 2019. Running Performance of Soccer Players During Matches in the 2018 FIFA World Cup: Differences Among Confederations. Viitattu 12.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6514193/>

Vantaan jalkapalloseura 2020. Viitattu 21.4.2020 <https://vjs.fi>

Zghal, F., Colson, S. S., Blain, G., Behm, D. G., Granacher, U., & Chaouachi, A. 2019. Combined Resistance and Plyometric Training Is More Effective Than Plyometric Training Alone for Improving Physical Fitness of Pubertal Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 10, 1026. Viitattu 22.5.2020 <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01026>.

Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen mukaan otetut tutkimukset

Asadi A., Arazi H., Ramirez-Campillo, R. & Saez de Villarreal, E. 2018. The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 36 Issue 21, p2405 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29611771/>

Chaouachi, M., Granacher, U., Makhlof, I., Hammami, R., Behm, D. G., & Chaouachi, A. 2017. Within Session Sequence of Balance and Plyometric Exercises Does Not Affect Training Adaptations with Youth Soccer Athletes. *Journal of sports science & medicine*, 16(1), 125-136. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358022/>

- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. 2020. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *Journal of sports science & medicine*, 19(1), 213-223. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039027/>
- Kobal, R., Pereira, L. A., Zanetti, V., Ramirez-Campillo, R., & Loturco, I. 2017. Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 8, 742. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00742>
- Marques, M. C., Pereira, A., Reis, I. G., & van den Tillaar, R. 2013. Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? *Journal of human kinetics*, 39, 157-166. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3916921/>
- Muehlbauer, T., Wagner, V., Brueckner, D., Schedler, S., Schwiertz, G., Kiss, R. & Hagen, M. 2019. Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. Sep 2;11:18. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31497301/>
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., García-Pinillos, F., Gentil, P., Moran, J., Pereira, L. A., & Loturco, I. 2019. Effects of Plyometric Training on Physical Performance of Young Male Soccer Players: Potential Effects of Different Drop Jump Heights. *Pediatric Exercise Science*, 31(3), 306-313. <http://web.b.ebscohost.com/nelli.laurea.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=1627d812-5f72-4a89-90eb-a02b0fbff123%40pdc-v-sessmgr05>
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Gentil, P., Moran, J., García-Pinillos, F., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. 2018. Inter-individual Variability in Responses to 7 Weeks of Plyometric Jump Training in Male Youth Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 9, 1156. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6109752/>

Kuviot

Kuva 1: Teoreettinen viitekehys.....	8
Kuva 2: Hillin lihaksen reologinen malli	16
Kuva 3: Vertikaalihyppy oikein suoritettuna	18
Kuva 4: Vertikaalihypyn virheellinen laskeutuminen polvet valgus-asennossa.....	19
Kuva 5: Motorisen oppimisen vaiheet	25
Kuva 6: Hypoteettinen vuorovaikutus harjoittelumäärällä, joukkueen kunnolla, loukkaantumisilla ja suorituskvyyllä	26
Kuva 7: Yhteys harjoittelukuormalla, harjoitteluvaiheella ja loukkaantumisriskillä eliittuurheilijoilla joukkuelajeissa	27
Kuva 8: Harjoitusärsyke ja adaptaatio.....	28

Taulukot

Taulukko 1: Sisäänotto- ja poissulkukriteeri	34
Taulukko 2: Hakutulosten yhteenveto	35
Taulukko 3: Tutkimusten interventio, osallistujat ja tulokset	38
Taulukko 4: Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen tutkimusten harjoitusohjelmat	39