



# **Olkanivelen ulko- ja sisäkierron voimantuoton sekä liikkuvuuden vaikutukset lentopallon iskulyönnin nopeuteen**

## **Tutkimuksellinen kehittämistyö**

Topi Olsen, Joonas Reijonen, Joni Bäckman

Opinnäytetyö, AMK

Lokakuu 2024

Terveys- ja hyvinvointiala

Fysioterapeutti (AMK)

Olsen, Topi & Reijonen, Joonas & Bäckman, Joni

**Olkanivelen ulko- ja sisäkierron voimantuoton sekä liikkuvuuden vaikutukset lentopallon iskulyönnin nopeuteen**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Lokakuu 2024**, SIVUMÄÄRÄ 43

Terveys- ja hyvinvointiala. Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

**Tiivistelmä**

Iskulyönti on yksi lentopallon tärkeimmistä hyökkäystoiminnoista ja huipputasolla sillä tehdään merkittävä osa pisteistä. Työn tavoitteena oli selvittää olkanivelen sisä- ja ulkokierron voimantuoton sekä liikkuvuuden yhteyttä iskulyönnin nopeuteen ja tehokkuuteen. Opinnäytetyö oli toteutettu toimeksiantona huippu-urheilun instituutin (KIHU) kanssa.

Tutkimukset toteutettiin Kuortaneen urheiluopistolla. Tutkimukseen osallistui yhteensä 10 tyttöä ja 10 poikaa, jotka pelasivat nuorten maajoukkueessa. Tutkittavat olivat iältään 16–18-vuotiaita. Tutkimusmenetelmät olivat valmiiksi laadittu toimeksiantajan puolesta ja ne oli todettu luotettaviksi ja toistettaviksi. Testattavat ominaisuudet olivat olkanivelen ulko- ja sisäkierron liikkuvuus sekä isometrinen maksimaalinen voimantuotto. Tuloksissa havaittiin vain olkanivelen ulkokierron liikkuvuudella olevan mahdollisesti vaikutus iskulyönnin nopeuteen.

Saadut tulokset olivat kuitenkin osittain ristiriitaisia aiemman tutkimustiedon kanssa, jota saattaa selittää muun muassa tutkittavien nuori ikä, heterogeisuus, pelipaikka, mittauksen ajankohta sekä motoriset taidot.

**Avainsanat (asiasanat)**

Olkanivel, sisäkierto, ulkokierto, liikkuvuus, voimantuotto, lentopallo, iskulyönti

**Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

Olsen, Topi & Reijonen, Joonas & Bäckman, Joni

### **The effects of external and internal rotation of the shoulder joint on force production and mobility on the impact speed of the volleyball strike**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, October 2024, 43 pages

Health and welfare. Degree Programme in Physical therapy. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

#### **Abstract**

Spiking is one of the most important offensive functions in volleyball. The goal of this thesis was to find out the connection between the force production and mobility of the internal and external rotation of the shoulder joint and the speed of the spike, because this has a significant effect on the efficiency of the spike. The thesis was carried out as an assignment with the Institute of high performance sport (KIHU).

The studies were carried out at the Kuortane Olympic training center. A total of 10 girls and 10 boys who play in the youth national team participated in the study. The subjects were 16–18 years old. The research methods had already been selected on behalf of the KIHU and had been found to be reliable and repeatable. The characteristics to be tested were the mobility of the external and internal rotation of the shoulder joint and isometric maximal force output. In the results, it was found that only external rotation range of motion has possible effect on speed of volleyball spike.

However, the obtained results were partly inconsistent with previous research data, which may be explained by, the young age, heterogeneity, playing position, time of measurement and motor skills of the subjects.

#### **Keywords/tags (subjects)**

Shoulder joint, internal rotation, external rotation, mobility, force output, spike, volleyball

#### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Olkapään rakenteet ja toiminta</b> .....	<b>4</b>
2.1	Hartiarengas .....	4
2.2	Lapaluu .....	6
2.3	Kiertäjäkalvosin .....	9
2.4	Olkanivel .....	11
2.5	Humeroskapulaarinen rytmi .....	13
<b>3</b>	<b>Lentopallon säännöt ja lajin kulku</b> .....	<b>14</b>
3.1	Säännöt .....	14
3.2	Pisteen saaminen ja erän sekä ottelun voittaminen .....	15
3.3	Virheet ja rangaistukset .....	15
3.4	Palloralli ja päättynyt palloralli .....	15
<b>4</b>	<b>Lentopallon yleiset fyysiset vaatimukset</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Lentopallon iskulyöntiin vaikuttavat tekijät</b> .....	<b>17</b>
5.1	Lentopallon iskulyönti lajisuorituksena .....	17
5.2	Iskulyönnin biomekaniikka .....	17
5.3	Yleisimmät yläraajan vammat .....	18
5.4	Olkapäävammojen ennaltaehkäisy .....	20
5.5	Olkapään liikkuvuuden vaikutukset lyönnin voimakkuuteen .....	21
5.6	Olkapään voimantuoton vaikutukset lyönnin voimakkuuteen .....	22
<b>6</b>	<b>Opinnäytetyön toteutus</b> .....	<b>23</b>
6.1	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset .....	23
6.2	Tutkimusmenetelmä, aineiston keruu ja valinta .....	24
<b>7</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>28</b>
7.1	Onko olkanivelen sisäkierron voimantuotolla vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen? .....	28

7.2 Onko olkanivelen sisä- ja ulkokierron liikkuvuudella vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen?.....	29
<b>8 Pohdinta.....</b>	<b>30</b>
8.1 Tulosten pohdinta .....	30
8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus .....	32
8.3 Jatkotutkimusaiheet.....	33
<b>Lähteet .....</b>	<b>34</b>
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1. Hartiarenkaan ja ylävartalon luiset rakenteet.....	6
Kuvio 2. Lapaluun luiset rakenteet edestä.....	7
Kuvio 3. Lapaluun luiset rakenteet takaa.....	7
Kuvio 4. Lapaluun liikesuunnat.....	8
Kuvio 5. Lapaluuta liikuttavat lihakset takaa kuvattuna.....	9
Kuvio 6. Lapaluun liikuttavat lihasket edestä kuvattuna.....	9
Kuvio 7. Kiertäjäkalvosimen rakenteet edestä kuvattuna.....	10
Kuvio 8. Kiertäjäkalvosimen rakenteet takaa kuvattuna.....	12
Kuvio 9. Käden heilautuksen vaiheet lentopallon iskulyönnissä.....	18
Kuvio 10. Kynärvarren pronaatio- ja supinaatioliikkeiden liikkuvuusmittaus.....	24
Kuvio 11. Olkanivelen ulko- ja sisäkiertoliikkeiden liikkuvuusmittaus.....	25
Kuvio 12. Kynärvarren pronaation ja supinaation isometrinen maksimivoima.....	26
Kuvio 13. Olkanivelen sisäkierron maksimaalisen isometrisen voiman mittaus.....	27
Kuvio 14. Olkanivelen ulkokierron maksimaalisen isometrisen voiman mittaus.....	28

## **Taulukot**

Taulukko 1. Olkaniveltä ja lapaluuta liikuttavat lihakset.....	12
--	----

# 1 Johdanto

Lentopallossa iskulyönti on yksi tärkeimmistä hyökkäystoiminnoista ja huipputasolla sillä tehdään merkittävä osa pisteistä (Oliveira, Moura, Roacki, Tilp, Okazaki 2020). Lajisuoritukseksi iskulyönti on erittäin tekninen, jonka vuoksi sitä toistetaan useita kertoja harjoituksissa ja peleissä. Parhailaan näiden toistomäärä voi nousta jopa 40 000 toistoon vuositasolla. (Challoumas, Stavrou & Dimitrakakakis 2017.)

Taidon lisäksi fyysisillä ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus ja lajin kehittymisen seurauksena lajin fyysiset vaatimukset ovat myös kehittyneet. Tärkeää on, että urheilijalla on riittävä kyky tuottaa tehoa ja tämän myötä myös fyysisiin ominaisuuksiin on alettu kiinnittämään entistä enemmän huomiota viime aikoina. (Kraemer & Häkkinen 2002, 108.) Opinnäytetyön tarkoituksena on pohtia miten yläraajan liikkuvuus- ja lihasvoima vaikuttavat 16–18-vuotiaiden lentopalloilijoiden kykyyn tuottaa tehoa iskulyöntiin.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä osana isompaa projektia huippu-urheilun instituutin (KIHU) ja Jyväskylän yliopiston kanssa. Tutkimusryhmä koostui 16–18-vuotiaiden tyttöjen ja poikien maa-joukkueen pelaajista ja tutkimukset tehtiin Kuortaneen urheiluopistolla. Lihasvoiman- ja liikkuvuuden mittaaminen oli ryhmämme vastuulla, mutta mittausvälineet, menetelmät, opastus sekä selvitys aikaisemmista ja nykyisistä pelaajien vammoista tulivat KIHU:n toimesta. Näiden lisäksi Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja opiskelijat tekivät iskulyönnistä liikeanalyysia ja mittasivat lyönnin voimakkuuksia. Lyönnin voimakkuudet tulivat ryhmällemme yliopiston toimesta. Ryhmämme lisäksi mittauksissa meitä oli avustamassa Kuortaneen oma urheilufysioterapeutti.

## 2 Olkapään rakenteet ja toiminta

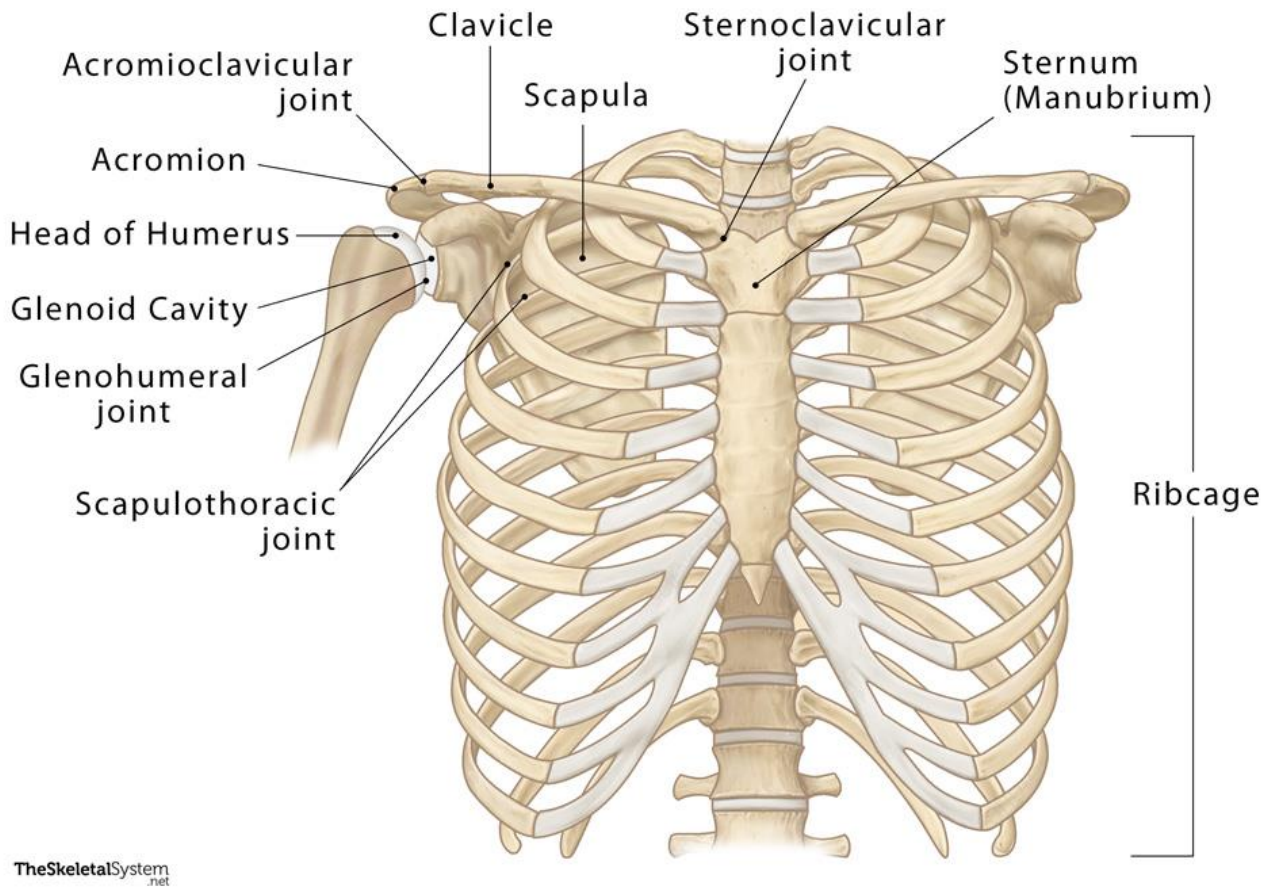
### 2.1 Hartiarengas

Hartiarenkaasta puhuttaessa tarkoitetaan ihmisen rintalastan, solisluun, lapaluun, ylimpien kylkiluiden ja rintanikamien yhdessä muodostamaa ympyrän muotoista kokonaisuutta. Hartiarengasta katseltaessa toiminnallisena kokonaisuutena voidaan myös olkaluun ja lapaluun muodostama olkanivel luokitella osaksi hartiarengasta. (Kauranen 2021, 139.) Hartiarengas koostuu toiminnalli-

sesti kolmesta eri nivelestä, joista merkittävin on olkaluun pään ja lapaluun nivelmaljakon muodostama olkanivel eli **glenohumeraalinivel (GH-nivel)**. Se on pallonivel, jossa olkaluun pään koko on noin neljä kertaa isompi, kuin nivelmalja, johon se kiinnittyy. Tämä mahdollistaa sen laajat liikelaaajuudet, mutta lisää kuitenkin riskiä nivelen sijoiltaanmenoon sekä loukkaantumisiin, koska olkaniveltä tukevien rakenteiden kuormitus on suurta. (Chang, Anand & Varcallo 2023; Arokoski, Lepola, Rantala & Viikari-Juntura 2015.) Olkanivelen stabiliteetin kannalta oleellisimmassa roolissa on kiertäjälavosimen lihakset sekä nivelkapseli, jonka sisällä on useita nivelsiteitä (Pajarinen 2009). Nivelpintaa laajentava rustorengas, nivelkapseli ja nivelnesteet muodostavat olkaniveleen alipaineisen tyhjiön, joka myös tukevoittaa niveltä (Lepola & Halen 2021, 396). Näiden lisäksi Biceps- ja triceps brachiin jänteet stabiloivat olkaniveltä (Miniato, Anand & Varcallo 2023).

**Akromioklavikulaarinivel (AC-nivel)** on tasonivel, joka yhdistää lapaluun ja solisluun toisiinsa (Miniato ym. 2023). Se on rakenteellisesti hyvin epävakaa ja sitä stabiloi ensisijaisesti nivelkapseli, nivelsiteet ja useat eri lihakset (Virtanen 2020). Rakenteensa vuoksi se on myös hyvin altis vammoille (Wong & Kiel 2023). Viimeisenä näistä kolmesta on solisluun ja rintalastan muodostama **sternoklavikulaarinivel (SC-nivel)**, joka kiinnittää hartiarenkaan torsoon (Lepola & Halen 2021, 395–396; Miniato ym. 2023). Se on satulanivel, joka mahdollistaa liikkeen kolmessa tasossa rintalastan pysyessä paikallaan. Kuten muutkin hartiarenkaan nivelet, myös tätä niveltä tukee pääsääntöisesti nivelkapseli, nivelsiteet sekä lihakset. SC-nivelen vammat ovat kuitenkin harvinaisia, vain 3–5 prosenttia hartiarenkaan vammoista kohdistuu SC-niveleen. (Epperson, Black & Varcallo 2023.) Kirjallisuudessa usein mainitaan niveleksi myös lapaluun sisäpinnan ja rintakehän välinen alue (Scapulothoracic joint), jossa lapaluu liikuu rintakehää myötäillen. Tämä ei kuitenkaan varsinaisesti ole nivel, vaikka sillä on oleellinen rooli hartiarenkaan toiminnassa (Miniato ym. 2023; Arokoski ym. 2015). Kuten monien muidenkin isojen nivelten ympärillä, myös hartiarenkaan alueella on limapusseja, joiden funktiona on vähentää luiden ja muiden kudosten välistä hankausta ja kitkaa (Ruangchaijatuporn, Gaetke-Udager, Yablon & Morag 2017).

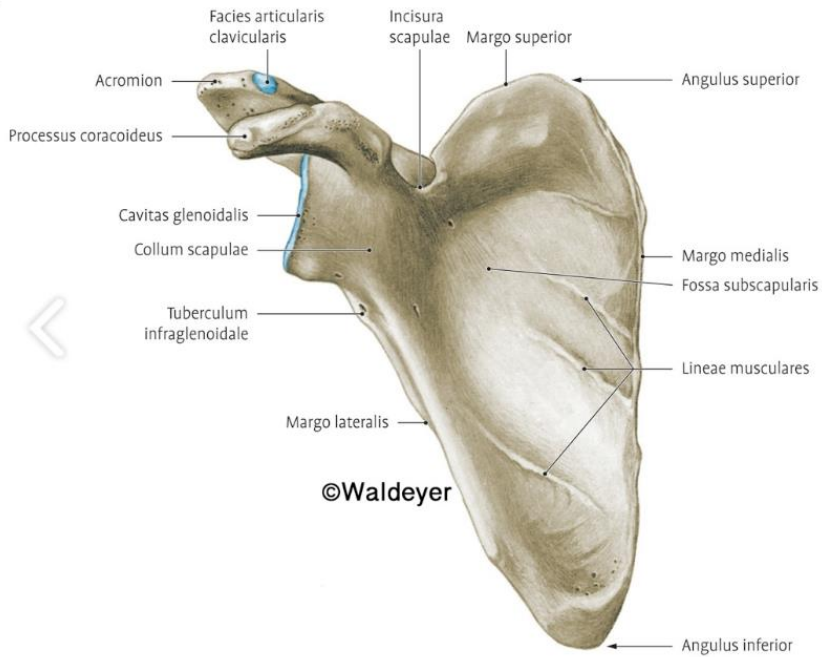
## Pectoral Girdle



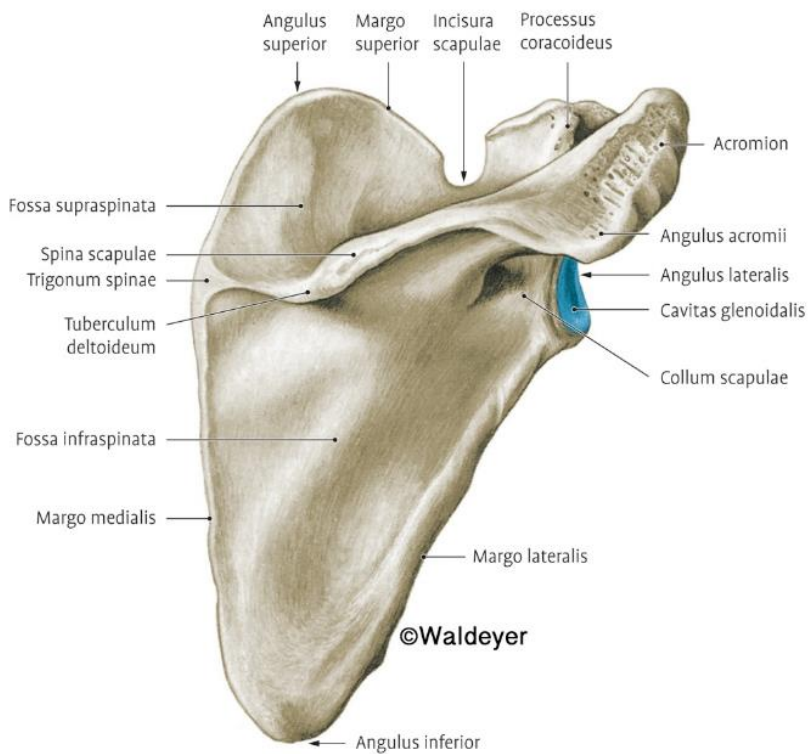
Kuvio 1. Hartiarenkaan ja ylävartalon luiset rakenteet (Pectoral (Shoulder) Gridle n.d)

### 2.2 Lapaluu

Lapaluu on kolmion muotoinen litteä luu, jonka tehtävänä on tukea olkapään rakennetta taka- ja yläpuolelta (posteriorisesti ja superiorisesti). Lapaluu on myös luinen kiinnityskohta useille olkaniveltä liikuttaville lihaksille, kuten kiertäjäkalvosimen lihaksille. Lapaluulla onkin hyvin tärkeä rooli olkanivelen stabiloinnissa. Lapaluun posteriorisella puolella kulkee lapaluun harju (spina scapulae), joka muodostaa olkanivelen superiorisen tuen kannalta tärkeän olkalisäkkeen (acromion). Toista olkaniveltä yläpuolelta tukevaa rakennetta kutsutaan korppilisäkkeeksi (processus coracoideus). (Kauranen 2021, 140.)

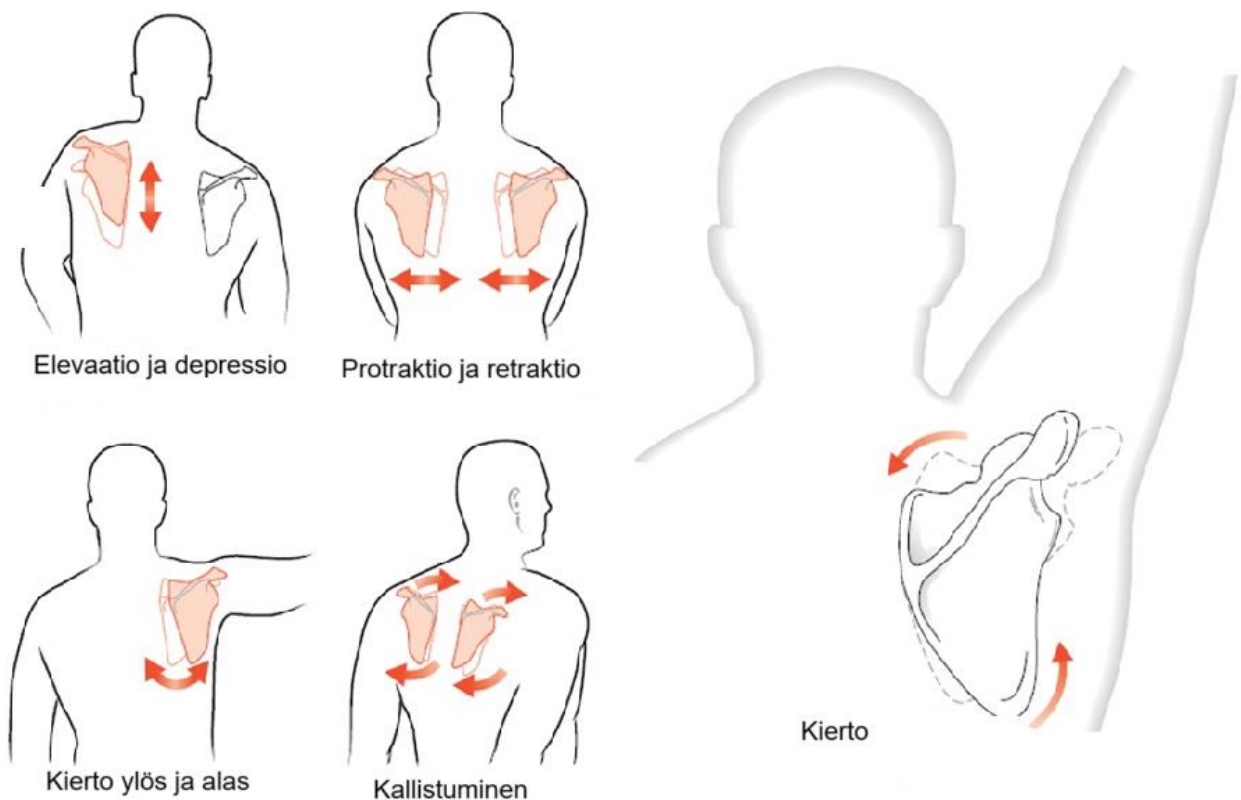


Kuvio 2. Lapaluun luiset rakenteet edestä (Terveysportti, anatomiakuvasto n.d)

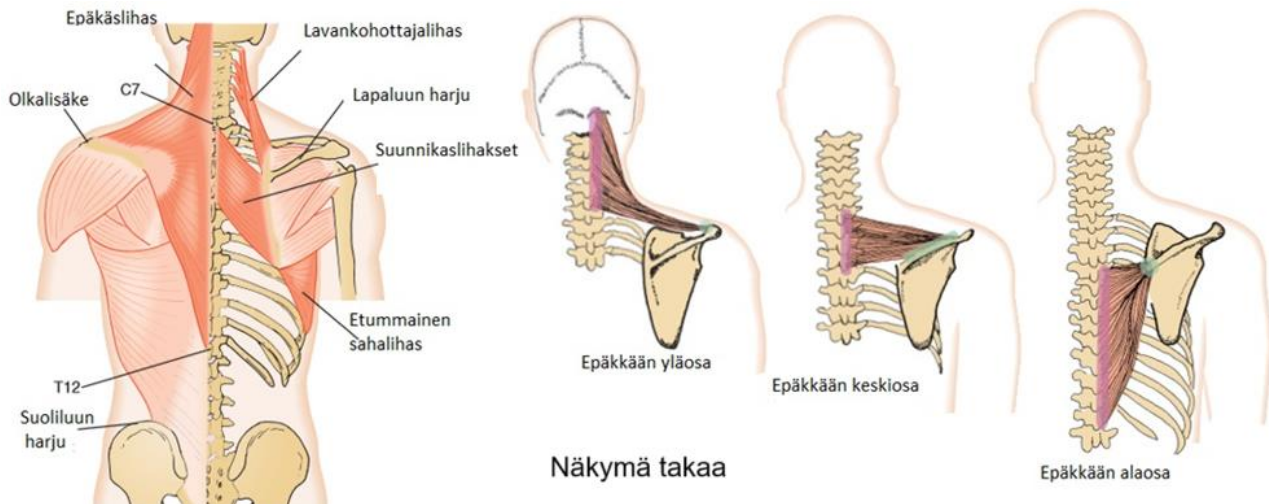


Kuvio 3. Lapaluun luiset rakenteet takaa (Terveysportti, anatomiakuvasto n.d)

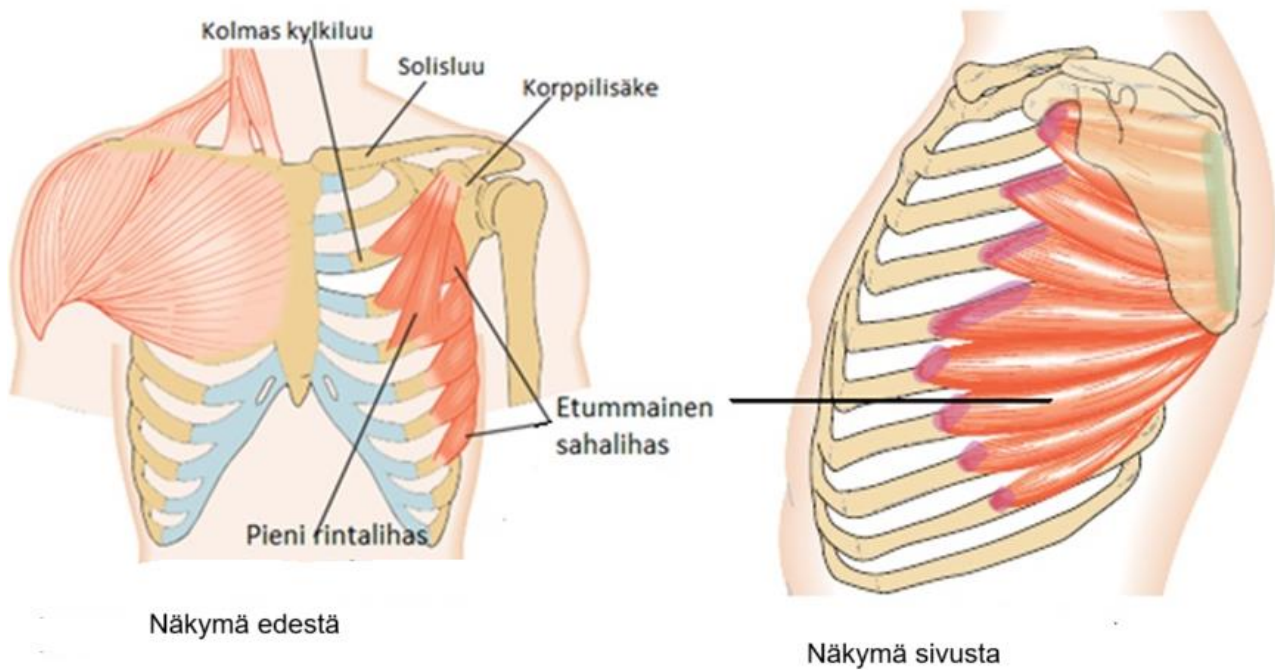
Lapaluu liikkuu kuudessa eri pääliikesuunnassa, joka mahdollistaa yläraajan toiminnallisen liikkeen. Lapaluun liikesuuntia ovat protraktio (lavan eteen työntyminen), retraktio (lavan taakse vetäminen), elevaatio (lavan kohottaminen), depressio (lavan laskeminen) ja ulos- (lateraalirotaatio) sekä sisäkierto (mediaalirotaatio). Näillä liikesuunnilla on merkittävä rooli koko yläraajan toimintaan. Protraktiosta ja depressiosta vastaa pääsääntöisesti etummainen sahalihäs (m. serratus anterior). Retraktion päävaikuttajalihaksia ovat epäkäslihäs (m. trapezius) sekä iso suunnikaslihäs (m. rhomboideus major). Elevaatiosta vastaa lavankohottajalihäs (m. levator scapulae) sekä epäkkään ylemmät lihassäikeet. Ulkokiertoon osallistuu epäkkään ylä- ja alasäikeet sekä etummainen sahalihäs ja sisäkierrasta vastaa lavankohottajalihäs sekä iso suunnikaslihäs. (Kauranen 2021, 142; Cowan, Murdaec & Varacello 2023.) Edellä mainittujen liikkeiden lisäksi lapaluu voi kallistua myös hieman taakse, kun yläraajaa viedään pään yläpuolelle (Ludewig & Reynolds 2009).



Kuvio 4. Lapaluun liikesuunnat (mukailtu Lippert 2011.)



Kuvio 5. Lapaluuta liikuttavat lihakset takaa kuvattuna (mukailtu Lippert 2011.)

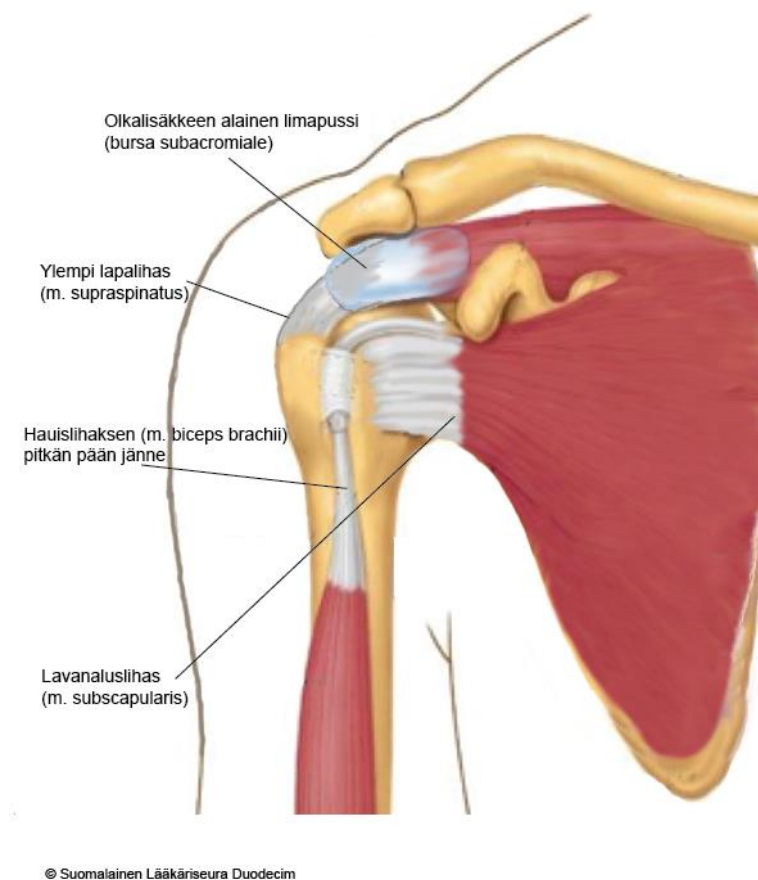


Kuvio 6. Lapaluuta liikuttavat lihakset edestä kuvattuna (mukailtu Lippert 2011.)

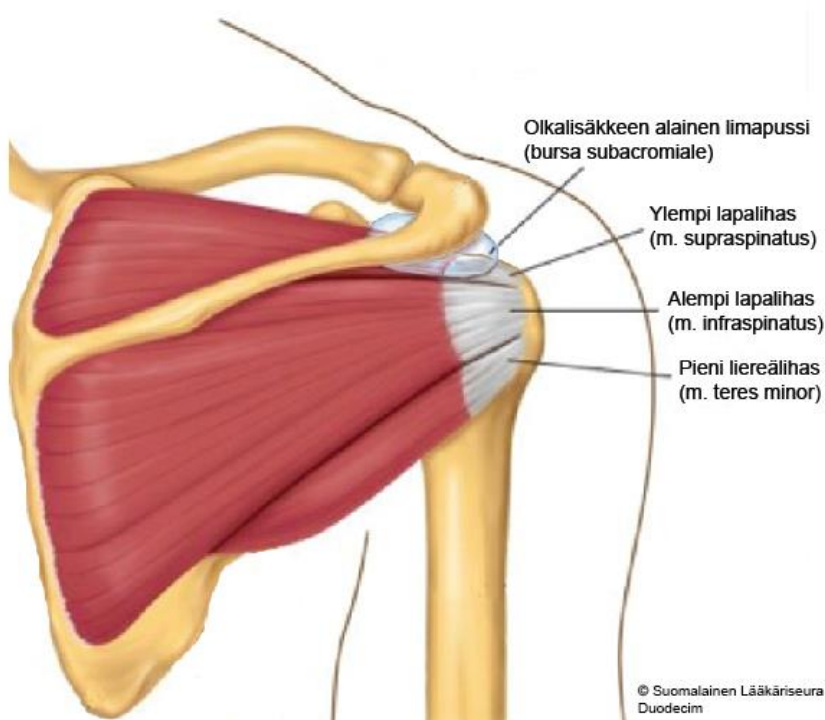
## 2.3 Kiertäjäkalvosin

Kiertäjäkalvosin on neljästä lihaksesta ja niiden jänteistä koostuva kokonaisuus, jonka tehtävänä on tukea olkaniveltä lapaluun nivelpintaa vasten. Kiertäjäkalvosimen muodostavat lihakset ovat

lavanaluslihas (m. Subscapularis), ylempi lapalihas (m. Suprapinatus), alempi lapalihas (m. Infraspinatus) ja pieni liereälihas (m. Teres minor). Lavanaluslihas lähtee nimensä mukaisesti lapaluun sisäpinnalta ja kiinnittyy olkaluun pään yläetuosan pieneen olkakyhmyyn. Se on useimmiten kiertäjälkvalvosimen lihaksista vahvin. Ylempi lapalihas lähtee lapaluun harjun (spina scapulaen) yläpuolelta ja kiinnittyy olkaluun pään yläosaan nivelkapselin kautta. Alempi lapalihas taas lähtee lapaluun harjun alapuolelta ja kiinnittyy olkaluun ylätakareunalla olevaan isoon kyhmyyn. Pieni liereälihas lapaluun taka-alareunasta kiinnittyy olkaluun ylätakareunan ison olkakyhmyyn alaosaan. (Hänninen & Koivuranta 2016.) Edellä mainittujen lihasten jänteet muodostavat yhdessä jännekalvon, joka ryhmänä lihasten jänteitä liittyvät toisiinsa ohuella nivelkapselikalvolla. Tämä jännekalvo näin ollen yhdistyy olkanivelen nivelkapseliin (Kauranen 2021, 155). Kiertäjälkvalvosimen lihasten oleellisin niveltä tukevoittava ominaisuus perustuu siihen, että lihasten osallistuessa nivelen liikkeisiin ne samalla painavat olkaluun päätä lapaluun nivelpintaa vasten. Näin lihakset varmistavat olkaluun pysymisen paikoillaan nivelkuopassa. (Pohjolainen 2021; Hänninen & Koivuranta 2016.)



Kuvio 7. Kiertäjälkvalvosimen rakenteet edestä kuvattuna (Käypä-hoito 2022)



Kuvio 8. Kiertäjäkalvosimen rakenteet takaa kuvattuna (Käypä-hoito 2022)

Olkanivelen tukemisen lisäksi kiertäjäkalvosimen lihakset osallistuvat sen liikkeisiin avustamalla olkanivelen loitonnuusta, sekä sisä- ja ulkokierto liikkeitä. Lihaksista lavanaluslihas (m. subscapularis) osallistuu olkavarren sisäkiertoon, ylempi lapalihas (m. supraspinatus) olkavarren loitonnuukseen, jossa sen aktiviteetti on suurinta ensimmäisen 15° aikana. Alempi lapalihas (m. Infraspinatus) ja pieni liereälihas (m. teres minor) osallistuvat olkavarren ulkokiertoon (Maruvada, Madrazo-Ibarra & Varacallo 2023.)

## 2.4 Olkanivel

Ihmisen liikkuvimpana nivelenä olkanivelellä on laajat liikelaajuudet kaikissa liikesuunnissa. Fleksio eli koukistussuunnan liikelaajuus on tavallisesti noin 180°. Olkanivelen ensisijaisia fleksoreita ovat hartialihaksen (m. deltoideus) etuosa, korppiolkaluulihas (m. coracobrachialis) ja iso rintalihas (m. pectoralis major). Myös kaksipäisen olkalihasella (m. biceps brachii) on avustava rooli tässä toiminnossa. Ekstensio eli ojennussuunnan liikelaajuus on noin 45–60° ja liikettä tekevät lihakset ovat hartialihaksen takaosa, leveä selkälihas (m. latissimus dorsi), ja pieni liereä lihas. (Chang ym. 2023.)

Sisäkierron normaali liikelaajuus on noin 70–90°. Sisäkiertoon osallistuu lavanaluslihas, iso rintalihas, leveä selkälihas, iso liereälihas sekä hartialihaksen etuosa. Ulkokiertoon osallistuu pääasiassa alempi lapalihas sekä pieni liereälihas ja sen normaali liikelaajuus on noin 90°. (Chang ym. 2023.) Yliolanurheilijoilla on kuitenkin havaittu puutteita etenkin olkanivelen sisäkierron liikelaajuuksissa (Tooth, Gofflot, Schwartz, Croisier, Beaudart, Bruère & Forthomme 2020).

Loitonnuksen (abduktio) normaali liikelaajuus on noin 150 astetta. Loitonnukseen osallistuu useita lihaksia, joiden merkitys korostuu eri nivelkulmilla. Ensimmäisen 15 asteen päävaikuttajalihaksena on ylempilapalihas, jonka jälkeen hartialihaksen merkitys korostuu aina 90 asteeseen asti. Tämän jälkeen epäkkään (trapezius) sekä etummaisena sahalihaksen (serratus anterior) rooli korostuu, koska näillä on merkittävä rooli humeroskapulaarisessa rytmisessä. Lähennyksessä (adduktio) päävaikuttajalihaksina toimii iso rintalihas, leveä selkälihas sekä iso liereälihas. (Chang ym. 2023.)

Horisontaalitason liikkeillä tarkoitetaan olkanivelen lähennystä ja loitonnukselta olkanivelen ollessa 90° fleksiossa yläraajan osoittaessa eteenpäin. Horisontaalitason loitonnuksen liikelaajuus on noin 130° ja siitä vastaa hartialihaksen posterioriset lihassäikeet. Horisontaalitason lähennyksessä päävaikuttajalihaksena on iso rintalihas ja sen liikelaajuus on noin 50°. (Kauranen 2021, 142.)

Taulukko 1. Olkaniveltä ja lapaluuta liikuttavat lihakset (mukailtu Kauranen 2021.)

Liike	Osallistuvat lihakset
Olkanivelen fleksio	hartialihaksen (m. deltoideus) etusäikeet Korppiolkaluulihas (m. coracobrachialis) Iso rintalihas (m. pectoralis major)
Olkanivelen ekstensio	Hartialihaksen takaosa Leveä selkälihas (m. latissimus dorsi) Pieni liereälihas (m. teres major)
Olkanivelen horisontaalitason loitonnuks	Hartialihaksen takasäikeet
Olkanivelen horisontaalitason lähennys	Iso rintalihas (m. pectoralis major)
Olkanivelen loitonnuks	Ylempi lapalihas (m. supraspinatus) Hartialihaksen keskimmäiset säikeet Epäkäslihas (m. trapezius)

Olkanivelen lähennys	Iso rintalihas Leveä selkälihas Iso liereälihas (m. teres major)
Olkanivelen sisäkierto	Lavanaluslihas (m. subscapularis) Iso rintalihas Leveä selkälihas Hartialihasken etusäikeet
Olkanivelen ulkokierto	Alempi lapalihas (m. infraspinatus) Pieni lierälihas (m. teres minor)
Lapaluun elevaatio	Lavankohottajalihas (m. levator scapulae) Epäkkään ylemmät säikeet
Lapaluun depressio	Etummainen sahalihhas (m. serratus anterior)
Lapaluun protraktio	Etummainen sahalihhas
Lapaluun retraktio	Epäkäslihas Iso suunnikaslihas (m. rhomboideus major)
Lapaluun uloskierto	Epäkkään ylä- ja alasäikeet Etummainen sahalihhas
Lapaluun sisäkierto	Lavankohottajalihas Iso suunnikaslihas

## 2.5 Humeroskapulaarinen rytmi

Humeroskapulaarisella rytmillä tarkoitetaan lapaluun ja olkaluun yhteistoimintaa yläraajaa liikutellessä. Perinteisesti olkaluun ja lapaluun liikesuhteena on pidetty 2:1, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että olkanivelen ollessa 180° loitonnuksessa, 120° liikkeestä tulee olkanivelestä ja 60° lapaluun rotaatiosta (Kauranen 2021, 146–147). Käytännössä humeroskapulaarisen rytmin vaiheet voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen ja mitä pidemmälle abduktioon olkanivel viedään, sitä enemmän lapaluun merkitys liikkeessä korostuu. Ensimmäisessä vaiheessa olkaluu liikkuu noin 30° ja lapaluu pysyy lähes paikallaan. Seuraavassa vaiheessa olkaluu liikkuu noin 40° ja lapaluu kiertyy ulos noin 20° samalla liikkuen hieman elevaatioon ja protrakioon. Viimeisessä vaiheessa olkaluu abduktoituu noin 60° ja lapaluu kiertyy edelleen ulospäin vielä 40°. (Magee & Manske 2021, 304.) Täytyy kuitenkin huomioida, että edellä mainitut asteluvut viittaavat mahdollisesti vain jonkinlaisiin keskiarvioihin ja nykyisin tiedetään, että humeroskalupaarisessa rytmissä on merkittäviä eroja

yksilöiden välillä. Esimerkiksi McQuaden, Borstadin ja Siriani de Oliveiran (2016) mukaan humeroskapulaarinen rytmi vaihtelee jopa 1:1 ja 6:1 välillä ja tähän vaikuttaa muun muassa liikenopeus, olkanivelen liikkuvuus ja kipu. Artikkelin mukaan tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että laivan hallinta olisi heikkoa, vaan enemmänkin kuvaa yksilöllistä normaalia vaihtelua liikkeen suorittamisessa (McQuade ym. 2016).

### **3 Lentopallon säännöt ja lajin kulku**

#### **3.1 Säännöt**

Lentopalloa pelataan kahdella eri joukkueella 18 m x 9 m kokoisella kentällä, jonka jakaa verkko. Kentän joka puolella tulee olla vähintään 3 metrin vapaa-alue. Pelikentän ilmatilan tulee olla estevapaa vähintään 7 m korkeuteen asti. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.) Toisaalta ulkoreunojen vapaa-alueen ja ilmatilan mitat voivat vaihdella riippuen pelin tasosta.

Ennen kuin ottelu alkaa, suoritetaan arvonta päätuomarin toimesta, jolla määritetään ensimmäisen erän aloittajajoukkue ja kenttäpuoliskot. Arvontaan osallistuvat kummankin joukkueen kapteenit. Arvonnan voittava kapteeni valitsee joko haluamansa kenttäpuoliskon tai aloituksen tai sen vastaanoton. Itse peli alkaa syötöllä, jossa pallo lyödään verkon yli vastajoukkueen puolelle. Vastakkaisella joukkueella on torjunnan lisäksi kolme lyöntiä, joilla pallo tulee palauttaa. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.)

Yksi joukkue pitää sisällään 12 pelaajaa, kapteenin, valmentajan ja korkeintaan kaksi apuvalmentajaa. Joukkueen huoltajistoon kuuluu yksi fysioterapeutti ja lääkäri. Joukkueen tulee myös nimetä enintään kaksi liberoa, jotka ovat puolustamiseen erikoistuneita pelaajia. Liberot eivät saa aloittaa peliä, torjua tai suorittaa torjuntayritystä. Libero saa pelata ainoastaan takapelaajana, eikä toteuta hyökkäyslyöntejä mistään kentän alueelta, jos pallo on lyönnin aikana verkon yläpuolella kokonaisuudessaan. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.)

### **3.2 Pisteen saaminen ja erän sekä ottelun voittaminen**

Lentopallossa joukkue voi saada pisteen, jos pallo koskettaa vastakkaisen joukkueen kenttää, tai jos vastakkainen joukkue tekee virheen tai saa rangaistuksen. Erän voittamiseen vaaditaan 25 pistettä kahden pisteen johdolla vastakkaiseen joukkueeseen. Tasatilanteessa 24–24, peliä jatketaan kahden pisteen eroon asti. Ottelu päättyy, kunnes toinen joukkueista voittaa kolme erää. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.)

### **3.3 Virheet ja rangaistukset**

Kun joukkue tekee pelisuorituksen, joka rikkoo sääntöjä, joukkue tekee virheen. Pelin tuomarit tarkkailevat peliä näiden virheiden varalta ja määräävät tarvittaessa rangaistukset seuraavilla ehtoilla: Mikäli peräkkäisiä virheitä tapahtuu kaksi tai useampia, ainoastaan ensimmäinen huomioidaan. Mikäli molemmat joukkueet tekevät virheen yhtä aikaa, seurauksena on kaksoisvirhe, minkä jälkeen peli jatkuu uudella pallon pelaamisella. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.)

### **3.4 Palloralli ja päätynyt palloralli**

Palloralli on sarja pelitapahtumia, joka alkaa aloittajan ensimmäisestä lyönnistä ja päättyy pallon kuolemaan. Päätynyt palloralli on sarja pelitapahtumia, joka johtaa pisteen ansaitsemiseen. Tähän sisältyy: Rangaistuksen saaminen tai syötön menettäminen, joka johtuu kahdeksan (8) sekunnin aloitusvirheestä. Jos aloituspallon lyönyt joukkue voittaa pallorallin, se saa pisteen ja jatkaa aloittamista. Mikäli syötön vastaanottava joukkue voittaa pallorallin, se saa pisteen ja tekee seuraavan aloituslyönnin. (Viralliset lentopallon säännöt 2021.)

## **4 Lentopallon yleiset fyysiset vaatimukset**

Lentopallo on nopeatempoinen ja suuria tehoja vaativa laji. Miesammattilaisten on raportoitu suorittavan 250–300 korkeatehoista suoritusta viisieräisen ottelun aikana. Näistä suorituksista 50 % on erilaisia hyppysuorituksia, 30 % lyhyitä spurtteja ja 12–16 % syöksyjä pallon perään. Erilaiset hyppysuoritukset koostavat näin ollen suuren osan lajin fyysisistä suorituksista ja naisammattilaisien onkin arvioitu keskimäärin hyppäävän 12 kertaa ottelua kohden. Joidenkin arvioiden mukaan

määrät voivat nousta jopa 35 hyppyyn. Tähän hyppymäärien vaihteluun vaikuttaa erityisesti pelaajien pelipaikat ja pelityyli. (Kraemer & Häkkinen 2002, 108–109.) Huippulentopalloilijoiden kevennyshyppytulokset ylätävätkin parhaimmillaan miehillä 60–65 cm korkeuteen ja naisilla 45–50 cm korkeuteen (Honkanen, Sammelvuori & Häyrynen 2016, 556–559.)

Hyvän ponnistuksen lisäksi erilaiset lyönnit asettavat omat vaatimuksensa ylävartalolle. Jotta palloa voidaan lyödä kovaa ja tarkasti, on erinomaisen perustaidon lisäksi omattava hyvät voimantuottokyvyt keskivartalosta, hartioista ja käsistä. Koska palloa ei saa pitää hallussa, on huippulentopalloilijalla oltava hyvä kyky ennakoida sekä reagoida pelitilanteeseen. (Honkanen ym. 2016, 556–559)

Lentopallo-ottelu sisältää paljon erilaisia suunnanmuutoksia ja onkin arvioitu, että noin 10 sekunnin aikana pelaaja voi joutua tilanteen mukaan suorittamaan jopa 4 suunnanmuutosta. Nopeat suunnanmuutokset vaativat paljon ketteryyttä, joka puolestaan vaatii valtavasti eksentristä voimaa, sekä kykyä siirtyä mahdollisimman nopeasti eksentrisestä konsentriseen lihasaktivaatioon (amortization phase). Mitä pidempi pallorallin kesto on, sitä enemmän suunnanmuutoksia tapahtuu. Arviolta 50 % lentopallo-ottelun palloralleista ovat kestoiltaan n. 5–7 sekunnin pituisia, 20 % 3 sekunnin, 15 % 9–10 sekunnin ja 10 % yli 15 sekunnin pituisia. Pallorallit, jotka kestävät 20–45 sekuntia ovat harvinaisia, mutta niiden on arvioitu vaikuttavan ottelun fyysiseen vaatimustasoon hyvin paljon. Tyypillisessä lentopallo-ottelussa tapahtuu lukumäärällisesti yhteensä 50 pallorallia, jos ottelu kestää kaikki viisi erää on lukumäärän arvioitu olevan 250. (Kraemer & Häkkinen 2002, 109.)

Fysiologisesta näkökulmasta lentopalloa on perinteisesti kuvailtu suuritehoiseksi ja pääsääntöisesti anaerobiseksi urheilulajiksi. Lentopallossa pelaaja joutuu suorittamaan toistuvia intensiivisiä jaksoja, joiden välillä on lyhyitä lepojaksia. (Reeser & Bahr 2003, 11.) Hyvä aerobinen kunto on lentopalloilijoille myös tärkeää, koska se nopeuttaa palautumista korkeatehoisten sprinttien välissä ja auttaa siten vähentämään väsymystä pelin aikana (Gharbi, Darbouri, Haj-Sassi, Chamari & Souissi 2015). Lisäksi se auttaa palautumaan harjoitusten välillä ja niiden aikana (Honkanen ym. 2016, 558).

## 5 Lentopallon iskulyöntiin vaikuttavat tekijät

### 5.1 Lentopallon iskulyönti lajisuorituksena

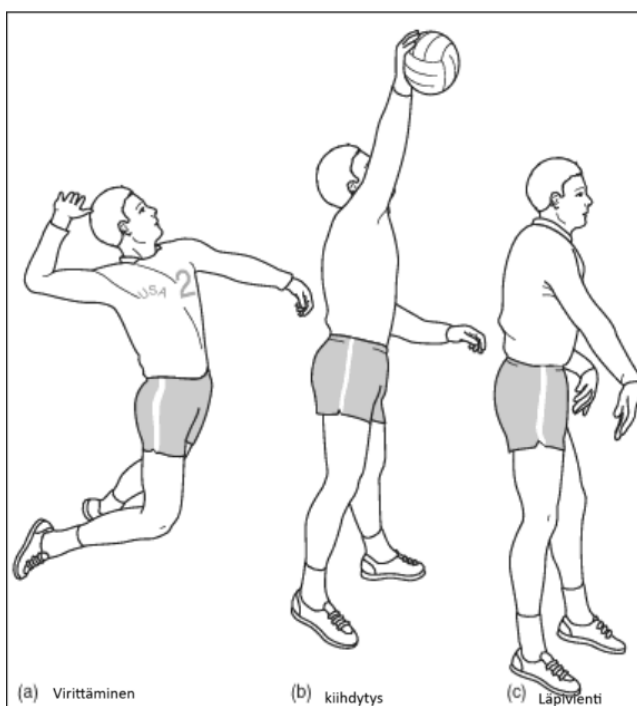
Lentopallon iskulyönti on lajin ensisijainen hyökkäystoiminto, jolla tehdään suurin osa otteluiden pisteistä (Oliveira ym. 2020). Lajisuorituksena iskulyönti on erittäin tekninen ja ainutlaatuinen yliolan liike, joka on erittäin isossa roolissa. Tämän vuoksi iskulyöntiä toistetaan niin harjoittelussa, kuin peleissä suurilla toistomäärillä. Ammattilaispelaajilla frekvenssi voi nousta, jopa 40 000 toistoon vuodessa. (Challoumas, Stavrou & Dimitrakakis 2017.) Iskulyöntisuoritus voidaan jakaa useaan eri vaiheeseen, joista ensimmäinen on lähestyminen. Lähestyminen koostuu muutaman nopean askeleen vauhdista, jonka jälkeen alkaa suorituksen toinen vaihe, joka on ponnistus.

Ponnistusvaiheen tavoitteena on hypätä mahdollisimman korkea vertikaalisuunnassa tapahtuva hyppy, jonka jälkeen kolmannessa vaiheessa pelaaja lyö palloa mahdollisimman kovaa vastustajan puolelle. (Marques, Van Den Tillaar, Vescovi & González-Badillo 2008.) Lentopallon iskulyönti on siitä ainutlaatuinen yliolan liike, että pelaaja joutuu suorittamaan lyönnin ilmassa verrattuna muihin lajeihin, joissa yliolan lyönnit suoritetaan yleisesti jalat maassa suljetun ketjun tuella. (Seminati & Minetti 2013.)

### 5.2 Iskulyönnin biomekaniikka

Tarkasteltaessa tarkemmin olkapään toimintaa iskulyöntisuorituksessa voidaan se jakaa vielä kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat lyövän käden virittäminen (cocking), kiihdyttäminen (acceleration) ja läpivienti (follow-through). Lyöntikäden viritysvaiheen (cocking) alussa lyöjän yläraaja loitontuu ja olkanivel kiertyy ulospäin kyynärnivelen ollessa koukistuneena. Loppuvaiheessa olkanivelen tulisi olla maksimaalisessa ulkokierrossa sekä vähintään 90° loitonnuksessa. Yleisesti paljon iskulyöntisuorituksia tekevät pelaajat yhdistävät näihin yläraajan ja olkanivelen liikkeisiin ylävartalon kierroksen ja lannerangan ojennuksen. (Reeser ym. 2003, 118–119.) Kiihdytysvaihe (acceleration) alkaa kun lanneranka koukistuu ja vartalo kiertyy takaisin keskilinjaan (derotation). Tästä syntyvä liikeenergia ohjautuu lapaluun kautta hartiarenkaaseen, josta se taas jatkaa matkaansa kineettisen ketjun distaaliin osiin, ranteeseen ja edelleen lyövään käteen. ”Viritetty” yläraaja liikkuu eteenpäin sagittaalitasossa ja alkaa kiihtyä olkavarren ojennuksen, lähennyksen ja sisärotaatio liikkeiden yhdistelmän kautta. Lyöntikäden koskettaessa ensimmäisen kerran palloa yläraajan on yleisesti todettu olevan n. 150–180° loitonnuksessa, joka tarkoittaa, että käsi on lähes tai täysin suorassa

vertikaalisesti ja lievästi koukistuneena olkavarresta, jotta kontakti palloon tapahtuu vartalon edessä. Lisäksi kyynärnivel täysin ojennettuna, jotta kontakti palloon tapahtuu korkeimmassa mahdollisessa kohdassa. Tämä asento maksimoi lisäksi yläraajan momenttivarren, mikä johtaa nopeampaan käsivarren heilahdukseen ja näin olleen tehokkaampaan iskulyöntiin. Kun kontakti palloon on tapahtunut alkaa lyönnin läpiviinti (follow-through). Tämän vaiheen ensisijainen tarkoitus on lieventää kiihdytyksen aikana kertynyttä energiaa ja samalla minimoida olkapäähän kohdistuvaa rasitusta. Läpiviennin aikana yläraajassa tapahtuu olkavarren osalta lähennys ja olkanivelen sisäkierto kiertäjäkalvosimen lihasten eksentrisen lihastyön avulla. (Reeser ym. 2003, 118–119)



Kuvio 9. Käden heilautuksen vaiheet lentopallon iskulyönnissä (Mukaiilu Reeser ym. 2003, 118–119.)

### 5.3 Yleisimmät yläraajan vammat

Olkapään laaja liikkuvuus mahdollistaa voimakkaat heitto- ja lyöntiliikkeet, samalla se kuitenkin myös altistaa olkapään epätukevuudelle ja rasituskivuille. Hyvä ryhti, tasapainoinen liikkuvuus ja hyvät lihasvoimat ovat kaikki edellytyksiä olkapään hyvälle toiminnalle. (Lepola & Halen 2021, 394.) Lentopalloa pidetään yleisesti hyvin turvallisena urheilulajina, koska kontaktia vastustajaan ei

tapahdu, tämä vähentää mahdollisten loukkaantumisten riskiä huomattavasti. Toisaalta lajisuuritukset ovat nopeita ja vaativat toistuvia yliolan lyöntejä ja hyppysuorituksia, jotka voivat johtaa akuutteihin- sekä ylirasitusvammoihin ylä- ja alaraajoissa. (Young, Briner & Dines 2023.)

Olkapäävammat ovat lentopalloilijoilla yleisempiä vertailtaessa muita yliolan heittolajeja, kuten baseball, softball tai tennis (Laudner & Sipes 2009). Olkapäävammat ovatkin yksi yleisimmistä vammoista lentopallossa (Foss, Myer & Hewett 2014). Akuuttien ja kroonisten olkapäävammojen kokonaismäärän on arvioitu olevan 0–16 tapausta jokaista 1000 pelattua tuntia kohden, mukaan lukien harjoitukset ja pelitilanteet (Foss ym. 2014; Verhagen, Van der Beek, Bouter, Bahr & Van Mechelen, 2004).

Yleisimpiä olkapään ylirasitusvammoja lentopalloilijoilla ovat kiertäjäkalvosimen tendinopatiat, glenohumeraalinen instabiliteetti, labrumin repeämä, AC-nivelen vammat sekä olkapään hermovammat (Young ym. 2023). Olkapäävammat lentopallossa painottuvat olkaniveltä ympäröivien lihasten jänneiden tulehdustiloihin sekä jänneiden impingement oireisiin. Nämä oireet ovat seurausta toistuvista mikrotraumoista, joita jatkuvat yliolan lyöntisuoritukset aiheuttavat. Muita jänneen ahtaudelle altistavia tekijöitä ovat akromioklavikulaarinivelen tulehdukset, olkanivelen instabiliteetti sekä kiertäjäkalvosimen lihasten heikkous. Erityisesti iskulyöntisuoritusten aikana olkapää on altis näille vammoille, koska palloa lyötäessä olkapää on yleisesti maksimaalisessa loitonnuksessa. (Karageanes 2004, 605.)

Lentopallon iskulyöntisuorituksessa pelaaja joutuu viemään olkaniveltänsä ääriasentoihin. Siirryttäessä virittämisvaiheesta kiihdytysvaiheeseen pelaajan yläraajassa tapahtuu saman aikaisesti olkanivelen maksimaalinen ulkokierto sekä ojennus. Tämä asento nostaa olkaluun päätä etupuolelle nivelkuoppaa vasten, joka voi aiheuttaa kipua tai olkapään epävakauden tunnetta. (Chang CC, Chang CM & Shih 2022.) Olkapään sisäkiertäjälihasten on oltava vahvassa kunnossa erityisesti eksentrisen voimantuoton suhteen. Jos lihakset suorittavat tehtävänsä oikea-aikaisesti, voidaan olkapään etummaisen nivelkapselin säikeitä suojata ylivenymiseltä. (Sandström & Ahonen 2011, 272.) Kuten aiemmin mainittu olkapään optimaalisen toiminnan kannalta yliolan liikkeissä on kiertäjäkalvosimen lihaksilla tärkeä rooli. Näiden lihasten tehtävänä on estää olkanivelen liiallista liikettä. Tyypillisin olkapääkivun aiheuttaja lentopalloilijoilla onkin kiertäjäkalvosimen lihasten ylirasitus. (Chang ym. 2022.)



Tasokas tutkimusnäyttö harjoitusohjelmien vaikuttavuudesta olkapään vammojen ehkäisyyn on puutteellista, mutta laadukasta tutkimusnäyttöä on kuitenkin saatu muiden urheiluvammojen ehkäisyn kannalta. Pasanen, Leppänen ja Kaikkonen (2023) tuovat kuitenkin esille sen, miten muiden kehonosien, kuten nilkan ja polven alueen nivelsiteiden urheiluvammoja pystytään tutkitusti ehkäisemään oikeanlaisen harjoittelun ja erityisesti hermolihasjärjestelmää aktivoivan alkulämmittelyn avulla.

Myös Potach ja Meira (2023) toteavat myös alkulämmittelyn olevan tärkeä osa urheilijan valmistautuessa urheiluasuoritukseen, sekä urheiluvammojen ehkäisyssä. Heidän mukaansa alkulämmittely voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensimmäisenä yleinen lämmittely, joka kestää yleensä n. 5–10 minuuttia. Yleisen lämmittelyn tavoitteena on nostattaa urheilijan sykettä sekä lisätä lihasten verenkiertoa, että hapen saantia. Yleinen lämmittely voi sisältää esimerkiksi erilaisia kevyitä juoksuharjoitteita. Ensimmäisen vaiheen voidaan katsoa olevan valmistava ja kehoa herättelevä vaihe ennen spesifimpiä harjoitteita. Seuraavaksi lämmittelyssä tulisi heidän mukaansa siirtyään vammoja ennaltaehkäiseviin harjoitteisiin, jotka ovat tarkemmin suunniteltu lajin tyyppisempien vammojen ja lajianalyysin pohjalta. Viimeisenä vaiheena on lajispesifinen lämmittely, jossa harjoitteet ja liikkeet pohjautuvat lajissa tapahtuviin suorituksiin, joita tullaan tekemään itse harjoituksessa. (Potach & Meira 2023, 183–187)

## **5.5 Olkapään liikkuvuuden vaikutukset lyönnin voimakkuuteen**

Lentopallossa ja muissa vastaavissa yliolan lajeissa pelaajien olkapään eri rakenteille kohdistuu suurta kuormitusta, joka voi johtaa muutoksiin pelaajien voimatasoissa ja liikkuvuudessa. Saccolin, Almeidan ja Souzan (2016) tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin rantalentopallon pelaajien molemminpuolista olkanivelen passiivista liikkuvuutta ja isometristä voimantuottoa. Tutkimuksen otanta koostui 19 miehestä ja 14 naisesta, joilta mitattiin olkanivelen ulko- ja sisäkierron liikkuvuus, kierron kokonaisliikkuvuus, sisäkierron vajavaisuus, sisä- ja ulkokierron voimantuotto, bilateraaliset vajavaisuudet ja sisä- ja ulkokierron suhdetta toisiinsa. Tutkimuksessa havaittiin, että olkanivelen rotaation liikelaajuuden muutokset nuorilla pelaajilla voivat johtua anatomisista adaptaatioista. Lisäksi huomattiin, että dominantin ja ei-dominantin olkapään kierron voimassa ei ollut eroja, vaikka nais- ja miesurheilijoiden voimatasojen suhteet olivat epätasapainossa. Voidaan siis päätellä, että nuorien pelaajien kehot ovat mukautuneet urheiluharjoitteluun. (Saccol ym. 2016.)

Forthomme Croisier, Ciccarone, Crielaard & Cloes (2005) havaitsivat tutkimuksessaan, että olkanivelen passiivisella liikelaajuudella ei ollut vaikutusta pallon lyöntinopeuteen. Tutkimukseen osallistui 19 belgialaista mieslentopalloilijaa, jotka pelasivat korkeimmalla kansallisella sarjatasolla. Huomattavaa on kuitenkin lentopallon iskulyönnissä pelaajat lyövät palloa ilmassa, jolloin keskivartalon kierto ja hyperekstensio kompensoivat vaadittavaa olkapään ulkokiertoa, verrattuna muihin yliolan lajeihin (Forthomme ym. 2005). Telles, Cunha, Yoshimura, Pochini, Ejnisman & Soliaman (2021) havaitsivat myös tutkimuksessaan, että olkapään passiivisilla kiertoliikkuvuuksilla ei näyttäisi olevan vaikutusta iskulyönnin lähtönopeuteen. Tutkimukseen osallistui 57 nuorta mies lentopalloilijaa.

Tietoa olkapään liikkuvuuden vaikutuksista iskulyönnin voimakkuuteen on niukasti saatavilla. Liikkuvuuden rajoituksista on kuitenkin löydetty yhteyksiä olkapään urheiluvammojen osalta. Cools, Johansson, Borms & Maenhout (2015) toteavatkin tutkimuksessaan, että rajoittunut olkapään sisäkiertoliikkuvuus on tunnettu riskitekijä kroonisille olkapääkivuille urheilijoilla. Täten erityisesti yliolanlajien urheilijoille on suositeltavaa, että puolierot olkapään sisäkiertoliikkeen liikelaajuuksissa olisivat vähemmän kuin  $18^\circ$  ja olkapään kokonais kiertoliikkuvuudessa enintään  $5^\circ$  ero. (Cools ym 2015.)

## 5.6 Olkapään voimantuoton vaikutukset lyönnin voimakkuuteen

Tehokas iskulyönti on monien ominaisuuksien yhdistelmä. Tutkimusnäyttöä ylävartalon voimantuottokyvyn vaikutuksesta lyönnin nopeuteen löytyy kuitenkin melko niukasti. Challoumas ja Artemiou (2018) tutkivat havaitsivat positiivisen korrelaation esimerkiksi kehon rasvattoman massan sekä voimaharjoittelun frekvenssin yhteydestä iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen. Tällä ei kuitenkaan ollut suoraa vaikutusta hyökkäyksen tehokkuuteen. Tutkimukseen osallistui 22 mieslentopalloilijaa, jotka pelasivat korkeinta kansallista sarjatasoa Kyproksella. (Challoumas & Artemiou 2018.) Forthomme ym. (2005) havaitsivat erityisesti olkanivelen sisäkierron sekä kyynärnivelen ojennuksen ja koukistuksen konsentrisen voimantuoton korreloivan pallon lähtönopeuden kanssa. Tutkimukseen osallistuivat 19 Belgialaista mies lentopalloilijaa, jotka pelasivat korkeimmalla kansallisella sarjatasolla. Myös Arslan ja Albayn (2019) havaitsivat olkanivelen sisäkierron voimantuotolla olevan yhteys syötön lyöntinopeuteen. Tutkimukseen osallistuivat 20 koehenkilöä. Ferris, Signorile & Caruso (1995) tutkivat muun muassa olkapään sisäkierron isokineettisen voimantuoton

vaikutusta iskulyöntiin kolmella eri nopeudella. Nopeudet olivat 90, 180 ja 270 astetta sekunnissa. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että mitä nopeammin isokineettinen mittaus suoritettiin, sitä voimakkaammin mittaustulokset korreloivat iskulyönnissä pallon nopeuteen. Tutkimukseen osallistui 13 korkeimman aason NCAA:n naislentopalloilijaa. (Ferris ym. 1995.)

Lähes kaikki aiheesta löytyvät tutkimukset on suoritettu isokineettisin mittauksin, joka on loogista, koska se vastaa enemmän iskulyöntiä. Tutkimusnäyttö olkanivelen voimantuoton, erityisesti sisä- ja ulkokierron, vaikutuksesta lyönnin voimakkuuteen on ristiriitaista ja mikäli voimantuoton sekä lyönnin voimakkuuden välillä on havaittu yhteys, on sen merkitys lopulta melko vähäinen. Edellä mainittujen tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että iskulyöntiä ajatellen monet muut seikat ovat yksittäisen nivelen voimantuottokykyä arvokkaampaa. Olkapään riittävällä voimantuottokyvillä onkin todennäköisesti merkittävämpi rooli vammojen ehkäisyssä kuin iskulyönnin voimakkuudessa.

## **6 Opinnäytetyön toteutus**

### **6.1 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää olkanivelen voimantuoton ja liikkuvuuden vaikutusta lentopallon iskulyönnin voimakkuuteen. Tutkimukseen osallistui 18 nuorten, 16–18-vuotiaita, maajoukkue-tason pelaajaa, joilta testasimme olkanivelen passiivista liikkuvuutta sekä isometristä voimantuottoa. Tutkimusmenetelmät tulivat toimeksiantajan toimesta. Lyöntien nopeudet mitattiin toisen organisaation toimesta, jotka jakoivat tulokset meidän käyttöömme. Mittaukset suoritettiin Kuortaneen urheiluopistolla yhteistyössä KIHU:n ja Jyväskylän yliopiston kanssa. Keräämämme tiedon pohjalta, tutkimuskysymyksiksi valikoitui:

1. Onko olkanivelen sisäkierron voimantuotolla vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen
2. Onko olkanivelen sisä- ja ulkokierron liikkuvuudella vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen?

## 6.2 Tutkimusmenetelmä, aineiston keruu ja valinta

Testit ja testausprotokollat olivat etukäteen laadittu toimeksiantajan (KIHU) puolesta, meidän tehtäväksemme jäi näiden toteuttaminen ja harjoittelu. Testeissä oli avustamassa Kuortaneen urheilupuiston oma urheilufysioterapeutti, joka oli myös saanut etukäteen ohjeistuksen mittausten suorittamiseen. Vaikka olimme avustamassa myös muissa mittauksissa, opinnäytetyön laajuuden takia keskityimme tässä työssä vain olkanivelen rooliin iskulyönnissä.

Varsinaisten testien tekeminen pelaajille alkoi kyynärnivelen supinaation ja pronaatin, sekä olkanivelen sisä- ja ulkokierron mittauksilla. Molemmissa mittauksissa oli kaksi mittaajaa läsnä tarkempien tulosten varmistamiseksi sekä muiden alueiden, esim. lapaluun, kompensoimisen eliminointiseksi. Supinaation ja pronaatin liikkuvuusmittauksissa testattavat seisovat mitattava käsi kohtisuoraan seinää kohti, johon on asetettu teippi pystysuunnassa, jolla varmistetaan, että testi alkaa 0° kulmasta. Kyynärpäähän tulee olla testin aikana kyljessä kiinni ja keppi puristettuna nyrkkiin. Testissä testattava kiertää kyynärvarttaan pronatioon tai supinaatioon niin pitkälle kuin mahdollista. Testaajien tulee pitää huolta, että ylimääräistä liikettä ei tule muualta vartalosta ja kyynärpää pysyy paikallaan testin ajan. Kepin ja teipin välinen asteluku mitattiin digitaalisella goniometrillä. Mittauksia tehtiin kumpaankin liikesuuntaan kaksi, 10 sekunnin välein ja pidettiin 30 sekunnin tauko ennen kuin siirryttiin toisen raajan liikesuuntien mittaamiseen. Testi suoritettiin niin monta kertaa uudelleen, että mittausten välinen ero oli alle 5 %, jota pidettiin sallittuna virhemarginaalina.



Kuvio 10. Kynärvarren pronaatio- ja supinaatioliikkeiden liikkuvuusmittaus

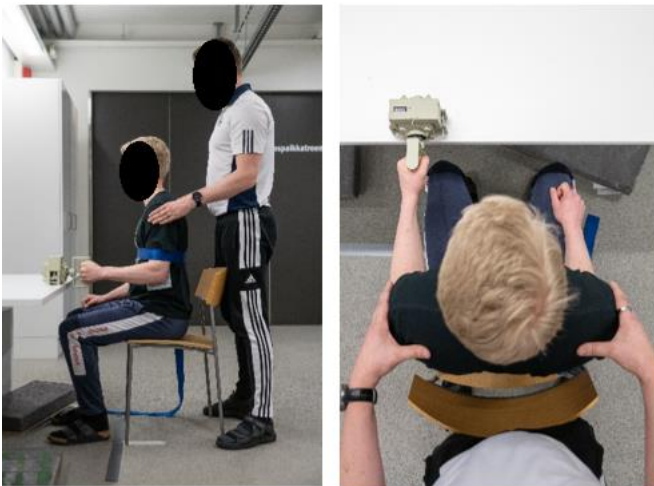
Seuraavaksi pelaajilta mitattiin ulko- ja sisäkierron liikkuvuudet. Ulkokierron mittauksessa pelaajat makasivat hoitopöydällä selinmakuulla ja heidän olkavartensa alle asetettiin tarvittava koroke, joilla varmistetaan, että kyynärpää on samalla korkeudella olkapään kanssa. Toinen testaajista tukee yläraajaa olkavarren distaalisesta osasta ja/tai proksimaalisesta osasta sekä kyynärvarren distaalisesta osasta. Toinen testaajista mittaa digitaalisella goniometrillä nivelkulman suuntaamalla sen luisiin maamerkkeihin, jotka ovat kyynärlisäke ja kyynärluun puikkolisäke. Jokaisen mittauksen välissä mittari kalibroitiin 0 asteeseen suoraa seinää ja lautaa vasten.



Kuvio 11. Olkanivelen ulko- ja sisäkiertoliikkeiden liikkuvuusmittaus

Ennen voimamittauksia suoritettiin lämmittely, jotta saadaan maksimaalinen voimantuotto ja liike tulee tutuksi. Lämmittelyn tuloksia ei kirjata ylös. Ensimmäisessä lämmittelyssä testattava tuotti voimaa n. 60 % maksimista noin kolmen sekunnin ajan, jonka jälkeen pidetään 15 sekunnin tauko ja tehdään 80 % teholla kolmen sekunnin suoritus. Varsinaisessa testissä testattava teki mahdollisimman voimakkaan kierron testattavaa liikesuuntaa kohti kolmen sekunnin ajan. Maksimaalisten suoritusten välissä pidettiin minuutin tauko palautumisen tukemiseksi. Suorituksen ajan takana oleva testaaja kannusti koko suorituksen ajan, jotta saavutettiin maksimaalinen tulos. Suorituksen aikana vartalon tuli pysyä suorassa, kyynärpää ei saanut nousta ja jalkapohjien tuli pysyä tukevasti maassa. Testi suoritettiin niin monta kertaa uudelleen, että mittausten välinen ero oli alle 5 %.

Ensimmäisenä mitattiin kyynärnivelen pronaation ja supinaation voimat. Liikesuunnat tehtiin yksi kerrallaan. Testit suoritettiin istuen niin, että testattavalla on jalat 90 asteen kulmassa, jalat tukevasti lattiassa niin, että tuolin reuna on puolella välissä takareittä. Pöytä säädettiin korkeudelle, jossa testattavan kyynärnivelessä oli 90 asteen kulma. Kyynärnivelen tuli myös olla kohtisuoraan käännettävää kahvaa kohti. Kyynärpään ja kyljen väliin asetettiin tuki, jota vasten kyynärpäätä tuettiin testin aikana, ettei olkapää noussut tai kyynärpää irronnut testin aikana, joka vääristäisi tulosta. Lopuksi asetettiin kuormaliina testattavan ympärille, joka kiristettiin kyynärtaipeen yläpuolelle, tällä myös pyrittiin vähentämään olkapäästä tulevaa kompensatiota. Testiä valvoi kaksi mittajaa, joista toinen oli testattavan edessä tarkkailemassa, ilmeneekö kompensatiota muualta kehosta. Toinen testaaja sijoittui testattavan taakse pitäen käsiä testattavan kyynärpäiden kohdalla, jotta mahdollinen kyynärpään nouseminen havaittiin.



Kuvio 12. Kyynärvarren pronaation ja supinaation isometrinen maksimivoima

Viimeisenä pelaajilta testattiin ulko- ja sisäkierron maksimaalinen isometrinen voima Easy Force-dynamometrin avulla. Aloitusasennossa testattavat olivat vatsamakuulla hoitopöydällä, johon heidät kiristettiin kahdella kuormaliinalla, jotka olivat lapaluiden alareunan ja alaselän tasalla. Testattavan yläraajan asento katsottiin silmämääräisesti edeltävään asentoon. Olkanivel 90 asteen loitonnuksessa ja 10 asteen horisontaalisessa lähennyksessä. Kyynärvarren tuli olla vertikaalisesti ja sisäkierrossa sekä 90 asteen kulmassa. Olkavarren alle asetettiin korokkeet proksimaali- ja distaaliosan alle. Ei-testattavan käsi asetettiin lanneselän päälle. Dynamometri ankkuroitiin kuormalii-

noilla liikkumattomaan objektiin ja rannemansetin alareuna asetettiin pelaajille kyynärluun puikkolisäkkeen distaalisen reunan tasalle. Dynamometri kiinnitettiin rannemansettiin ja kuormaliinaan karbiinihakasilla. Kuormaliinan tuli olla silmämääräisesti samassa suunnassa voimantuotto-suunnan kanssa. Ulko- ja sisäkierron maksimaalisen isometrisen voiman testauksessa pätevät samanlaiset palautus aikavälit kuin pronaation ja supinaation voiman mittauksissa.



Kuvio 13. Olkanivelen sisäkierron maksimaalisen isometrisen voiman mittaus



Kuvio 14. Olkanivelen ulkokierron maksimaalisen isometrisen voiman mittaus

## 7 Tulokset

### 7.1 Onko olkanivelen sisäkierron voimantuotolla vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen?

Olkapään sisäkierron voimantuotolla ei näyttäisi olevan selkeää vaikutusta pallon lähtönopeuteen iskulyönnissä. Sekä tytöillä että pojilla parhailla lyöjillä voimatasoissa havaittiin merkittävää vaihtelua. Pojista kovimman lyöntinopeuden (101 km/h, keskiarvon ollessa 93 km/h) saavuttaneella havaittiin myös paras sisäkierron voimantuotto (78,7 Nm, keskiarvon ollessa 61 Nm), mutta toiseksi parhaimmalla lyöjällä (100 km/h) taas oli yksi heikoimmista sisäkierron voimantuotoista (51,3 Nm). Kolmanneksi parhaalla lyöjällä (98 km/h) sisäkierron voimantuotto oli yksi heikoimmista (44,4 Nm) ja selkeästi keskiarvon alapuolella. Myös muiden 6 pojan tuloksissa (sisäkierto 44,2-78,7 Nm) oli huomattavaa vaihtelua eikä selkeää vaikutusta lönnin lähtönopeuteen havaittu (82-101 km/h).

Tytöillä parhaimmat lyöjät löivät molemmat 77 km/h (keskiarvo 70,4 km/h) ja heidän olkanivelen sisäkierron voimantuotto oli 28,6 Nm ja 29,7 Nm, joka oli hieman keskiarvon (28,4 Nm) yläpuolella,

mutta ei kuitenkaan parhaimpia. Parhaimmat voimatulokset olivat 32,4 Nm ja 32,3 Nm, mutta heidän lyöntinopeutensa olivat 66 km/h ja 64 km/h, nämä olivat joukkueen heikoimmat.

## **7.2 Onko olkanivelen sisä- ja ulkokierron liikkuvuudella vaikutusta iskulyönnissä pallon lähtönopeuteen?**

Olkanivelen ulkokierron liikelaajuuksilla saattaa olla lievä vaikutus lyönnin lähtönopeuteen, mutta tässä havaittiin kuitenkin vaihtelua. Poikien parhaalla lyöjällä olkanivelen passiivinen ulkokierto oli 77°, joka on ryhmän keskiarvon mukainen (78°). Toiseksi parhaimmalla lyöjällä oli merkittävästi keskiarvoa parempi ulkokierto (88°), tästä seuraavilla kahdella pelaajalla ulkokierron lähenteli keskiarvoa (78° & 80°). Sama voidaan havaita myös heikoimpia lyöntejä verratessa, joilla kaikilla oli keskiarvoa heikempi passiivinen olkanivelen ulkokierto (76°, 71° ja 71°)

Tyttöjen osalta lyöntien voimakkuuden ja olkanivelen ulkokierron liikelaajuudessa oli suurempaa vaihtelua verrattuna poikiin. Tyttöjen kahdella parhaalla oli sama lyöntinopeus (77 km/h), mutta ulkokierrossa oli kuitenkin merkittävä ero. Toisella ulkokierron liikelaajuus oli (80°), joka on lähellä keskiarvoa (78°), kun taas toisella oli merkittävästi keskiarvoa matalampi liikkuvuus (72°). Kolmanneksi parhaalla lyöjällä havaittiin taas hieman keskiarvoa parempi liikkuvuus (81°). Kolmea huonointa lyöjää verratessa kahdella on keskiarvoa selkeästi (68°) tai jonkin verran heikempi (76°) ulkokierto, mutta yhdellä taas selkeästi keskiarvoa parempi (83°).

Olkanivelen sisäkierron liikelaajuudella taas ei vaikuta olevan selkeää vaikutusta lyönnin lähtönopeuteen, tässä havaitaan merkittäviä eroja yksilöiden välillä. Poikien parhaalla lyöjällä sisäkierron liikkuvuus oli 36°, joka vastaa keskiarvoa (36°). Toiseksi parhaalla lyöjällä sisäkierto oli 35°. Kolmanneksi ja neljänneksi parhailla oli taas merkittävä ero sisäkierron liikelaajuuden välillä (25° ja 34°). Myös kolmella heikoimmalla lyöjällä tulokset vaihtelivat merkittävästi, olkanivelen sisäkierron ollessa (29°, 51° ja 46°).

Myös tyttöjen osalta sisäkierrossa havaittiin merkittävää vaihtelua eikä selkeää vaikutusta löytynyt. Kahden parhaan lyöjän sisäkierrot olivat 47° ja 49°, jotka ovat selkeästi keskiarvon (44°) ylä-

puolella. Toisaalta kolmanneksi parhaan lyöjän sisäkierron liikkuvuus oli  $27^\circ$ , joka on selkeästi keskiarvon alapuolella. Kolmella heikoimmalla havaittiin myös selkeästi keskiarvoa suuremmat tai keskiarvon mukaiset liikkuvuudet ( $55^\circ$ ,  $43^\circ$  ja  $61^\circ$ )

## 8 Pohdinta

### 8.1 Tulosten pohdinta

Omia tuloksia tulkitessa emme havainneet vaikutusta sisäkierron voimantuoton ja iskulyönnin voimakkuuden kanssa, vaikka aiemman tutkimusnäytön perusteella näin olisi voinut olettaa. Toisaalta vain yksi tutkimus (Arslan & Albay 2019) mittasi olkanivelen kiertoja isometrisesti ja muut (Chaloumas & Artemiou 2018, Forthomme ym. 2005) tutkimukset mittasivat olkanivelen voimantuotoa isokineettisesti, jonka vuoksi ne eivät ole suoraan verrannollisia käyttämiimme mittaussmenetelmiin. Myös isokineettisessä mittauksessa nopeampi mittaustapa korreloi paremmin lyöntinopeuden kanssa (Ferris ym. 1995). Tutkimusnäyttö voimanosalta on kuitenkin melko vähäistä.

Omia tuloksia tarkastellessa olkanivelen liikkuvuuden vaikutuksesta lyöntinopeuteen huomasimme eroavaisuuksia verrattuna aikaisempaan näyttöön. Aiemman tutkimusnäytön perusteella olkapään liikkuvuudella ja lyöntinopeudella ei ole löydetty selkeää yhteyttä. Esimerkiksi Forthomme ym. (2005) & Telles ym. (2021) eivät löytäneet tutkimuksissaan yhteyttä olkanivelen passiivisella liike-laajuudella ja iskulyönnin lähtönopeudella. Omia tuloksia tarkastellessamme havaitsimme kuitenkin, että olkanivelen sisäkiertoliikkuvuudella ei näyttäisi olevan vaikutusta lyönnin lähtönopeuteen, mutta olkanivelen ulkokiertoliikkuvuuden osalta taas havaitsimme suurimmalla osalla parhaista lyöjistä olevan keskiarvoa hieman parempi tai vähintään sen mukainen ulkokiertoliikkuvuus. Suurimmalla osalla heikoimmista lyöjistä puolestaan ulkokiertoliikkuvuus oli keskiarvoa huonompi. Tämän perusteella voimme omien tutkimustulostemme puolesta olettaa, että paremmalla olkanivelen ulkokiertoliikkuvuudella voisi olla vaikutus parempaan iskulyöntinopeuteen.

Tutkimuksen toteutustapa oli suunniteltu etukäteen toimeksiantajan puolesta, joten meidän tehtäväksemme jäi tutkimuksen osittainen toteuttaminen ja avustaminen. Tässä onnistuimme hyvin.

Mittausmenetelmät olivat mielestämme varsin luotettavia ja osittain verrattavia aikaisempaan tutkimusnäyttöön. Myös ohjeet oli etukäteen tarkasti määritelty ja menetelmiä harjoiteltu, joka lisäsi tutkimuksen luotettavuutta. Varsinkin sisä- ja ulkokierron voiman mittaukset olivat hyvin vakioituja siten, että niissä ei juurikaan päässyt kompensoimaan muilla kehon osilla. Liikkuvuusmittauksissa pyrimme myös varmistamaan tarkasti sen, että liike tulisi puhtaasti olkanivelestä ja myös tässä onnistuuttiin hyvin. Lyöntinopeuksien tulokset tulivat toiselta tutkimukseen osallistuneelta organisaatiolta ja lyöntinopeudet mitattiin laukaisututkalla, jota voidaan pitää varsin luotettavana (Hernández-Belmonte & Sánchez-Pay 2021). Lyöntinopeuksia mitattaessa lyönnin laatua pyrittiin vakioimaan siten, että huonoihin syöttöihin ei lyöty tai niistä saatuja tuloksia ei laskettu. Myös lyönnit, jotka eivät menneet kohti tutkaa hylättiin. Dataamme siis laskettiin 10 onnistuneesta lyönnistä vain paras lyönti. Tutkimusmenetelmät valikoituvat myös sen takia, että toimeksiantaja oli käyttänyt samoja menetelmiä aikaisemmissa tutkimuksissa, jossa validiteetti ja reliabiliteetti oli todettu hyväksi.

Tutkimuksessa oli kuitenkin myös tekijöitä, jotka heikentävät näytön laatua. Ensimmäisenä havainnointona voidaan todeta tutkimuksen otannan olevan melko pieni ja heterogeeninen. Tutkimukseen osallistui yhteensä vain 10 tyttöä ja 10 poikaa, joista 9 tyttöä ja 9 poikaa osallistui lyönteihin. Kaksi siis osallistui vain voima- ja liikkuvuusmittauksiin, mutta eivät lyöneet loukkaantumisten seurauksena. Ryhmän heterogeenisuuteen vaikutti merkittävästi pelaajien ikä, joka vaihteli 16 ja 18 välillä. Näin nuorilla pelaajilla fyysisessä kehityksessä on vielä merkittävää vaihtelua, joten yksittäisten pelaajien lyöntipotentiaali voi muuttua ja tämä heikentää tutkimuksen yleistettävyyttä vanhempiin koehenkilöihin verrattuna. Tutkimusryhmän kehon mittasuhteissa oli merkittävää vaihtelua ja pelaajien pituudet vaihtelivat tytöillä 169 cm ja 191 cm välillä ja pojilla 180 cm ja 212 cm välillä. Tutkimukseen osallistui myös eri pelipaikoilla pelaavia henkilöitä, joista toiset olivat kokeneempia lyöntijä. Pelaajien saamiin tuloksiin on myös voinut vaikuttaa vuorokaudenaika, jolloin mittaus on suoritettu. Osalla pelaajista mittaukset toteutettiin aamulla ja osalla illalla. Osa pelaajista saattoi oppia mitattavien liikkeiden suoritustekniikan toisia nopeammin, joka on voinut vaikuttaa tuloksiin. Toisaalta testejä valvottiin jatkuvasti ja mittaustavat olivat vakiot jokaisella pelaajalla, jolla pyrittiin estämään kompensatioita muilta kehonosilta. Mitattavat liikkeet olivat teknisesti melko yksinkertaisia, jolla pyrittiin vähentämään motorisen oppimisen vaikutusta tuloksiin.

Tutkimuksesta saadut tulokset olivat osittain ristiriidassa aiemman tutkimustiedon kanssa, mikä saattaa selittyä aiemmassa kappaleessa mainituilla tekijöillä. Tämä vaikeuttaa suorien johtopäätösten tekemistä, jonka vuoksi lisää tutkimusnäyttöä tarvitaan muun muassa isommalla ja homogeenisemmällä otannalla. Havaitsemamme yhteydet esimerkiksi olkanivelen ulkokierron liikkuvuuden ja sisäkierron voimantuoton yhteydestä lyöntinopeuteen olivat kuitenkin vähäiset ja selkeitä yhteyksiä ei ollut havaittavissa.

## 8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Työ on toteutettu noudattaen hyviä tieteellisiä käytänteitä, joka tarkoittaa muun muassa rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä. (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) 2023.) Kaikki työn vaiheet sekä menetelmät on toteutettu mahdollisimman tarkasti, jotta työ olisi mahdollisimman toistettava. Lisäksi kaikki aineisto on toimitettu meidän käyttöömmme toimeksiantajalta, joka on kerännyt suostumuksen kaikilta työhön osallistuneilta koehenkilöiltä. Myös tutkimusluvut on toteuttanut toimeksiantaja. Aineistossa ei ole käytetty koehenkilöiden oikeita nimiä ja kaikki tiedot on kerätty anonyymisti. Mittausmenetelmät ja toimintatavat tehtiin toimeksiantajan ohjeistuksen mukaan ja työelämän ohjaajan valvomana, joka lisää opinnäytetyön luotettavuutta.

Raportoinnissa on noudatettu Jyväskylän ammattikorkeakoulun raportointiohjetta ja se on kirjoitettu eettisten periaatteiden mukaisesti. Opinnäytetyössä lähteisiin on viitattu hyvien käytäntöjen mukaisesti ja alkuperäistä kirjoittajaa on kunnioitettu asianmukaisin lähdeviittein. Kaikkiin alkuperäisiin lähteisiin on myös viitattu siten, että ne on lukijan löydettävissä. Lisäksi työn tekijöiden oman tekstin ja lähdekirjallisuus on pyritty tekemään helposti eroteltaviksi.

Opinnäytetyön tekemiseen osallistui kolme tekijää, mikä helpotti työssä käytettyjen lähteiden kriittistä arviointia ja parantaa työn laatua. Tämä mahdollistaa myös tutkimuksesta saatujen tulosten laajempaa ymmärtämistä ja tarkastelua. Lisäksi opinnäytetyön mittauksissa suoritustekniikkaa pystyttiin vakioimaan paremmin useamman valvojan läsnä ollessa.

### 8.3 Jatkotutkimusaiheet

Iskulyönnin nopeuteen vaikuttavista tekijöistä löytyy melko vähän tutkimusta, eikä selkeitä oletuksia pystytty tekemään aiemman tutkimustiedon perusteella. Myös omassa työssämme olleet löydökset ovat osittain ristiriitaisia aiemman tutkimusnäytön kanssa, joka vaikeuttaa selkeiden johtopäätöksien tekemistä. Tutkimusmenetelmissä on myös ollut jonkin verran eroa, muun muassa voimantuottoa on mitattu enemmän isokineettisesti kuin isometrisesti.

Jatkossa tutkimusnäyttöä tarvitaan muun muassa isommalla ja homogeenisemmalla otannalla. Lisäksi lentopallon iskulyöntiin vaikuttaa olkanivelen liikkuvuuden ja voimantuoton lisäksi monet muut tekijät, kuten kyky välittää voimaa keskivartalosta yläraajan sekä yleiset pelitaidolliset ominaisuudet. Näitä ovat muun muassa kyky ennakoida ja reagoida pelitilanteeseen. Jatkotutkimuksissa tulisi ottaa laajemmin huomioon myös muut edellä mainitut tekijät ja esimerkiksi voimamittauksissa olisi tärkeää mitata kaikkia iskulyöntiin vaadittavia voimaominaisuuksia, jotta vaikuttavat tekijät olisi helpompi havaita. Pelkästään olkanivelen ominaisuuksia mittaamalla on vaikea saada hyvää kokonaiskuvaa lyönnin nopeudesta ja tehokkuudesta.

## Lähteet

Arokoski, J. Lepola, V. Rantala, T. Viikari-Juntura, E. 2015. Fysiatría. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 14.1.2024. <https://www.oppiportti.fi/op/fys00009/do>

Arslan, Y. & Albay, F. 2019. The relation between isokinetic strength, shoulder mobility and ball velocity at elite male volleyball players. *Universal Journal of Educational Research* 7 (3), 848-852. doi: 10.13189/ujer.2019.070326

Challoumas, D. & Artemiou, A. 2018. Predictors of Attack Performance in High-Level Male Volleyball Players. *International journal of sports physiology and performance*, 13(9), 1230–1236. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0125>

Challoumas, D., Stavrou, A., & Dimitrakakis, G. 2017. The volleyball athlete's shoulder: biomechanical adaptations and injury associations. *Sports biomechanics*, 16(2), 220–237. Viitattu 1.5.2024.

Chang, C. C., Chang, C. M., & Shih, Y. F. 2022. Kinetic Chain Exercise Intervention Improved Spiking Consistency and Kinematics in Volleyball Players With Scapular Dyskinesia. *Journal of strength and conditioning research*, 36(10), 2844–2852. Viitattu 13.4.2024.

Chang, LR., Anand, P., Varacallo, M. 2023. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Glenohumeral joint. National Library of Medicine. Viitattu 16.1.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537018/>

Cools, A. M., Johansson, F. R., Borms, D., & Maenhout, A. 2015. Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. *Brazilian journal of physical therapy*, 19(5), 331–339. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0109>. Viitattu 13.4.2024

Cowan, P. T., Mudreac, A., & Varacallo, M. 2023. Anatomy, Back, Scapula. In StatPearls. StatPearls Publishing. Viitattu 25.2.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531475/>

Epperson, T., Black, A., Varacallo, M. 2023. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Sternoclavicular joint. National Library of Medicine. Viitattu 17.1.2024.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537258/>

Ferris, D. P., Signorile, J. F., & Caruso, J. F. 1995. The Relationship Between Physical and Physiological Variables and Volleyball Spiking Velocity. *Journal of strength and conditioning research*, 9(1), 32. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1995\)009<0032:TRBPAP>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1995)009<0032:TRBPAP>2.3.CO;2)

Forthomme, B., Croisier, J-L., Ciccarone, G., Crielaad, J-M. & Cloes, M. 2005. Factors correlated with volleyball spike velocity. *The American Journal of Sports Medicine* 33 (10), 1513-1519. doi: 10.1177/0363546505274935

Foss, K. D. B., Myer, G. D., & Hewett, T. E. 2014. Epidemiology of basketball, soccer, and volleyball injuries in middle-school female athletes. *The Physician and Sportsmedicine*, 42(2), 146–153.

<https://doi.org/10.3810/psm.2014.05.2066>

Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Chamari, K., & Souissi, N. 2015. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of sport*, 32(3), 207–212. Viitattu 23.3.2024. <https://doi-org.ezproxy.jamk.fi:2443/10.5604/20831862.1150302>.

Hasegawa, H., Dziados, J., Newton, R.U., Fry, A.C., Kraemer, W.J. & Häkkinen K. 2002. Periodized training programmes for athletes. Teoksessa Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. (toim.) *Handbook of sports medicine and science, Strength training for sport*. Blackwell Science Ltd, 108-115.

Hernández-Belmonte, A. & Sánchez-Pay, A. 2021. Concurrent validity, inter-unit reliability and biological variability of a low-cost pocket radar for ball velocity measurement in soccer and tennis. *Journal of sports sciences*, 39(12), 1312–1319. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1868090>

Honkanen, P., Sammelvuori, T., Häyrynen, M. 2016. *Huippu-urheiluvalmennus*. VK-kustannus.

Hyvä tieteellinen käytäntö (HKT). 2023. Tutkimuseettinen neuvottelukunta –verkkosivusto. Viitattu 14.10.2024. <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>

Hänninen, H. Koivuranta, K. 2015. Olkapään toiminta ja vammojen ehkäisy. Lihastohtori-blogi. Viitattu 20.1.2024. <https://lihastohtori.wordpress.com/2016/05/14/olkapaat-ehkaise-vammat-hanninen-ja-koivuranta/>

Karageanes, J. S. 2004. Principles of Manual Sports Medicine. ProQuest Ebook Central. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=2032555>

Kauranen, K. 2021. Fysioterapeutin käsikirja. Sanoma Pro Oy. Helsinki.

Knowles, S. B., Marshall, S. W., Bowling, J. M., Loomis, D., Millikan, R., Yang, J., Weaver, N. L., Kalsbeek, W., & Mueller, F. O. 2006. A prospective study of injury incidence among North Carolina high school athletes. *American Journal of Epidemiology*.

Käypä hoito-suositus. 2022. Olkapään jännevaivat. [Verkojulkaisu]. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Fysiatriryhdistyksen ja Suomen Ortopediayhdistyksen asettama työryhmä. Viitattu 18.3.2024. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50099#s1>

Laudner, K., & Sipes, R. (2009). The incidence of shoulder injury among collegiate overhead athletes. *Journal of Intercollegiate Sport*, 2(2), 260–268. <https://doi.org/10.1123/jis.2.2.260>

Leppänen, M. Pasanen, K. Rossi, M. 2023. Yleistä olkapäävammoista. Terveurheilija.fi-verkkosivut. Viitattu 18.3.2024. <https://terveurheilija.fi/urheiluvammojen-ennaltaehkaisy/olkapaavammat/>

Lippert, L. 2011. *Clinical Kinesiology and anatomy* 5th edition.

Ludewig, P. & Reynolds, J. 2009. The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2009.2808>. Viitattu 25.2.2024.

Magee, B., L. Manske, R., C. 2021. Orthopedic physical assesment. 7. painos. St. Louis: Elsevier.

Maruvada S, Madrazo-Ibarra A, Varacallo M. 2023. Anatomy, Rotator Cuff. National Library of Medicine. Viitattu 20.1.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441844/>

Marques, MC., Van Den Tillaar, R., Vescovi, JD., González-Badillo, JJ. 2008. Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: a case study. J Strength Cond Res 22(4), 1147-55. Viitattu 13.4.2024.

McQuade, K., Borstad, J., de Oliviera A. 2016. Critical and theoretical perspectice on scapular stabilization: what does it really mean, and are we on the right track? Physical Therapy. 96, 8, 1162–1169. Viitattu 17.2.2024. <https://academic.oup.com/ptj/article/96/8/1162/2864874>

Miniato, MA., Anandn, P., Varacallo, M. 2023. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Shoulder. National Library of Medicine. Viitattu 16.1.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536933/>

Oliveira, L., Moura, T., Roacki, A., Tilp, M., Okazaki, V. 2020. A systematic review of volleyball spike kinematics: Implications for practice and research. International Journal of Sports Science & Coaching. 15(2):1747954119899881. DOI: [10.1177/1747954119899881](https://doi.org/10.1177/1747954119899881). Viitattu 12.1.2024

Oliver, G. Downs, J. Barbosa, G. Camargo, P. 2020. Descriptive profile of shoulder range of motion and strength in youth athletes participating in overhead sports. National Library of Medicine. Viitattu 19.5.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7727435/>

Pajarinen, J. 2009. Olkanivelen sijoiltaamenon hoito. Duodecim. <https://www.duodecimlehti.fi/duo98431>. Viitattu 16.1.2024.

Pasanen, K. Haapasalo, H. Halen, P. Parkkari, J. 2021. Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus. 1. p. Lahti: VK-kustannus.

Pasanen, K. Leppänen, M. Kaikkonen, P. 2023. Lämmittely ja jäähdyttely. Terveurheilija.fi-verkkosivut. Viitattu 13.4.2024. <https://terveurheilija.fi/harjoittelu/lammittely-ja-jaahdyttely/>

Pohjolainen, T. 2021. Kipeä olkapää-kiertäjäkalvosinoireyhtymä. Duodecim terveyskirjasto. Viitattu 20.1.2024. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01041>

Potach, D. Meira, E. 2023. Sports injury prevention anatomy. Human Kinetics Publishers.

Reeser, J. Bahr, R. Wiley, J & Sons. 2003. Handbook of Sport Medicine and Science: Volleyball. ProQuest Ebook Central. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=351657>

Ruangchaijatuporn, T., Gaetke-Udager, K., Jacobson, J. A., Yablon, C. M., & Morag, Y. 2017. Ultrasound evaluation of bursae: Anatomy and pathological appearances. Skeletal Radiology, 46(4), 445–462. <https://doi.org/10.1007/s00256-017-2577-x>

Saccol, M. Almeida, G. Souza, V. 2016. Anatomical glenohumeral internal rotation deficit and symmetric rotational strength in male and female young beach volleyball players. J Electromyogr Kinesiol. Viitattu 4.8.2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26360827/>

Sandström, M., Pajunen, A., Ehrstöm, J., Ahonen, J., Kyytinen, T. & Sorri, J. 2011. Liikkuva ihminen: Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 1. p. Lahti: VK-Kustannus.

Seminati, E., & Minetti, A. E. 2013. Overuse in volleyball training/practice: A review on shoulder and spine-related injuries. European Journal of Sport Science. Viitattu 21.3.2024. <https://scihub.st/10.1080/17461391.2013.773090>

Telles, R., Cunha, R. A., Yoshimura, A. L., Pochini, A. C., Ejnisman, B., & Soliaman, R. R. 2021. Shoulder Rotation Range of Motion and Serve Speed in Adolescent Male Volleyball Athletes: A Cross-Sectional Study. *International journal of sports physical therapy*, 16(2), 496–503.

<https://doi.org/10.26603/001c.21243>. Viitattu 13.4.2024.

Theisen, D., Malisoux, L., Seil, R., & Urhausen, A. 2014. Injuries in youth sports: Epidemiology, risk factors and prevention. *German Journal of Sport Medicine*. Viitattu 19.3.2024. [https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2014/Heft\\_9/12\\_review\\_theisen.pdf](https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2014/Heft_9/12_review_theisen.pdf)

Tooth, C. Gofflot, A. Schwartz, C. Croisier, J. L. Beudart, C. Bruyère, O. & Forthomme, B. 2020. Risk Factors of Overuse Shoulder Injuries in Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports health*, 12(5), 478–487. <https://doi.org/10.1177/1941738120931764> Viitattu 26.1.2024

Tooth, C. Schwartz, C. Croisier, J.L. Gofflot, A. Bornheim, S. Forthomme, B. 2023. Prevention of shoulder injuries in volleyball players: The usefulness and efficiency of a warm-up routine. *Physical Therapy in Sports*. Viitattu 6.4.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466853X23001219?via%3Dihub#abs0015>

Verhagen, E., Van der Beek, A. J., Bouter, L. M., Bahr, R., & Van Mechelen, W. (2004). A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 477–481. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005785>

Viralliset lentopallon säännöt. 2021. Viitattu 17.2.2024.

<https://www.lentopallo.fi/wp-content/uploads/2022/08/FIVB-Lentopallon-saannot-2021-2024.pdf>

Virtanen, K. 2020. Olkalisäke-solisluunivelen sijoiltaanmenon hoitolinjat. *Duodecim*.

<https://www.duodecimlehti.fi/duo15571>. Viitattu 17.1.2024

Young, WK., Briner, W., Dines DM. 2023. Epidemiology of Common Injuries in the Volleyball Athlete. Viitattu 18.2.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10234904/>

Wong, M., Kiel, J. 2023. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, acromioclavicular joint. National Library of Medicine. Viitattu 17.1.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499858/>

