Aaro Huttunen

Vilppu Vesalainen

OLKANIVELEN VOIMAN MITTAAMISEN LUOTETTAVUUS JA TOISTETTAVUUS KÄDESSÄ PIDETTÄVÄLLÄ DYNAMOMETRILLA

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö
Fysioterapia

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Aaro Huttunen & Vilppu Vesalainen	Fysioterapia (AMK)	Joulukuu 2017
Opinnäytetyön nimi Olkanivelen voiman mittaamisen luotettavuus ja toistettavuus kädessä pidettävällä dynamometrilla		81 sivua 9 liitesivua
Toimeksiantaja Jari Rautiainen, Jyväskylän Fysioterapia, Bodium		
Ohjaaja Suvi Lamberg & Helka Sarén		

Tiivistelmä

Opinnäytetyö käsittelee systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kautta olkanivelen voiman mittaamisen luotettavuutta sekä toistettavuutta kädessä pidettävällä dynamometrilla. Työn tarkoituksena on tuoda esille uusinta tietoa terveiden asiakkaiden olkanivelen voiman mittaamisesta, sen kaikissa liikesuunnissa ja esitellä vertaillen valituissa tutkimuksissa käytettyjä voiman mittaamisen tekniikoita luotettavuuden sekä toistettavuuden näkökulmasta. Opinnäytetyön tavoitteena on myös tehdä yhteenveto luotettavimmista olkanivelen voiman mittaamisen asennoista ja keinoista.

Toimeksiantajana toimi Jyväskylän Bodium ja yhteyshenkilönä Jari Rautiainen. Yritys on erikoistunut pääasiassa tuki- ja liikuntaelimistönvammoihin. Bodiumissa toivottiin, että opinnäytetyössä käsitellään olkanivelen voiman mittaamisen keinoja, joita pystytään hyödyntämään fysioterapeutin työssä, koska Suomessa tehdään olkanivelen voiman mittaamista suhteellisen vähän. Dynamometri valittiin tutkimusvälineeksi sen käyttäjäystävällisyyden sekä edullisten kulujen perusteella. Opinnäytetyöhön kasattuja tietoja on tarkoitus hyödyntää fysioterapiatyön apuna.

Opinnäytetyön teoreettinen osuus koostuu hartiarenkaan ja olkanivelen anatomiasta sekä biomekaniikasta sekä lihasvoiman mittaamisesta. Työssä käytettävät tutkimukset ovat valikoituneet järjestelmällisen tiedonhaun ja laadun arvioinnin perusteella. Työhön valikoitui yhteensä yhdeksän tutkimusta. Tutkimuskysymykset on määritelty työn tavoitteiden mukaan: Ovatko kädessä pidettävällä dynamometrilla tehdyt olkanivelen isometriset voimanmittaukset luotettavia olkanivelen kaikissa liikesuunnissa? Ovatko käytettävät olkanivelen voimantuottoa mittaavat menetelmät toistettavissa yhden testaajan sekä useamman testaajan välillä?

Tutkimukset osoittivat, että dynamometri on luotettava mittausväline olkanivelen voimantuottoa mitattaessa sekä luotettavuuden että toistettavuuden puolesta ja myös yhden testaajan sekä useamman testaajan suorittamana. Jatkotutkimusehdotuksena on mittauksien luotettavuuden seuranta kuntoutettavan olkanivelen osalta.

Asiasanat

olkanivelen voimanmittaus, olkanivel, dynamometri, kädessä pidettävä dynamometri

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

Author (authors)	Degree	Time
Aaro Huttunen & Vilppu Vesalainen	Degree Programme in Physiotherapy	December 2017

Thesis Title

Reliability and repeatability of the shoulder joint strength measurement with a handheld dynamometer

81 pages
9 pages of appendices

Commissioned by

Jari Rautiainen, Jyväskylän Fysioterapia, Bodium

Supervisor

Suvi Lamberg & Helka Sarén

Abstract

The aim of the bachelor's thesis was to investigate the knowledge about reliability and repeatability of shoulder joint strength measurement with a handheld dynamometer. The purpose of the thesis was to present the latest research information of the shoulder joint strength measurement in all movement directions in terms of reliability and repeatability. The thesis was commissioned by the physiotherapy company Bodium.

The theoretical part of the thesis consists of shoulder joint anatomy and biomechanics, muscles that affect shoulder and strength measurement. The studies used in the thesis were selected on the basis of systematic information retrieval and quality assessment. The research questions of this thesis were whether the isometric strength measurements of a shoulder joint made with a handheld dynamometer are reliable in all movement directions and whether the methods to measure the strength output of the shoulder joint are repeatable between testers?

The information collected in the thesis is intended to be used in physiotherapy work. A total of nine studies were selected. Their results indicate that the dynamometer is a reliable measuring instrument when measuring the strength of the shoulder joint for both reliability and repeatability between several testers.

Keywords

shoulder joint, shoulder muscles, strength measurement, handheld dynamometer

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 8

2 TOIMEKSIANTAJAN KUVAUS 9

3 HARTIARENKAAN JA OLKANIVELEN ANATOMIA JA BIOMEKANIIKKA 10

3.1 Hartiarenkaan luiset osat 10

3.2 Hartiarenkaaseen vaikuttavat lihakset 12

3.3 Hartiarenkaan biomekaniikka 16

3.4 Olkapään nivelet 19

3.5 Humeroscapulaarinen rytmi 23

3.6 Olkanivelen kapseli ja labrum 25

4 MITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI 25

4.1 Validiteetti 26

4.2 Reliabiliteetti 26

5 LIHASVOIMAN MITTAAMINEN 28

5.1 Voimanmittaamisen luotettavuus ja toistettavuus 31

5.2 Voimanmittaamisen menetelmät 33

5.3 Kädessä pidettävä dynamometri 35

6 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE 36

6.1 Tutkimusmenetelmä 37

6.2 Aineiston keruu ja rajaus 38

6.3 Tutkimusten laadun arviointi 40

6.4 Aineiston analysointi 42

7 TUTKIMUKSET 43

7.1 Test-retest reliability of isometric shoulder muscle strength measurement with a handheld dynamometer and belt 43

7.2 Intrarater Reliability of Assessing Strength of the Shoulder and Scapular Muscles 45

7.3 Intra- and inter-rater reliability of isometric shoulder extensor and internal rotator strength measurements performed using a hand-held dynamometer 47

7.4 Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder 48

7.5 Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols ... 51

7.6 Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability and Validity 52

7.7 The Reliability of Strength Tests Peformed In Elevated Shoulder Positions Using a Handheld Dynamometer 54

7.8 Same-session and between-day intra-rater reliability of hand-held dynamometer measurement of isometric shoulder extensor strength 55

7.9 Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer 56

8 YHTEENVETO 57

8.1 Koukistus 57

8.2 Ojennus 59

8.3 Ulkokierto 62

8.4 Sisäkierto 65

8.5 Horisontaalinen lähennys 68

9 TUTKIMUSTULOKSET 68

10 POHDINTA 71

10.1 Oma oppimisprosessi opinnäytetyön aikana 73

10.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys 73

10.3 Jatkotutkimuskysymykset 74

LÄHTEET 76

KUVALUETTELO 80

TAULUKKOLUETTELO

LIITTEET

Liite 1. Käytetyt tutkimukset

Liite 2. Lapaluuhun kiinnittyvät lihakset

KÄSITTEITÄ JA LYHENTEITÄ

HHD	Kädessä pidettävä dynamometri (engl. Handheld dynamometer)
Validiteetti	Pätevyys
Reliabiliteetti	Luotettavuus ja toistettavuus
ICC	Luokan sisäinen korrelaatiokerroin (engl. Intraclass correlation coefficient)
SEM	Mittausvirheen keskihajonta (engl. The standard error of measurement)
MDC/SDC	Tilastollinen arvio pienimmästä muutoksen määrästä, joka voidaan havaita kyseistä mittausmenetelmään käyttäen. (engl Minimal/Smallest Detectable Change)
Intra-rater reliability	Eri testikertojen välinen toistettavuus yhden testaajan suorittamissa toistomittauksissa.
Inter-rater reliability	Eri arvioitsijoiden/testaajan välinen yhtenevyys.
Test-retest reliability	Eri ajankohtina suoritettujen uusintamittauksien välinen toistettavuus.

1 JOHDANTO

Olkanivel (articulatio humeri) on ihmiskehon liikkuvin nivel, ja laajojen liikeratojensa takia olkaniveltä tukevat useat nivelsiteet ja lihakset sekä lihasryhmät (Nienstedt, 117). Olkapäävammoja esiintyy usein työelämässä ja urheilussa (Shimada ym. 2017). Lihasvoima on oleellinen osa ylävartalon normaalia toimintaa (Akoochakian ym. 2017, 1). Olkapään voiman ja normaalin toimintakyvyn palauttaminen on oleellinen osa kuntoutusta (Shimada ym. 2017) erityisesti, kun ohjeistetaan potilasta vammojen ennaltaehkäisyssä tai arvioidaan urheilijan kyvykkyyttä palata urheilun pariin vamman jälkeen (Johansson ym. 2015, 1). Olkanivelen voimantuottoa voi mitata usealla eri tavalla, joista kädessä pidettävää dynamometria pidetään objektiivisena voiman mittauksen tapana (Celik ym. 2012, 1). Kädessä pidettävä dynamometri on herättänyt kiinnostusta sen käytännön kustannusten ja käyttäjäystävällisten etujensa takia verrattuna kalliisiin isokineettisiin laitteisiin (Johansson ym. 2015, 1). Useimmat aihetta koskevat tutkimukset ovat tehty alaraajojen lihasvoiman mittaamisesta, mutta yläraajojen osalta tutkimusnäyttö on rajallista erityisesti olkapään osalta (Shimada ym. 2017).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla olkanivelen voimanmittaamisen luotettavuutta ja toistettavuutta kädessä pidettävällä dynamometrilla. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään löytämään olemassa olevaa tutkimustietoa, tarkastelemaan tietojen laatua sekä tekemään löydetyistä tiedoista analyysi ja synteesi. (Stolt ym. 2016, 7.) Lihasvoimien testaaminen on tärkeä osa kuntoutuksen seurantaa ja vammojen ennaltaehkäisyä fysioterapiassa, siksi fysioterapeutti tarvitsee tarkkaa tietoa eri lihasten suorituskyvystä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on yksityinen fysioterapiapalveluita tuottava laitos Bodium, jonka pääpaino fysioterapiassa on tuki- ja liikuntaelinoireiden kuntoutuksessa (DBC Suomi Oy 2017a). Opinnäytetyöstämme saatavaa tietoa on tarkoitus hyödyntää Bodiumin fysioterapeuttien avuksi löytämällä luotettava ja käytännöllinen tapa mitata olkanivelen lihasten suorituskykyä.

Kiinnostuimme aiheesta omakohtaisten kokemuksen kautta. Olemme molemmat kokeneet omat taistelumme olkanivelen ongelmien kanssa ja kohdanneet useita asiakkaita, joiden kanssa toimiessa, olkanivelen voiman mittaamisesta olisi ollut merkittävää hyötyä.

2 TOIMEKSIANTAJAN KUVAUS

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Suomessa vuonna 1997 perustettu yksityinen fysioterapiayritys Bodium, jolla on Suomessa yhdeksäntoista toimipistettä kolmellatoista eri paikkakunnalla. Yritys on erikoistunut pääasiassa tuki- ja liikuntaelimistön vammoihin. Bodiumissa on kehitetty tuki- ja liikuntaelimistön DBC-hoitomenetelmä (Documentation Based Care), jota käytettään yli kahdessakymmenessä eri maassa. (DBC Suomi Oy 2017a.) DBC tarkoittaa tutkimustuloksiin ja kliiniseen näyttöön perustuvaa dokumentoitua hoitomenetelmää, jota käytetään useissa tuki- ja liikuntaelinoireiden kuntoutuksessa (Ministry of Health 2006, 2). Bodium on osallistunut kymmeniin alan tutkimuksiin, jotka ovat saaneet kansainvälistä näkyvyyttä ja se on myös palkittu vuoden parhaasta selkä tutkimuksesta. Yrityksessä työskentelee koulutettuja fysioterapeutteja, joista osalla on täydennyskoulutuksena esimerkiksi OMT-tutkinto, osteopaatin tutkinto, naprapaatin tutkinto tai Maitland -konseptin mukainen koulutus. (DBC Suomi Oy 2017a.)

Opinnäytetyön yhteyshenkilönä toimii OMT-fysioterapeutti Jari Rautiainen, joka työskentelee Bodium Jyväskylän toimipisteessä. Bodium Jyväskylän fysioterapeutit ovat erikoistuneet selkä-, niska- ja nivelvaivojen tutkimiseen ja hoitoon. Lisäksi toimipisteessä on OMT- ja MDT -fysioterapeutteja, työfysioterapeutteja sekä DBC askelklinikka, jonka fysioterapeutit ovat erikoistuneet alaraajatutkimuksiin, alaraajaongelmien hoitoon ja yksilöllisten tukipohjallisten valmistukseen. Palveluihin kuuluu myös neurologisista sairauksista potevien avoterapiat, erilaiset ryhmät sekä leikkausta edeltävä ja leikkauksen jälkeinen kuntoutus. (DBC Suomi Oy 2017b.)

Bodium toivoi opinnäytetyöltämme keinoa, jolla voidaan seurata asiakkaan olkanivelen voiman kehitystä, koska olkanivelen osalta voiman mittausta tehdään melko vähän ja kädessä pidettävän dynamometrillä voiman mittaamista on tehty

pitkälti vain alaraajojen osalta. Kiinnostus kädessä pidettävän dynamometrin käyttämisestä olkanivelen voiman mittaamisessa on sen käytännöllisyys, siirrettävyys ja edullisuus.

3 HARTIARENKAAN JA OLKANIVELEN ANATOMIA JA BIOMEKANIIKKA

Hartiarenkaan alue on ihmiskehon yksi laajimmista toiminnallisista kokonaisuuksista, ja siihen kuuluvat muun muassa olkanivel, hartiaseudun ympärillä olevat lihakset, nivelet, C- ja Th-rangan välinen ylimenoalue sekä kraniaaliset kylkiluunivelet (Reichert 2008, 16). Hartiarenkaan toiminnallisuuden ja liikelaajuuksien puolesta kaikista tärkein nivel on glenohumeraalinivel (Saresvaara & Ojala 2000, 88).

3.1 Hartiarenkaan luiset osat

Yläraajan luut voidaan jakaa hartian luihin ja vapaan yläraajan luihin (Niendstedt 2009, 116). Hartiaan kuuluvia luita ovat lapaluu ja solisluu (clavicula). Solisluu niveltyy nivellevyn välityksellä lapaluun olkalisäkkeeseen ja rintalastaan (sternum). (Aaltonen ym. 2016, 43.) Solisluuta voidaan kuvailla lievän S-kirjaimen muotoiseksi (Leppäluoto ym. 2017, 78). Se yhdistää yläraajan vartalon luihin ja estää olkapäitä kääntymästä eteenpäin (Aaltonen ym. 2016, 43). Rintalastan sekä solisluun välissä oleva nivel on ainoa nivel, joka niveltyy yläraajojen ja vartalon välillä. Litteästä lapaluusta suurin osa sijoittuu yläselän alueelle. Lapaluussa on korppilisäke (processus coracoideus), johon rintalihaksen lisäksi kiinnittyy useita olkapään ja yläselän lihaksia. Lapaluun keskellä kulkee lapaluunharju, sekä lapaluun päässä olkaluun nivelkuoppa, johon niveltyy olkaluun yläpään pallomainen osa. (Leppäluoto ym. 2017, 78–79.) Merkittävimmät hartiarenkaan toimintaan vaikuttavat luut on esitelty kuvassa 4.

Rintakehä muodostuu kahdestatoista kylkiluuparista (costa, costae), jotka kiinnittyvät selkärangan rintanikamiin (vertebrae thoracalis) sekä rintalastasta (Leppäluoto ym. 2017, 78). Seitsemän ensimmäistä kylkiluuta kiinnittyvät tavallisesti oman ruston välityksellä rintalastaan ja seuraavat kaksi tai kolme kylkiluuta ovat kiinni ylemmissä kylkirustoissa. Alimmilla kylkiluilla ei ole kylkirustoa, vaan ne

päättyvät vapaasti. (Nienstedt 2009, 114.) Rintalasta sijaitsee rintakehän keskellä, vartalon etupuolella, se on malliltaan litteä ja se muodostuu rintalastan kahvasta (manubrium sterni), rungosta (corpus sterni) sekä miekkalisäkkeestä (processus xiphoideus). Miekkalisäkkeen pystyy tuntemaan ihon läpi. Alimmat kylkiluurustot (cartilago costalis) muodostavat rintakehän alareunaan kylkikaaren (arcus costalis). (Leppäluoto ym. 2017, 78.)

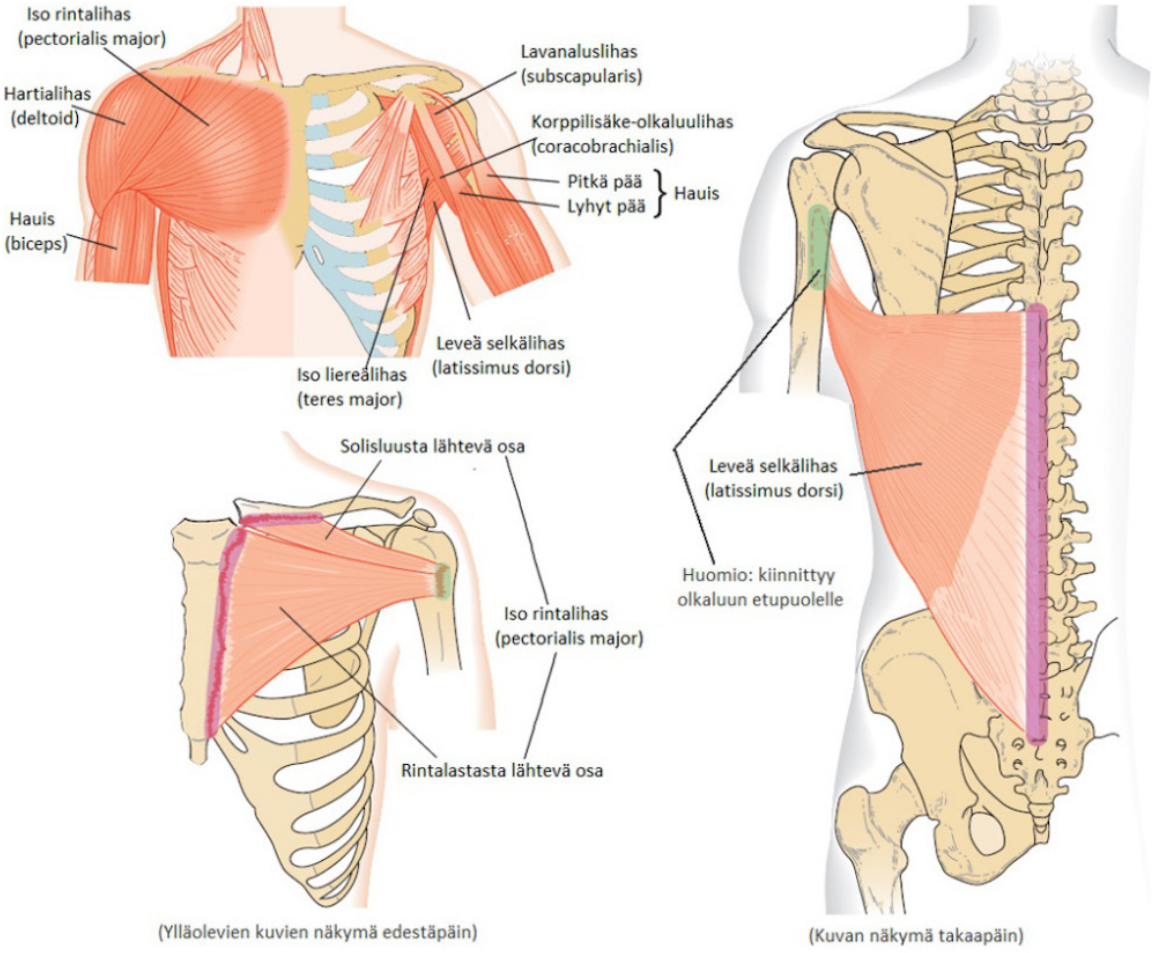
Lapaluu sijaitsee rintakehän takana ja on varsin paljon liikkuva luu. Se on muodoltaan kolmiomainen ja sen olkavarteen suuntautuvassa osassa on korppi- ja olkalisäke, sekä selän puolella lapaluun harju (spina scapulae), jonka voi tuntea ihon läpi. Lapaluu niveltyy olkaluuhun ja solisluuhun, sekä useiden lihasten kautta vartaloon. Siinä on myös avoin nivelkuoppa olkaluuta varten, mikä mahdollistaa olkaluun suuret liikelaajuudet. (Leppäluoto ym. 2017, 81.)

Vapaan yläraajan luihin kuuluvat olkaluu (humerus) sekä kyynärvarren (antebrachium) kaksi luuta värttinäluu (radius) ja kyynärluu (ulna) (Niendstedt 2009, 117–188). Olkaluu on pitkä luu, joka niveltyy lapaluussa olevaan nivelkuoppaan sen yläosassa olevan nivelpinnan välityksellä (Leppäluoto ym. 2017, 82). Olkaluulla on kaksi kaulaa, kirurginen kaula (collum chirurgicum humeri) kiertää olkaluun alapuolella ja anatominen kaula (collum anatomicum humeri) kiertää olkaluun yläosan nivelpinnan puolipallon muotoista reunaa (Niendstedt 2009, 117). Olkaluun yläosan paksuuntumat ovat iso- ja pieni olkakyhmy (tuberculum majus ja –minus), joihin kiinnittyy useita lihaksia. Olkaluun alaosassa on ulko- ja sisäsivunasta (epicondylus lateralis ja -medialis), joista toiseen kiinnittyy kyynärluuhun ja toinen värttinäluuhun. (Aaltonen ym. 2016, 43–44.)

Kyynärvarren lihaksisto vaikuttaa lähinnä kyynärniveltä ja ranneniveltä ympäröivien lihasten toimintaan. Kyynär- ja värttinäluu kiinnittyvät molemmissa päissään toisiinsa nivelten välityksellä ja ne pystyvät kiertymään jopa 180 astetta pituusakselinsa ympäri. Ne osallistuvat voimakkaasti käsivarren ulos- ja sisäänpäin suuntautuviin kiertoliikkeisiin (supinaatio ja pronaatio). (Leppäluoto ym. 2017, 80.)

3.2 Hartiarenkaaseen vaikuttavat lihakset

Lihakset aikaansaavat koko elimistön sekä sen kaikkien osien liikkeet. Lihaksen supistuessa luiden asento toisiaan kohtaan muuttuu, koska lihakset ovat kiinni eri luiden osissa. Eräät lihakset ohittavat myös kaksi niveltä, jolloin ne mahdollistavat esimerkiksi yhden nivelen koukistumisen ja samalla toisen ojentumisen. Luiden välissä olevat nivelet sallivat tapahtuvan liikkeen. Lihaksien lähtökohtaa kutsutaan origoksi ja kiinnityskohtaa insertioksi. (Nienstedt 2009, 143.) Kuvassa 1 on esitelty suurimmat olkaniveleen vaikuttavat lihakset ja kaikki hartiarenkaaseen vaikuttavat lihakset on listattu liitteessä 2.



Kuva 1. Suurimmat olkaniveleen vaikuttavat lihakset (Hänninen & Koivuranta 2016).

Iso rintalihas (pectoralis major) on suuri lihas rintakehän etupuolella ja se voidaan jakaa kolmeen osaan, ylä-, keski- sekä alaosaan (Di Giacomo ym. 2008, 18). Ison rintalihaksen tärkein tehtävä on olkanivelen sisäkierto ja olkanivelen ol-

lessa loitonnuksessa iso rintalihas osallistuu olkanivelen lähentämiseen (Leppäluoto ym. 2017, 115). Iso rintalihas osallistuu myös jossain määrin olkanivelen ojennukseen sekä koukistukseen (Hulmi 2015, 83). **Pieni rintalihas (pectoralis minor)** molemmin puolin ison rintalihaksen alla ja se on muodoltaan kolmiomainen. Pieni rintalihas osallistuu lapaluun laskemiseen ja sisäkiertoon. (Di Giacomo ym. 2008, 8.)

Leveä selkälihas (latissimus dorsi) sijaitsee rintakehän takana, se on suuri lihas, jolla on merkittävä rooli olkapään stabiliteetin kannalta (Di Giacomo ym. 2008, 16). Leveän selkälihaksen tärkeimmät tehtävät ovat tuottaa olkanivelen ojennusta vetämällä sitä taakse- (retroversio) ja alaspäin, ja myös muodostaa kainalokuopan taakse muodostuvan reunaman (Leppäluoto ym. 2017, 115). Leveä selkälihas osallistuu samalla olkanivelen lähennykseen (Hulmi 2015, 80). Leveän selkälihaksen olkaluuhun kiinnittyvä jänteen erottaa **isosta liereästä lihaksesta (teres major)** limapussi (bursa), kun ison liereän lihaksen jänne kiinnittyy enemmän pienen olkakyhmyn sisäreunaan. Iso liereä lihas sijaitsee myös selän puolella ja se kiinnittyy olkaluuhun samaa reittiä kuin leveä selkälihas. (Di Giacomo ym. 2008, 16.)

Epäkäslihaksen (trapezius) lähtökohta on takaraivoluussa sekä ensimmäisissä kaula- sekä rintanikamien okahaarakkeissa ja se kiinnittyy solis- sekä lapaluuhun (Nienstedt 2009, 151). Epäkäslihas liikuttaa lapaluuta ja sen tärkein tehtävä on pitää lapaluuta paikallaan yläraajaa liikuttaessa, ja esimerkiksi epäkäslihaksen yläosa osallistuu olkapäiden nostoon sekä taakse vetoon. (Leppäluoto ym. 2017, 115.)

Etummainen sahalihas (serratus anterior) sijaitsee lapaluun etupuolella ja peittää suuren osan rintakehästä sivusuunnassa, kiinnittyen yhdeksän ylimmän kylkiluun pintoihin. Iso rintalihas peittää alleen suuren osan etummaisen sahalihaksen voimakkaasta, sylinterimäisestä massasta. Etummainen sahalihas toimii yhdessä epäkäslihaksen kanssa. Niiden yhteistoiminnan tuloksena lapaluu saa tukevan ja liikkuvan tukipisteen, joka muun muassa auttaa olkaluun nivelkuopan suuntausta

lapaluun liikkeissä. Sitä kautta pystytään saavuttamaan myös mahdollisimman tehokas olkapään käyttö. (Di Giacomo ym. 2008, 3.)

Etummaisen sahalihaksen tärkeimmät tehtävät ovat pitää lapaluu rintakehää vasten ja vetää lapaluuta sekä hartiaa eteenpäin, ja osallistuu myös lapaluun ylös kiertoon ja kohottamiseen yhdessä epäkäslihaksen kanssa, kun yläraaja nostetaan yli vaakatason (Leppäluoto ym. 2017. 115). Lähtökohtiensa avulla etummainen sahalihas muodostaa olkapään pyörimisakselin vatsanpuoleisen (ventraalinen) osan. Etummaisen sahalihaksen voima on välttämätön elementti olkapään kiertoliikkeiden takia ja sen muodostama poikittaisakseli täydentää epäkäslihaksen toimintamallia. Etummaisen sahalihaksen ja epäkäslihaksen yhteispeli on oleellinen esimerkiksi ajatellen olkavarren nostamista pään yli. Etummainen sahalihas on myös merkittävä vaikuttaja humeroscapulaarisen rytmin kannalta. Sen kiinnityskohdat lapaluun sisäpuolisessa keski- ja alareunassa muodostavat yhdessä momenttivarren, joka mahdollistaa lapaluuta ylöspäin työntävät suuret liikkeet yhdistämällä lapaluun rintakehään. Tämän takia etummaista sahalihasta voidaan jopa kuvailla lapaluun tärkeimmäksi liikuttajaksi. (Di Giacomo ym. 2008, 8.)

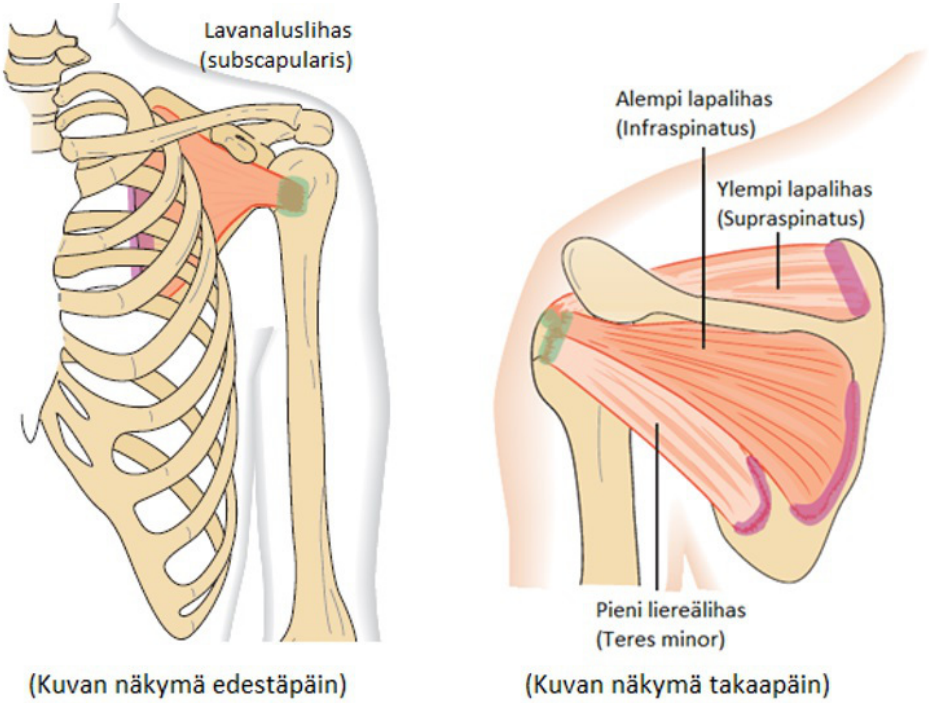
Hartialihas (deltoideus) voidaan jakaa kolmeen osaan: etu-, keski- ja takaosaan (Hulmi 2015, 82). Hartialihas tekee työkseen erityisesti olkanivelen loitontamista (Leppäluoto ym. 2017, 115). Hartialihaksen etuosan tärkein tehtävä on olkanivelen koukistaminen, keskiosan tehtävänä on loitontaa olkaniveltä poispäin vartalosta. Takaosan osallistuu olkanivelen ojennukseen ja se tekee paljon yhteistyötä leveän selkälihaksen kanssa. (Hulmi 2015, 82.)

Kaksipäisen olkalihaksen (biceps brachii) tärkein tehtävä on olkanivelen koukistaminen ja toinen tehtävä on kyynärnivelen ulkokierto. Koska kaksipäinen olkalihas ylittää olkanivelen, osallistuu se osiltaan olkanivelen koukistamiseen. (Hulmi 2015, 84.) Hauislihaksen jänteet osallistuvat myös olkanivelen tukemiseen (Leppäluoto ym. 2017, 115).

Kolmipäinen olkalihas (triceps brachii) on olkavarren lihaksista suurin ja se koostuu kolmesta osasta, jotka ovat pitkä-, ulompi- ja keskimmäinen osa. Ulompi

ja keskimmäinen osa kiinnittyvät olkaluun takapinnalle, keskimmäisen osan jäädessä ulomman- ja pitkän pään alle, sen ollessa kaikista pienin. Kolmipäisen olkalihaksen tärkeimpänä tehtävänä on kyynärnivelen ojennus ja pitkä pää osallistuu kahden nivelen ylityksen takia myös olkanivelen ojennukseen. (Hulmi 2015, 86.) Kolmipäisen olkalihaksen tehtäviin kuuluu myös olkanivelen lähennys (Leppäluoto ym. 2017, 116).

Kiertäjäkalvosin on neljästä pienemmästä lihaksesta muodostuva olkapään tukirakennelma. Se muodostuu ylemmän lapalihaksen (supraspinatus), alemman lapalihaksen (infraspinatus), lavanaluslihaksen (subscapularis) ja pienen liereän lihaksen (teres minor) jänteistä (Kuva 2). Myös hartialihas tukee kiertäjäkalvosimen toimintaa. (Leppäluoto ym. 2017, 115.) Kiertäjäkalvosimen lihakset ovat ensisijaisesti vastuussa olkanivelen dynaamisesta stabiliteetista. Lihasten tärkein tehtävä on olkaluun pään asennon kontrollointi ja säätely suhteessa nivelkuoppaan yläraajaa liikutettaessa ja pitämällä olkanivelen kontakti vakiona kaikissa asennoissa. Olkaniveltä ohjaavat lihakset toimivat pareina, esimerkiksi loitonnuksessa (abduktio) liikettä ohjaavat hartialihas ja alempi lapalihas. Osittain liikesarjoja säätelee myös kiertäjäkalvosimen liikettä aistiva hermotus. (Virtapohja ym. 2002, 43.)



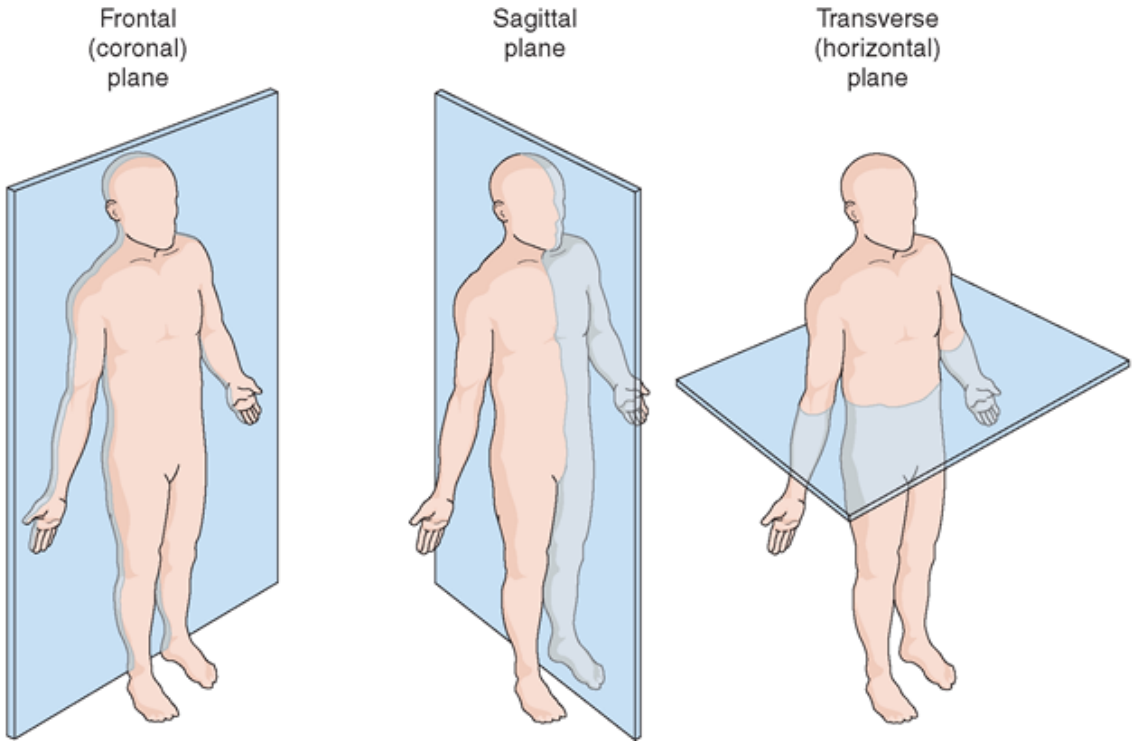
Kuva 2. Kiertäjäkalvosimeen kuuluvat lihakset (Hänninen & Koivuranta 2016).

Ylempi lapalihas toimii liikkeen aloittajana olkavarren loitonnuksessa ja stabiloi olkaluun asentoa suhteessa nivelkuoppaan liikkeen aikana. Jos hartialihas olisi ainoastaan aktiivinen olkavarren loitonnuksessa, pääsisi olkaluun pää liukumaan ylöspäin ja törmäämään olkalisäkkeeseen liikkeen loppuvaiheessa. Loitonnuksen lisäksi ylempi lapalihas toimii ulkokiertäjänä. (Virtapohja ym. 2002, 43–44.) **Alempi lapalihas** toimii yhdessä pienen liereälihaksen kanssa olkavarren ulkokiertäjänä. **Lavanaluslihas** tekee työkseen olkavarren sisäkiertoa. (Alaranta 2003, 120.) **Pieni liereälihas** on neljäs kiertäjäkalvosimen lihasryhmään kuuluva lihas, joka osallistuu olkanivelen ulkokiertoon ja lähennykseen (Saresvaara & Ojala 2000, 133–134).

Tärkeimmät olkaniveltä liikuttavat lihakset ovat epäkäslihas, etummainen sahalihas, iso rintalihas sekä leveä selkälihas. Suurina lihaksina ne vaikuttavat lapaluun liikkeeseen kokonaisuutena. Iso rintalihas ja leveä selkälihas liikuttavat olkaniveltä suhteessa lapaluuhun, kun puolestaan epäkäslihaksen ja etummaisen sahalihaksen tehtävä on liikuttaa lapaluuta suhteessa rintakehään. (Leppäluoto ym. 2017, 115.)

3.3 Hartiarenkaan biomekaniikka

Lihaksien tuottama voima liikuttaa luita ja nivelet toimivat liikkeen aikana tukipisteiden tavoin, kaikki liike määräytyy fysiikan perusmääreiden mukaan, jotka kaikki löytyvät mekaniikan perusteista (Parker 2010, 72). Jokainen yksittäinen lihas osallistuu monenlaisen liikkeen tuottoon ja jo pienikin liike vaatii useiden lihasten yhteistoimintaa (Nienstedt 2009, 146). Luonnossa ilmeneviä mekaniikan lajeja pystytään käyttämään kaikenlaisten liikkeiden analysoinnin apuna, koska luonnonlait ovat lahjomattomia. Ihmiskehon liikkeet tapahtuvat aina yhdessä tai useammassa liikeakselissa ja liiketasossa. Tasot noudattavat omia normejaan ja ovat yhteydessä samanaikaisesti useamman tason kokonaisuuksiin. Ihmiselle fysiologisesti luonnollinen liike tapahtuu usein kolmen tason yhtäaikaisen liikkeen tapahtumaketjun avulla. (Sandström & Ahonen 2011, 157–163.) Nämä kolme tasoa ovat frontaali-, sagittaali- ja transversaalitasot (Saresvaara & Ojala 2000, 20). Tasot kuvattu tarkemmin kuvassa 3.



Kuva 3. Ihmiskehon liiketasot frontaali-, sagittaali- ja transversaalitaso (The-Crankshaft Publishing).

Liiketasoja ja –akseleita tarkasteltaessa on huomioitava, että ihminen liikkuu aina tilassa, johon vaikuttavat esimerkiksi etäisyydet, muodot sekä suunnat. Liike on kolmiulotteista, kun liikkeelle muodostuu enemmän tasoja ja akseleita, joiden avulla liikkuminen tapahtuu. Liiketasot sekä liikeakselit ovat tutkimiselle perusmääreitä ja yleensä ihmisen arviointi tapahtuu niin sanotussa perusasennossa, joka on ihmisellä seisten, lonkkien ollessa luonnollisessa haara-asennossa ja kämmenten osoittaessa eteenpäin. Näiden tasojen suhdetta voidaan vaihtaa muun muassa edemmäksi, taaemmaksi, ylemmäksi tai alemmaksi, mutta tason merkitys säilyy joka tapauksessa aina samana. Myös ihmisen siirtyessä seisoma-asennosta makuuasentoon, tasojen nimet sekä niiden asemat suhteutetaan silti kehon perusasentoon nähden, ei ympärillä olevaan tilaan. (Sandström & Ahonen 2011, 161–162.)

Yleensä liikkeiden analysointi aloitetaan nuoli- eli sagittaalitasolla kehon etu- ja takapuolella, jossa liikesuuntina ovat koukistus ja ojennus. Voidaan esimerkiksi miettiä miten kehon eri osat muuttavat suhdettaan ja asemaansa eteen- tai taaksepäin liikkuessa. Liikettä tarkastellaan silloin sivusuunnasta, jossa nähdään

muun muassa sivutaivutus-, loitonnus- ja lähennys liikkeet. Siirryttäessä ylä- ja alatilan käyttämiseen, asiat muuttuvat huomattavasti mielenkiintoisemmiksi, koska painovoima vaikuttaa liikkeisiin voimakkaasti ja liike tapahtuu silloin ylös- ja alaspäin. Alaspäin suuntautuvissa liikkeissä päädytään loppujen lopuksi tarkastelemaan liikkeen ja voiman suhdetta verrattuna alustasta välittyviin vastavoimiin sekä niiden yhteisvaikutusta voimantuotossa. (Sandström & Ahonen 2011, 162.)

Liikkeiden monimuotoisuus tekee tutkimisesta haastavaa. Sen takia suurien liikelaajuuksien omaavien kehonosien liikkeitä tutkitaan usein pienemmissä osissa, esimerkiksi stabiloiden jokin muu liikkeeseen vaikuttava kehonosa omaan perusasentoonsa tutkimisen ajaksi. Stabiloimisen jälkeen voidaan tutkimista jatkaa vain yhden liiketason kautta ja edetä sitä kautta seuraavaan. (Sandström & Ahonen 2011, 157–163.)

Luonnonlaeista painovoima on kaikkein merkittävin muuttuja ryhtiä ja liikkeitä tarkasteltaessa. Painovoima luo standardin perustan, johon voidaan suhteuttaa kaikkia liikeakseleita sekä liikeratoja. Painovoimaa kutsutaan vetovoimaksi, joka vetää kappaleita puoleensa eli maata kohti. Maan painovoimakentän vaikutuksen alaisena kappaleiden painon voima vetää kappaleita maata kohti. Painovoiman vastavoimana toimii se voima, jolla kappale puolestaan vetää maata puoleensa. (Sandström & Ahonen 2011, 157.)

Rotaatiomekaniikka on huomioitava kaikkien liikkeiden osalta, kun analysoidaan liikettä. Rotaatiomekaniikalla tarkoitetaan kappaleiden keskinäistä liikettä toisiaan vasten, kun ne ovat kontaktissa toisiinsa nähden suorasti tai välillisin keinoin. Esimerkiksi olkavarren kääntyminen aiheuttaa kiertoa lapaluun alueella ja se aktivoi liikkeeseen mukaan useita eri lihaksia. Ihmiskehossa on paljon tällaisia toisiinsa vaikuttavia mekanismeja, jotka ovat syytä ottaa huomioon. Muun muassa seisoma-asennossa painovoiman vaikutus vaikuttaa myös vaikeuttavasti kaikkiin kehon liikesuuntiin ja –akseleihin. (Sandström & Ahonen 2011, 159–160.)

Ihmiskehon luusto muodostaa lukuisia erilaisia vipuvarsia, akseleita ja rattaita. Todellisuudessa kaikki suoritettavat liikeanalyysit ja urheilusuoritukset perustuvat

mekaanisten vipuvarsien liikkeiden tutkimiseen sekä niiden mittaamiseen. (Sandström & Ahonen 2011, 161.) Kehon tukipisteiden varaan kohdistuessa vipuvarren kautta ulkonevia voimia, alkaa tapahtua liikettä. Useat kehon nivelet sallivat laajoja liikeratoja, kuten olkanivel ja sitä kautta ne mahdollistavat haastavampien liikkeiden suorittamisen. (Parker 2010, 72.)

Erilaiset vipumekanismit voidaan luokitella kolmeen luokkaan. Ensimmäisessä luokassa tukipiste toimii voiman ja kuorman välissä, keinulaudan tavoin. Tällainen mekanismi muodostuu esimerkiksi epäkäslihaksen vetäessä päätä taaksepäin kaulanikamien varassa. Toisessa luokassa tukipisteen ja voiman välissä on kuorma. Esimerkkinä varpaille noustessa tukipisteenä toimivat varpaat, voiman tuottavat pohjelihakset ja jalkaterä on vipuvarsi. Kolmannessa luokassa puolestaan tukipisteen ja kuorman välissä on voima. Tämä on kaikista yleisin kehon vipumekanismi ja hyvänä esimerkkinä toimii kyynärpään koukistaminen kaksipäistä hauislihasta jännittämällä. (Parker 2010, 72.) Koska lihakset kiinnittyvät yleensä lähelle niveliä, on niillä sen takia lyhyet vipuvarret, kun taas lihasten siirtelemillä kuormilla vipuvarret ovat usein pitkät. Vähäinenkin lihassupistus saattaa aiheuttaa nopean ja laajan liikkeen, jolloin lihasten on oltava voimakkaita. Lepopituus onkin lihaksien tehokkain pituus. Venyneessä tai supistuneessa tilassa oleva lihas on heikko ja tehoton. (Nienstedt 2009, 146.)

3.4 Olkapään nivelet

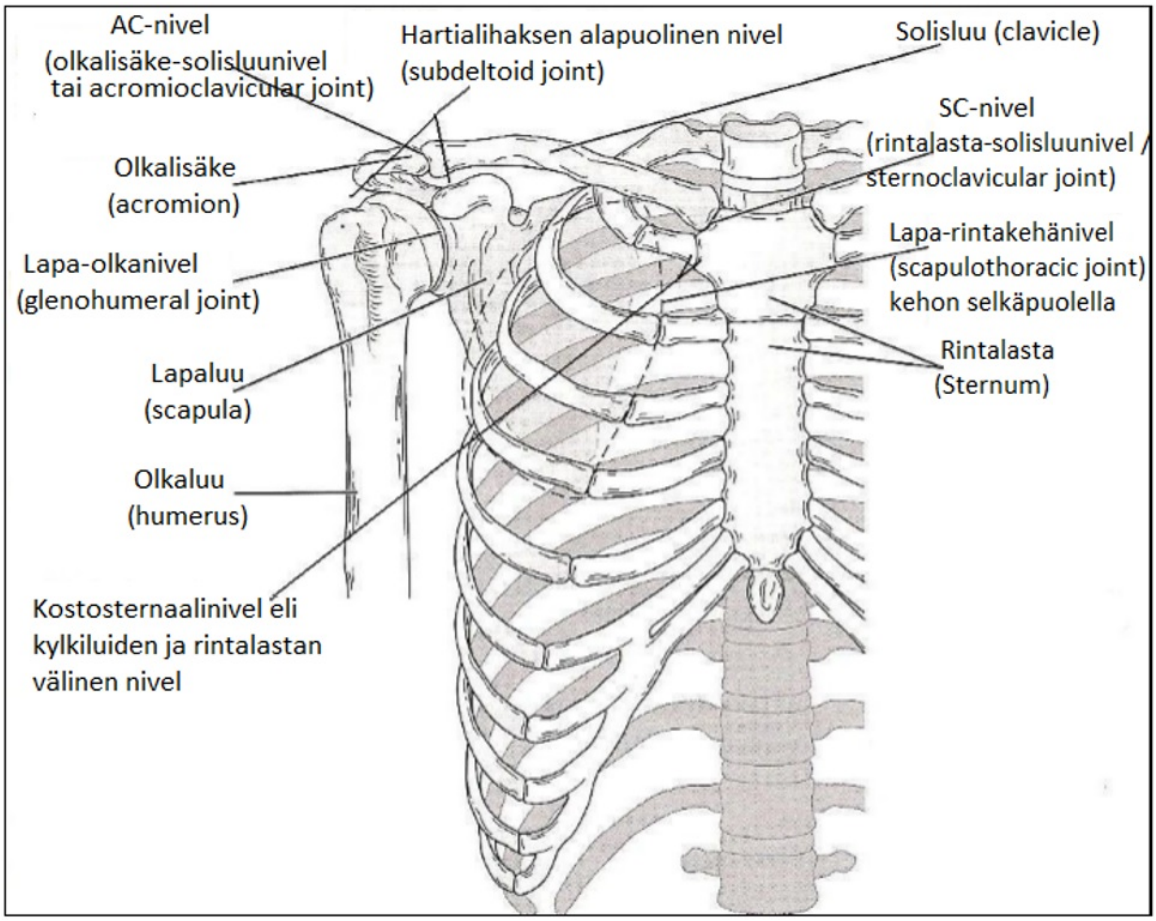
Glenohumeraalinivel (GH) eli olkanivel on tyypiltään pallonivel, jonka muodostavat olkaluun pää ja lapaluussa sijaitseva olkaluun nivelkuoppa. Laajoilla liikeradoilla liikkuvaa olkaniveltä tukevat eri suunnista ligamentit, kiertäjäkalvosimen lihasryhmä sekä lapaluun labrum, joka muodostuu rustosta. Olkanivelen liikesuunnat ovat ojennus, koukistus, loitonnus, lähennys ja horisontaalisessa tasossa liikkeet eteen sekä taakse. Rakenteelliset erot voivat vaikuttaa olkanivelen liikelaajuuksiin. (Saresvaara & Ojala 2000, 88–93.)

Acromioclaviculaarinivel (AC) muodostuu solisluun lateraalisen pään sekä olkalisäkkeen väliin. AC-nivelen päätehtävä on tukea solisluun ja lapaluun yhteis-

toimintaa yläraajaa nostettaessa, se osallistuu myös voimakkaasti lapaluun kiertoon, joka tapahtuu yläraajan noston yhteydessä. AC-nivel mahdollistaa myös lapaluun alakulman kallistumisen. (Saresvaara & Ojala 2000, 100.)

Sternoclaviculaarinivel (SC) muodostuu solisluun mediaalisen pään ja rintalastan kahvan väliin. Nivelen tärkein tehtävä on mahdollistaa joustava liike rakenteiden välillä, erityisestä se osallistuu olkanivelen loitonnus liikkeeseen. (Saresvaara & Ojala 2000, 97.) SC-nivel sallii solisluun liikkeet vaakatasossa sekä pystytasossa (Kapandji 1997, 50–51). SC-nivelen liikesuunnat ovat nouseminen, laskeminen, liukuminen eteen- ja taaksepäin sekä kierto. Liikkeet solisluussa tapahtuvat aina vastakkaiseen suuntaan verrattuna olkaluuhun. (Saresvaara & Ojala 2000, 98.)

Scapulothorakaalinivel (ST) ei ole synoviaalinivel, koska sillä ei ole nivelelle tyypillisiä anatomisia rakenteita. Nivel sijaitsee lapaluun ja rintakehän välillä ja sen tehtävänä on mahdollistaa lapaluun liukuminen rintakehää pitkin. ST-nivel toimii yhdessä SC- ja AC-nivelen kanssa, muodostaen yhtenäisen toiminnallisen ketjun. Liikkeet ovat nouseminen, laskeminen, loitonnus, lähennys ja kierrot ylös- sekä alaspäin. (Saresvaara & Ojala 2000, 101.) **Hartialihaksen alapuolinen nivel** ei myöskään täytä synoviaalinivelen vaatimuksia, vaan on fysiologisesti niin kutsuttu valenivel. Sen muodostavat olkaluun yläosa sekä kiertäjäkalvosimen lihaksisto. (Kapandji 1997, 42–43). Kaikki hartiarenkaan viisi niveltä on esitelty kuvassa 4.

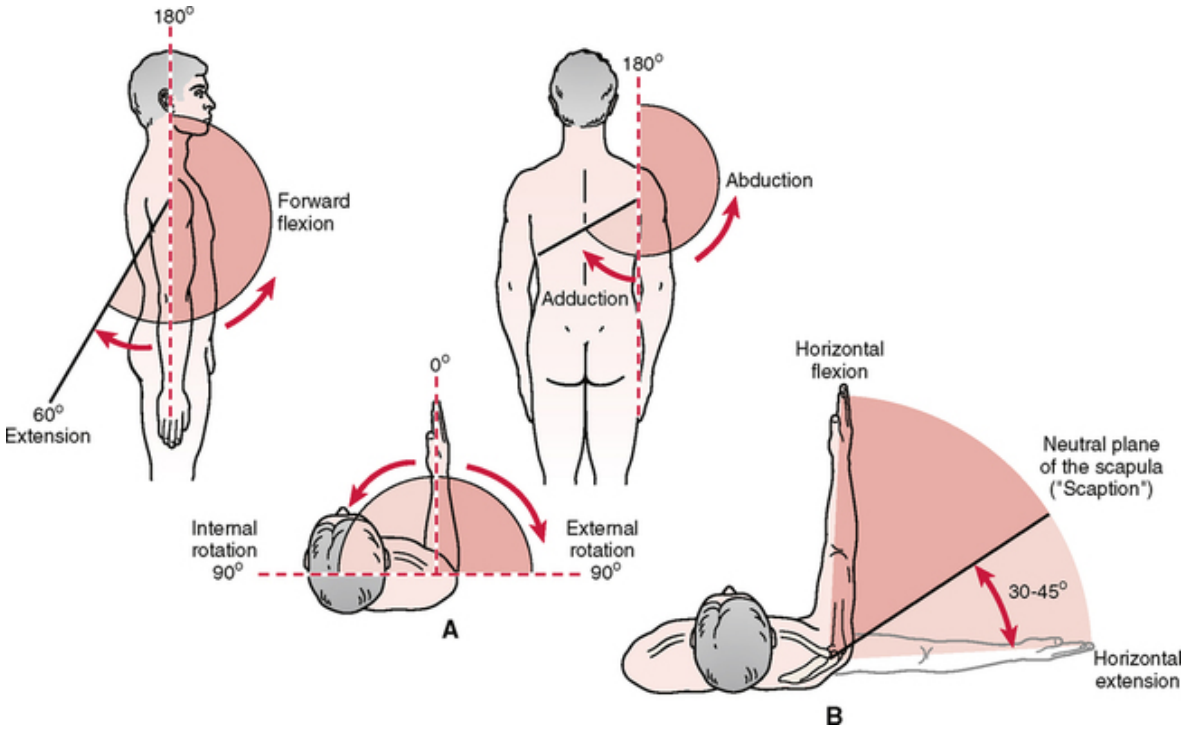


Kuva 4. Hartiarenkaan nivelet (Hänninen & Koivuranta 2016).

GH-nivel muodostuu olkaluun puolipallomaisesta nivelpinnasta, sen vastinpintana toimii lapaluun nivelpinta (glenoideum) ja sitä ympäröivä labrum. GH-niveltä tukevat olkalisäke sekä korppilisäke, jotka myös muodostavat AC-nivelen kanssa GH-nivelen katon eli korakoakromiaalisen kaaren. Olkaluun ja GH-nivelen katon välissä iskunvaimentimena toimii limapussi. GH-nivel ja sitä ympäröivät ligamentit eivät kuitenkaan yksin riitä tukemaan olkaniveltä tarpeeksi, vaan tuesta vastaavat myös olkaseudun lihaksisto, kuten kiertäjäkalvosimen lihakset. (Alaranta 2003, 120.)

Olkanivelen normaalit liikelaajuudet edellyttävät kaikkien edellä mainittujen nivelten luonnollista liikkuvuutta. Yläraajaa nostettaessa täyteen loitonnukseen solisluun keskilinjasta kauempana oleva pää nousee noin 30 – 60 asteen kulmaan ja samalla se kiertyy akselinsa ympäri noin 30 – 50 astetta. Solisluun liikkuvuus on edellytyksenä lapaluun normaaleille liikeradoille. Olkanivelen toimintakyvyn kan-

nalta kaikkien sen ympärillä olevien rakennelmien on toimittava yhdessä. Normaalisti olkanivel pystyy liikkumaan ulkokiertoon 60 – 90 astetta ja sisäkiertoon 90 astetta. (Alaranta 2003, 121.) Olkanivelen koukistuksen ja loitonnuksen normaalit liikelaajuudet ovat 180 astetta ojennuksessa olkanivelen normaali liikerata on 45 – 50 astetta. Lähennykseen nivel pystyy liikkumaan 30 – 45 astetta, kun liikkeeseen yhdistetään ojennus tai koukistus. (Kapandji 1997, 10–12.) Olkanivelen kaikki liikesuunnat on esitelty kuvassa 5.

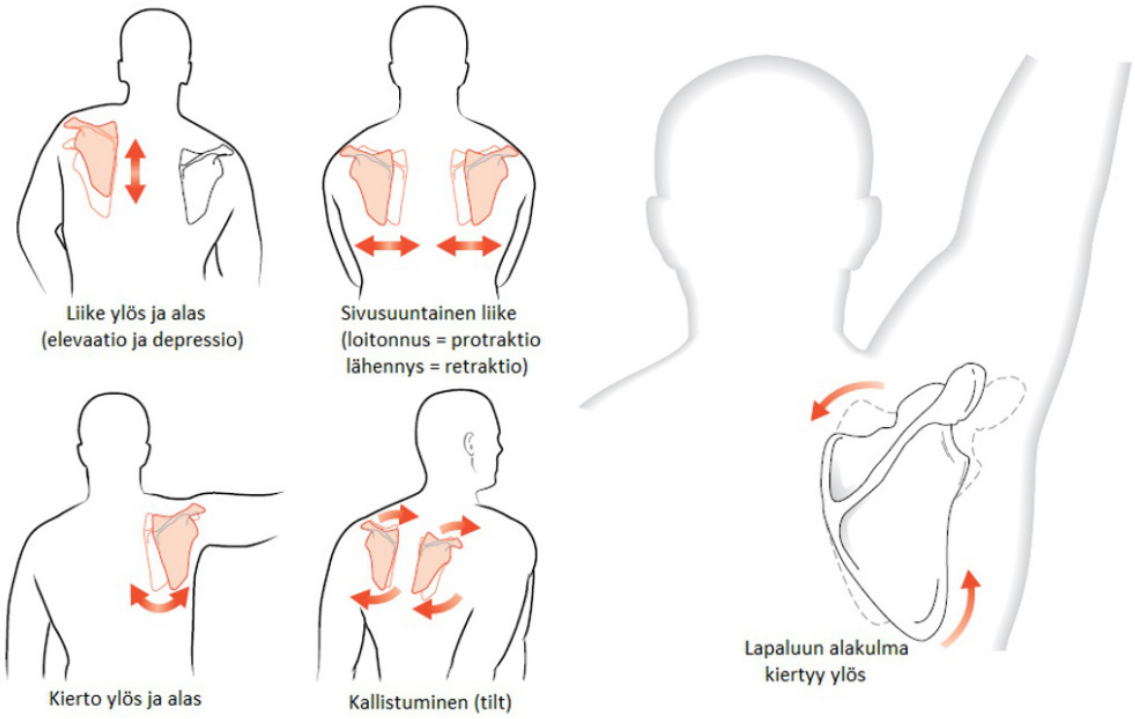


Kuva 5. Olkanivelen liikesuunnat (Musculoskeletal Key 2016).

Samalla, kun olkaniveltä ympäröivät lihakset osallistuvat GH-nivelen liikkeisiin, kiertäjäkalvosimen lihakset painavat olkaluun päätä lapaluun nivelpintaa vasten, varmistaen sen pysymisen nivelkuopassa. AC-nivelen tukevuus puolestaan perustuu ligamenttien antamaan tukeen (acromioklavikulaari- ja korakoklavikulaariligamentti). SC-nivel pysyy paikoillaan ligamenttien sekä vahvan nivelkapselin välityksellä. SC-niveltä tukevat osaltaan myös kaulan lihaksisto. (Alaranta 2003, 120–121.)

3.5 Humeroscapulaarinen rytmi

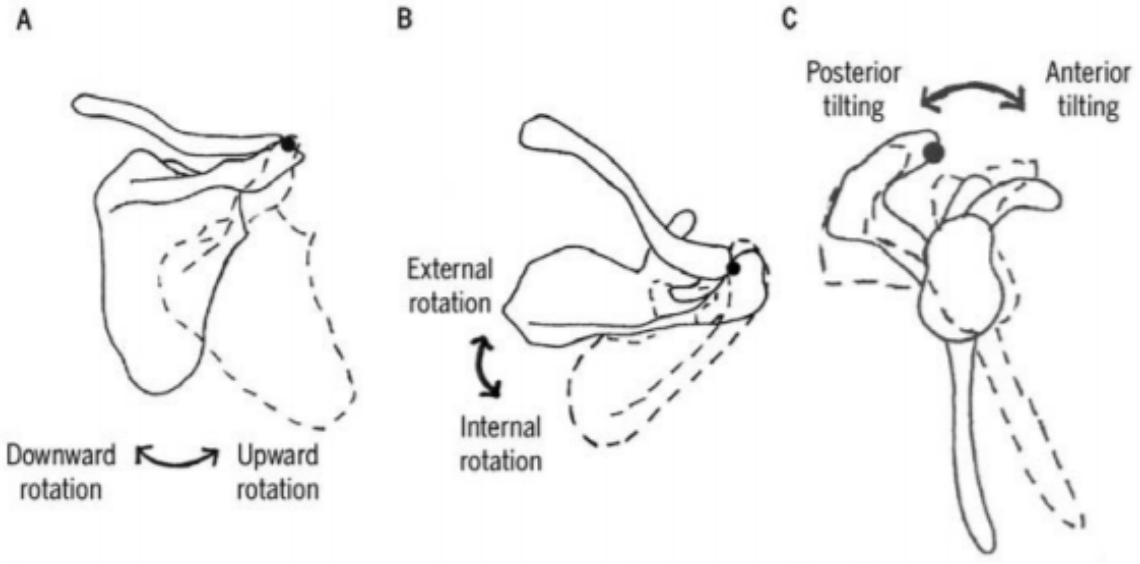
Erityisesti lapaluulla on todella merkittävä rooli olkanivelen oikeanlaista toimintaa ajatellen. Lapaluu on mukana kaikissa olkanivelen toiminnoissa. Lapaluun täytyy esimerkiksi pystyä kiertymään ylös- sekä ulospäin ja kallistumaan taaksepäin, jotta olkanivel pystyy saavuttamaan kolmiulotteiset liikesuuntansa. (Di Giacomo ym. 2008, 2.) Kuvassa 6. näkyvät lapaluun liikkeet kaikkiin liikesuuntiin.



Kuva 6. Lapaluun liikesuunnat (Hänninen & Koivuranta 2016).

Lapaluu, olkapää ja olkavarsi toimivat aina yhdessä, joko stabiloiden tai liikuttaen toisiaan tiettyyn suuntaan. Ne työskentelevät humeroscapulaarisen rytmin mukaan, jossa tarkastellaan lapaluun, olkaluun ja solisluun liikettä olkanivelen ollessa loitonnuksessa ja koukistuksessa. (Saresvaara & Ojala 2000, 104.)

Lapaluun asento suhteessa rintakehään ja sen kontrolli liikkeen aikana on kriittinen tekijä olkapään normaalissa toiminnassa. Yläraajaa kohotettaessa pään yläpuolelle, lapaluun tulisi kiertyä ylöspäin ja kallistuu posteriorisesti (posterior tilt) suhteessa rintakehään (Kuva 7). Ylöspäin kiertyminen on hallitseva liike lapaluussa. (Ludewig & Reynolds 2009.)



Kuva 7. Lapaluun liikkeet; A - Alas- ja ylöspäin kiertyminen, B – Ulko- ja sisäkierto, sekä C – Kallistuminen posteriorisesti ja anteriorisesti. Liikkeen akselit merkitty kuvaan pisteillä. (Ludewig & Reynolds 2009).

Koehenkilöillä, tutkimuksissa, elevaation tasoissa ja elevaation liikeradoissa on todettu vaihtelevuutta, kun tutkitaan lavan liikettä suhteessa sisäkierron kulmaan. Pieni lapaluun sisäkierron lisääntyminen yläraajan kohotuksen alkuliikeradalla tehdessä lapatasossa loitonnusta ja koukistusta voi olla normaalia. On yleisesti todettu, että kohotuksen loppuliikeradalla on lapaluun ulkokiertoa terveillä henkilöillä, vaikka tästä on rajoitetusti tietoa saatavilla. (Ludewig & Reynolds 2009.)

Lapa-rintakehän liikkeenhallintaan liittyy yhdistetysti SC- ja AC nivelen liikkeet. Olennaiset kolmiuloitteiset liikkeet esiintyvät, sekä SC- ja AC-nivelessä yläraajan kohtotuksen aikana. Solisluussa on pientä elevaatiota ja ja retraktiota, kun yläraaja kohotetaan pään yläpuolelle. Samanaikaisesti lapaluu kiertyy ylös- ja sisäänpäin, sekä kallistuu posteriorisesti suhteessa solisluuhun AC-nivelessä. (Ludewig & Reynolds 2009.)

Ludewigin & Reynoldsin (2009) mukaan perinteisesti kuvatut lapa-rintakehän liikkeet elevaatio/depressio ja loitonnus/lähennys ovat peräisin solisluun liikkeistä SC-nivelessä. Lapa-rintakehä elevaatio on tulos SC-nivelen elevaatiosta ja loitonnus/lähennys on tulos SC-nivelen protraktiosta ja retraktiosta.

3.6 Olkanivelen kapseli ja labrum

Nivelkapseli on löysä olkaniveltä ympäröivä kerros, jota vahvistavat nivelsiteet. Se kiinnittyy olkaluun anatomiseen kaulaan ja lapaluun nivelkuopan reunoihin. Olkanivelen kapseli sietää suuria liikelaajuuksia, mutta on nivelsiteiden kanssa tiukimmillaan silloin, kun olkavarsi on 90 asteen loitonnuksessa. Nivelsiteet, jotka muodostavat kapselia ympäröivän kerroksen voidaan jakaa kolmeen osaan: ylempi (superiorinen), keskimmäinen (mediaalinen) ja alempi (inferiorinen) glenohumeraaliligamentti. Nivelkapselin tehtävänä on ylläpitää alipainetta nivelessä. Se auttaa ylläpitämään olkanivelen stabiliteettia, mutta alipaine poistuu kapselista, jos se avataan kirurgisesti tai siihen on tullut kapselivaurio. Nivelkapseli ja nivelsiteet toimivat myös asentototunnon aistielimenä ja tuottavat sensorista tietoa, jonka avulla olkanivelen lihakset toimivat oikea-aikaisesti. (Virtapohja ym. 2002, 42.)

Nivelkuoppaa ympäröi rustoinen rengas (labrum glenoidale), joka on poikkileikkaukseltaan kolmion muotoinen. Sen pinnat voidaan jakaa kolmeen osaan: nivelkapselia tukeviin nivelsiteisiin kiinnittyvään ulko- ja sisäpintaan, joka jatkuu ruston peittämänä nivelkuoppana, sekä kantapintaan, joka kiinnittyy nivelkuopan reunaa. Labrumin yläosa ei ole täysin kiinni luussa, ja sen sisäreunus on vapaana nivelontelossa. Labrumin tehtävänä on stabiloida niveltä lisäämällä sen kontaktipintaa ja toimia nivelsiteiden kiinnityskohtana. Sen reunuksen yläosaan kiinnittyy hauiksen pitkän pään jänne ja ala reunaan alempi glenohumeraaliligamentti. Myös labrum pitää yllä alipainetta, joka on tärkeää nivelen stabiliteetin kannalta. (Virtapohja ym. 2002 42–43.)

4 MITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI

Luotettavuutta tarkastellaan tieteellisessä työssä kahden eri pääkäsitteen, reliabiliteetin ja validiteetin, avulla. Luotettavuuden tarkastelulla pyritään siihen, että saadut tulokset ovat oikeita. (Kananen ym. 2015, 343.) Mittausominaisuuksilla tarkoitetaan mittausmenetelmän kykyä mitata sitä, mitä on tarkoitus mitata (validi-

teetti), kykyä tuottaa mittaustuloksia toistettavasti (reliabiliteetti), sekä sillä pystytään havaitsemaan muutosta (muutosherkkyys) mitattavassa asiassa (Autti-Rämö ym. 2016, 210).

4.1 Validiteetti

Validiteetti tarkoittaa mittausmenetelmän pätevyyttä mitata sen käyttötarkoituksen mukaista asiaa ja kohderyhmää johon sitä käytetään (Autti-Rämö ym. 2016, 210). Validiteetti muodostuu monesta erillisestä osiosta. Ilmivaliditeetin (face validity) tehtävänä on selvittää mittaako mittausmenetelmä haluttua asiaa, mitä sen on tarkoitus mitata. Sisältövaliditeetti (content validity) kertoo kuinka hyvin mittausmenetelmän sisältö vastaa mitattavaa ominaisuutta. Krtiteerivaliditeetti (criteration validity) jaetaan ennuste- ja samanaikaiseen validiteettiin, sillä kuvataan tuloksien yhdenmukaisuutta kultaisen standardin kanssa. Kultainen standardi on ulkoisesti määritelty kriteeri, jolla kuvataan parasta mahdollista arviointimenetelmää aihealueesta tulosten luotettavuuden osalta. Ennustevaliditeetti (predictive validity) kuvaa mittarin kykyä ennustaa tulevaa tapahtumaa. Rakennevaliditeetti (construct validity) kuvaa mittausmenetelmän antamien tuloksien johdonmukaisuutta mitattavaan asiaan nähden. (Valkeinen ym. 2014.)

Muutosherkkyys (responsiveness) kuvaa mittarin kykyä havaita ajan saatossa tapahtuvia muutoksia ominaisuudessa, jota tarkastellaan. Se on osa validiteettia, mutta erona niiden välillä on tarkastelun kohde, kun muutosherkkyyden tarkastelussa verrataan kahden mittauskerran tuloksia, niin vastaavasti validiteetissa tarkastelun kohteena on yhden mittauskerran tulokset. (Valkeinen ym. 2014.)

4.2 Reliabiliteetti

Reliabiliteetti tarkoittaa sitä, kuinka paljon mittausvirheitä mittauksissa esiintyy. Se kuvailee kuinka luotettavasti ja toistettavasti käytettävä mittausmenetelmä mittaa valittua aihetta. Reliabiliteetti termi kattaa toistettavuuteen ja mittausvirheeseen, sekä myös mittarin yhteneväisyyteen liittyvät asiat. (Valkeinen ym. 2014.) Toistettavuudesta puhutaan, kun tehdään uusi mittaus asiakkaan tilanteen säilyessä ennallaan. Toistettavuutta voi arvioida monin eri keinoin. Toistettavuuden

keinoja ovat saman mittaajan sisäinen (intra-rater reliability), eri mittaajien välinen (inter-rater reliability), sekä eri ajankohtina toteutettavien uusintamittausten toistettavuus (test-retest reliability). (Autti-Rämö ym. 2016, 210.) Reliabiliteettiin liittyy myös sisäinen yhteneväisyys (internal consistency), jonka tarkoitus on määritellä, kuinka samankaltaisia yksittäiset tehtävät tai kysymykset ovat toisiinsa verrattuna (Valkeinen ym. 2014).

ICC on laajalti käytetty luotettavuusindeksi, jota käytetään tutkimusten test-retest, intrarater- ja interrater vaiheiden luotettavuuden arvioimiseen. Erilaisia ICC muotoja on 10 ja sen takia tutkijoiden olisi erikseen määriteltävä tutkimuksessaan, mitä ICC määritelmää he käyttävät laskelmissaan. Jos ICC-muotoa ei ole määritelty, tutkimuksissa käytettävät lomakkeet ja laskelmat voivat johtaa eriäviin oletuksiin sekä tulkintoihin. Tutkimuksen suunnittelu ja perusteellinen tarkastelu ovat välttämättömiä, kun valitaan ICC:n asianmukaista muotoa. Tutkimuksia tarkastellessa lukijoiden onkin ensin tarkastettava, löytyykö tutkimuksesta asianmukainen ICC-muoto. ICC on saatettu tutkimuksessa ilmoittaa esimerkiksi: 0.5 = huono, 0.5 – 0.75 = kohtalainen, 0.75 – 0.9 = hyvä ja > 0.9 = erinomainen luotettavuus. (Koo & Li 2016.)

SEM (Standard error of measurement) eli mittausvirheen keskihajonta mittauksessa tai testauksessa. Sitä käytetään kuvaamaan mittausvirheen vaikutusta yksittäisiin mittaustuloksiin. Testin ollessa täysin luotettava, mittausvirheen keskihajonta on 0. (Huang & Leong. 2016.) SEM määritellään varianssin ja reliabiliteetin (ICC) tulona. Mitä suurempi varianssi ja mitä pienempi reliabiliteetti, sitä suurempi on mittauksen keskivirhe. Mittauksen keskivirheen yksikkö esitetään käytettävän mittarin yksikkönä esimerkiksi voimaa mitattaessa kg tai N. Tämä antaa tietoa siitä, missä rajoissa testattavan suoritus vaihtelee pelkän mittausvirheen vaikutuksesta. Reliabiliteetin ollessa suuri on SEM pieni. (Valkeinen ym. 2014.)

MDC/SDC (Minimal/Smallest Detectable Change) eli tilastollinen arvio pienimmästä muutoksen määrästä, joka voidaan havaita kyseistä mittausmenetelmään käyttäen (AbilityLab. 2016). Kaikki mittarin ilmoittamat muutokset eivät välttä-

mättä ole todellisia tai oikeita, etenkin pienet muutokset voivat olla seurausta mittausvirheestä. Oleellista on tietää mikä on todellinen pienin mittarilla havaittavissa oleva muutos eli SDC, joka on yhteydessä reliabiliteettiin ja keskivirheeseen (SEM). Se osoittaa kuinka paljon tulokset vaihtelevat testattavilla, joilla ei tapahtunut muutoksia (eli tulokset pysyivät stabiileina). (Valkeinen ym. 2014.)

SDC määritellään usein Bland-Altmanin metodilla, jolloin tulosten jääminen 95 %:n yhtäpitävyysrajojen sisäpuolelle voidaan käsittää mittausvirheeksi. Puolestaan tulosten ylittäessä yhtäpitävyysrajat voidaan ne olettaa olevan mittausvirhettä suurempia todellisia muutoksia. SDC:n yhteys mittauksen keskivirheeseen kuvaa, että jopa käytettäessä mittausvirheeltään pieniä mittareita voidaan suhteellisen pienetkin huomatut muutokset määritellä todellisiksi muutoksiksi. Mittarin mittausvirheen ollessa suuri pitää myös mitattujen muutosten olla huomattavia, että voidaan varmistua siitä, etteivät ne johdu mittausvirheestä. SDC tulokset ilmaistaan käytetyn mittarin mittayksikköinä. (Valkeinen ym. 2014.)

5 LIHASVOIMAN MITTAAMINEN

Fyysisen aktiivisuuden arviointimenetelmät voidaan jaotella kahteen ryhmään, subjektiivisiin ja objektiivisiin menetelmiin. Subjektiivisia menetelmiä ovat kysely, haastattelu sekä päiväkirjamalliset menetelmät. Objektiiviset menetelmät perustuvat laitteilla tehtäviin keinoihin. (Vuori ym. 2011, 77.) Voimantuotto-ominaisuudet voidaan jaotella maksimi-, nopeus- sekä kestovoimaan, kaikkia näitä ominaisuuksia voidaan kehittää fyysisellä harjoittelulla ja ne ovat merkittävässä roolissa hyvinvointia ylläpitäessä (Keskinen 2004, 125).

Riittävät lihasvoimat ylläpitävät lihasten toimintakykyä, jolla on vaikutusta esimerkiksi loukkaantumisriskiä ajatellessa ja hyvät lihasvoimat luovat myös paremmat edellytykset arjesta selviytymiseen. Voimantuottoa vaaditaan eri liikkeissä sekä lajeissa, sadan millisekunnin nopeusvoimasuorituksista aina tuhansia toistoja sisältäviin kestovoimasuorituksiin. Sen takia tutkittaessa on huomioitava erityisesti voimantuottovaatimuksia eri suorituksissa ja, mitkä testit kuvaavat parhaiten suorituksen tai lajin vaatimuksia. Voimanmittaamisen vasta-aiheina pidetään kipua,

turvotusta, liikerajoituksia sekä nivelten instabiliteettia, koska niistä kaikki voivat heikentää lihaksen voimantuotto-ominaisuuksia. (Keskinen 2004, 125.)

Voima jaetaan eri ominaisuuksiin motoristen yksiköiden rekrytoinnin tavan ja määrän mukaan sekä sen hetkisen energiantuottovaatimusten perusteella. Maksimivoimasta puhutaan lihasjännitystason noustessa korkeimpaan mahdolliseen tilaan, silloin voimantuottoaika on yleensä suhteellisen pitkä. Nopeusvoimassa voimantuottoaika on lyhyt ja kyseessä on suuri voimantuottonopeus. Kestovoimassa on kyse voimatasoa ylläpidettäessä pidemmän ajanjakson aikana tai, kun tiettyjä voimatasoja toistetaan useita kertoja peräkkäin, lyhyillä palautusajoilla. (Keskinen 2004, 125.)

Supistuskäsky kohti lihaksia alkaa isoaivojen motoriselta alueelta (Keskinen 2004, 125). Syntyvät hermoimpulssit kulkevat hermoratoja pitkin aivorungon ja selkäytimen kautta haluttuun lihakseen. Tällöin lihas supistuu ja lihassolut tuottavat voimaa. Voimantuotto johtaa siis lihaksen lyhenemiseen ja samalla liikkeeseen. Lihas kiinnittyy jänteen avulla kahteen tai useampaan luuhun ja supistuessaan se vetää luita toisiaan kohti, jolloin liike syntyy. Raajojen liike syntyy nivelen tai liitoksen ja lihaksen supistumisesta. (Aaltonen ym. 2016, 52–53.) Lihasaktivoinnin ajoituksen sekä määrän lisäksi voimantuoton voimakkuuteen vaikuttavat lihaksen poikkipinta-ala, lihastyötapa ja lihaksen pituus (Keskinen 2004, 125–127). Puolestaan niveliä tutkittaessa on erityisestä kiinnitettävä huomiota nivelen liikesuuntiin, liikelaajuuksiin ja mahdollisiin rajoituksiin, esimerkiksi lukkotiloihin (Leppäluoto ym. 2017, 71).

Yhteistoiminnassa jonkin liikkeen aikana olevia lihaksia kutsutaan keskenään synergistisiksi (Nienstedt 2009, 146). Kaikilla lihaksilla on oltava myös vastavaikuttajapari, koska lihakset pystyvät ainoastaan vetämään, eivät työntämään. Lihakset muodostavat pareja, joista toinen osallistuu vastakkaissuuntaisen liikkeen muodostamiseen, toiseen lihakseen verrattuna, esimerkiksi iso rintalihas ja leveä selkälihas muodostavat yhdessä vastavaikuttajaparin. Lihaksen supistuessa liikkeen aikaansaamiseksi, sanotaan lihasta agonistiksi. Kun agonisti lihas supistuu, vastavaikuttajalihas eli antagonisti rentoutuu sekä venyy samalla passiivisesti.

Antagonistien tehtävänä on kuitenkin jännittyä sen verran, ettei liikkeistä tule liian laajoja. Ainoastaan harvat liikkeet johtuvat yhden lihaksen supistumisesta. (Parker 2010, 73.)

Lihassupistus jaetaan isometriseen sekä dynaamiseen lihassupistukseen, dynaaminen lihassupistus voidaan jakaa vielä konsentriseen ja eksentriseen voimantuottoon (Keskinen 2004, 128). Lihastyötavoista puhuttaessa, isometriseksi voimantuotoksi kutsutaan lihassupistuksen (lihaskontraktio) aikaista työtä, jossa lihaksen pituus ei muutu. Supistus on isometrinen, jos asento säilyy lihasten supistumisen aikana samana tai, kun kuorma on niin raskas, ettei sitä saa liikkumaan. Puolestaan isoinertiaalisesti (aikaisemmin isotoninen) supistuksen aikana lihaksen pituus muuttuu. Lihaksen lyhentyessä, supistumisen johdosta, on kyse konsentrisesta lihastyöstä. Eksentrisen lihastyön aikana lihas joutuu venymään, vaikka sen tavoitteena on supistuminen. Eksentrisen vaiheen aikana lihas on kaikkein voimakkaimmillaan. (Nienstedt 2009, 146–147.)

Tehokkaaseen liikkeeseen vaaditaan lihasten ja hermoston yhteistoimintaa, kussakin erinäisen liikkeen vaiheessa lihaksiin lähtee liikemääräyksiä hermoston kautta. Liikesuorituksen teho perustuu siihen, kuinka hyvin ihminen pystyy hallitsemaan juuri oikeita lihaksia, lihaksen supistumisen kautta. (Nienstedt 2009, 147–148.) Samalla lihaksen aktivaatiotaso on lähestulkoon suorassa yhteydessä voimantuottoon (Keskinen 2004, 128). Liikkeen eri vaiheissa myös nivelten kulmilla on merkittävä vaikutus voimantuoton kannalta (Nienstedt 2009, 147–148).

Keskushermostolla on keskeinen rooli tahdonalaisessa voimantuotossa. Keskushermosto säätelee motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssiä ja aktiivisten yksiköiden lukumäärää. Tällaista lihasten aktiivisuutta voidaan mitata esimerkiksi elektromyografian (EMG) avulla. EMG –tutkimus mittaa lihaksessa toimivien motoristen yksiköiden yhteisaktiivisuutta, lihassolujen pinnalta välittyvän aktiopotentiaalin mukaan, joka kulkee lihasta ympäröivien solujen kautta ihoon asti. EMG:llä voidaan kuvata kokonaisvaltaisesti lihaksen aktivoitumistasoa sekä määrää ja

ajoitusta. (Keskinen 2004, 127.) Lihaksen aktiopotentiaalien kautta saadusta tiedosta voidaan tutkia lihaksen kuormitusastetta sekä hermojen lihaksiin kuljettamien viestien määrää (Kauranen & Nurkka 2010, 303).

5.1 Voimanmittaamisen luotettavuus ja toistettavuus

Ennen mittaamista tulee aina miettiä käytettävien testien luotettavuutta ja toistettavuutta. On myös syytä miettiä käytössä olevien mittausmenetelmien sekä laitteiden vaikuttavuutta haluttua ominaisuutta selvittäessä. Voidaanko esimerkiksi isometrisellä ja isoinertiaalisella menetelmällä selvittää samoja voimantuottoon vaikuttavia ominaisuuksia. Testien toistettavuuteen vaikuttavat aina muun muassa yksilöllinen vaihtelu suorituskyvyssä eri päivien välillä ja sen takia testaamisen aikana on otettava huomioon useita asioita. (Keskinen 2004, 135.)

Testaamisen toistettavuuteen vaikuttavat:

- **Testattava:** Ikä, sukupuoli, harjoitustausta, suorituskyky, lepo, kuormitustaso, terveys, lääkitys ja motivaatio.
- **Testilaitteet:** Laitteiden on oltava kunnossa. Testien tulokset saattavat olla laitekohtaisia.
- **Testaaja:** Hänen on oltava perillä testausmenetelmien tarkoituksesta, ohjeista ja mittaustavoista.
- **Ympäristö:** Ympäristön on oltava häiriötön ja voimanmittaamista varten soveltuva. Laboratorio- vai kenttäolosuhteet. (Keskinen 2004, 135–137.)

Testaamisen luotettavuuteen vaikuttavat:

- **Spesifisyys:** Mitattavien muuttujien ja testimenetelmien tarkoituksenmukaisuus.
- **Validiteetti:** Testimenetelmien pätevyys.
- **Reliabiliteetti:** Testimenetelmien luotettavuus.
- **Kontrolloitavuus:** Testaustilanteen valvonta ja kontrollointi.
- **Toistuvuus:** Testaamisen säännöllisyys.
- **Yksilöllisyys:** Testaukseen osallistuvien oikeuksien kunnioittaminen. (Vuori ym. 2011, 105.)

Ennen testausprosessin aloittamista on testattavalle kerrottava tarkasti, minkälaisia testejä tullaan tekemään ja miksi. On varmistettava, että testattava ymmärtää tilanteen ja hänelle on annettava tarvittavat tiedot testaukseen osallistumista varten, esimerkiksi vaatetuksesta on informoitava. Jokaisen testin alussa on testattavan terveydentila selvitettävä mahdollisten akuuttien sairauksien poissulkemiseksi. Testi voidaan aloittaa, kun esitiedot ovat kunnossa ja testattavalle on annettu viime hetken ohjeet suoritusta varten. Testattavaa ei jätetä testin missään vaiheessa yksin, vaan hänen toimintaansa ja hyvinvointiaan on seurattava. (Vuori ym. 2011, 106–107.)

Mittausolosuhteilla saattaa olla merkittävä vaikutus lopullisiin mittaustuloksiin, koska laboratorio- ja kenttäolosuhteita verrattaessa muuttujia on useita. Mittaukset eroavat toisistaan mahdollisesti laitteiden, tilojen ja henkilökunnan suhteen. Laboratoriomittaukset edellyttävät kouluttautuneita mittaajia, erikoistiloja ja suhteellisesti kalliimpia laitteita sekä vakioituja olosuhteita. Kenttämittaukset ovat laboratoriomittauksiin usein vaatimattomampia. (Vuori ym. 2011, 97.) Laboratoristen testien kautta pystytään tarkkailemaan lihasten aktivaatiota, tehoa, voimaa ja nopeutta tarkasti. Kenttätesteissä puolestaan mittauksen analyysi rajoittuu usein lopputulokseen, kuten voiman suuruuteen kilogrammoissa. Laboratoriotestien etu onkin parempi toistettavuus ja kenttätestien vahvuus on suoranainen lajinomaisuus. Voimanmittausta tehdessä on joka tapauksessa kuormamäärän sekä mittauslaitteiden oltava aina kalibroitavissa mahdollisimman luotettavan tuloksen varmistamiseksi. (Vuori ym. 2011. 119.)

Testituloksien luotettavuutta ja toistettavuutta tulkittaessa on huomioitava kokonaisuutta. Liian tarkkoja ja laajoja johtopäätöksiä kannattaa välttää. Testituloksia voidaan vertailla esimerkiksi samaa sukupuolta ja ikäjakaumaa olevien viitearvoihin. (Keskinen 2004, 135–138.) Fyysisille ominaisuuksille ei pystytä välttämättä asettamaan raja-arvoja, joka takaisi fyysisen kunnon ylläpidon, koska joillekin keskiarvoon yltävä tulos saattaa olla hänen tilanteessaan mahtava, mutta toiselle sama tulos saattaa olla riittämätön (Vuori ym. 2011, 117). Tuloksia tulee aina tarkastella kriittisesti huomioiden toistettavuuteen vaikuttavat tekijät (Keskinen 2004, 138).

5.2 Voimanmittaamisen menetelmät

Olkapään voimanmittaaminen voidaan suorittaa käyttämällä kiinteää dynamometria (SD eli stationary dynamometer), manuaalista lihastestausta (MMT eli manual muscle testing) tai kädessä pidettävää dynamometria (HHD eli hand-held dynamometry). SD:t voivat mitata, joko dynaamista tai staattista lihasvoimaa, sekä mahdollistavat lihaksen suorituskyvyn testaamisen eri nopeuksilla tai lihastensupistumisen eri muodoissa (dynaaminen, isometrinen ja isotoninen). (Roy ym. 2009.) Tavallisesti suurten lihasryhmien isometristä voimaa mitataan dynamometreillä ja maksimaalista supistusvoimaa määritetään isometrisesti, koska tässä supistusmuodossa voimat ovat helposti mitattavissa (Vuori ym. 2011, 95).

Ihmisen liikkuminen perustuu dynaamiseen lihastyöhön, joka saattaa tuottaa joissain mittauksissa rajoituksia, jos ihminen ei pysty tuottamaan voimaa dynaamisesti tarpeeksi tehokkaasti. On myös huomioitava, että dynaaminen ja isometrinen lihastyö poikkeavat toisistaan huomattavasti sekä hermostollisesti, että mekaanisesti. Dynaamiset suoritukset sisältävät yleensä elastisen energian hyväksikäyttöä, venymisen ja supistumisen kautta. (Keskinen ym. 2004, 138–139).

Isometrisillä testeillä voidaan mitata tehokkaasti yksittäisten lihasten tai lihasryhmien voimantuotto-ominaisuuksia tietyillä nivelkulmilla. Isometristä maksimivoimaa mitattaessa, testattava tuottaa mahdollisimman paljon voimaa lyhyessä ajassa. (Vuori ym. 2011, 113–114.) Voimaa tuotetaan liikkumatonta pintaa vasten ja voimantuottoa voidaan mitata yhdestä tai useammasta suunnasta (Keskinen ym. 2004, 139). Isometrisen lihasvoimanmittauksen aikana lihaksen pituus ei muutu ulkoisesti (Kauranen & Nurkka 2010, 280). Tulosten avulla pystytään muun muassa seuraamaan kuntoutuksen etenemistä sekä tietoja voidaan hyödyntää myös yksilön analysointia varten. Mittausten osalta on erityisesti kiinnitettävä huomiota nivelkulmien vakiointiin, jotka on syytä määritellä goniometrin avulla. Isometrisen voimantuoton mittaamisen vahvuuksia ovat toistettavuus, käytännöllisyys, turvallisuus ja suoritettavuus sekä usein myös hinta. (Vuori ym. 2011, 113–114.)

Isoinertiaalista voimanmittaamista tehdään vakioidun kuorman pysyessä koko suorituksen ajan samana. Suorituksen aikana voimantuoton vaatimuksen sekä elimistön kuormitus voivat vaihdella. Nivelkulmat ja liikenopeus muuttavat lihasten jännitystasoa suorituksen aikana. (Vuori ym. 2011, 114–115.) Tilanteissa, joissa lihas joutuu tuottamaan voimaa lihasta venyttävää kuormaa vasten, vaikuttavat voimantuottoon lihaksen lisäksi merkittävästi myös sidekudosrakenteet (Keskinen ym. 2004, 129). Vaihtelu johtuu kiihtyvästä ja hidastuvasta liikkeestä ja niiden muutoksista nivelten liikeratojen eri kohdissa, esimerkkinä painonnosto. Isotonista voimantuottoa tarvitaan jokapäiväisessä liikkumisessa. Isotonista voimaa mitataan tavallisimmin yhden toiston maksimi- tai toistomaksimin aikana. Mittauksessa tulee huomioida testisuoritusten liikenopeus, aineenvaihdunnalliset sekä hermostolliset vaatimukset ja nivelten liikeradat. (Vuori ym. 2011, 114–115.)

Isokineettisessä testauksessa puolestaan liikkeen nopeus on vakioitu. Yleisimmin mittaus suoritetaan ojennus-koukistusliikkeen omaaviin nivelille, kuten polvinivelelle, mutta nykyisillä laitteilla voidaan mitata myös eri liikesuuntia, esimerkiksi olkanivelen liikesuuntien osalta. Isokineettisiä mittaustapoja on useita, koska sitä ei ole maailmanlaajuisesti standardoitu ja tapoja on käytetty erityisesti kliinisissä tarkoituksissa, kuten kuntoutuksen seuraamisessa. (Vuori ym. 2011, 114.) Isometrisiin mittaustekniikkoihin verrattuna isokineettisten tekniikoiden etu on se, että niiden avulla voidaan tehdä voimanmittaus samanaikaisesti koko nivelen liikeradalla sekä kahdesta lihaksesta (agonisti ja antagonisti) (Kauranen & Nurkka, 2010, 285). Isokineettisellä voimanmittauksella voidaan analysoida muun muassa voimantuottoa eri nivelkulmilla, työn määrää, voiman huippu- ja keskimääräistä tehoa (Vuori ym. 2011, 114).

Isokineettistä dynamometria (SD) pidetään yleisesti hyväksyttynä lihasvoiman mittaamisen ja lihaksen suorituskyvyn arvioimisen välineenä, koska sitä käytetään vertailumenetelmänä muille lihasvoimaa mittaaville laitteille. Isometristä voimaa mitatessa isokineettinen dynamometri on osoittanut erinomaista mittauksen ja mittauskertojen välistä luotettavuutta, sekä sillä voidaan tehdä päteviä mittauksia vain 1 % mittausvirheen mahdollisuudella. Laite on kuitenkin erittäin kallis ja

laitteen käyttäminen vaatii testaajalta asiantuntevaa koulutusta. Isokineettistä dynamometria on myös vaikea siirtää ja se vaatii ympärilleen paljon tilaa. (Martins ym. 2017, 1–2.) Menetelmän heikkoutena voidaan myös pitää sitä, että sillä voidaan mitata ainoastaan yksi nivelkulma kerrallaan, jolloin lihas mahdollisesti kerkeää väsymään, jos aiotaan mitata lihaksien voimantuottoa useamman nivelkulman mukaan (Kauranen & Nurkka 2010, 282).

MMT on manuaalinen tekniikka, jolla arvioidaan jonkin liikesuunnan pääasiallisen lihaksen tuottamaa voimakkuutta. Sitä käytetään diagnostisten testien lisäksi esimerkiksi lihasvoiman kehittämiseen. (Yoshida ym. 2017.) MMT on yksi yleisin käytetyistä menetelmistä ja se on tekniikaltaan helppo toteuttaa. Sillä on kuitenkin vaikea arvioida lihasten voimakkuuden pieniä muutoksia, sekä esittää objektiivista tietoa muutoksista. (Celik ym. 2012,1; Roy ym. 2009.) Se on katsottu Beasleyn (1956) mukaan olevan tehoton erottelemaan lihasten suorituskykyä eri voimatasojen välillä (Roy ym. 2009).

5.3 Kädessä pidettävä dynamometri

Kädessä pidettävää dynamometria käytetään kliinisissä tutkimuksissa mitattaessa isometristä lihasvoimaa vaihtoehtona isokineettiselle dynamometrille. HHD:n etuina pidetään sen siirrettävyyttä, edullisuutta ja helppokäyttöisyyttä. (Martins ym. 2017, 1–2.) HHD voidaan sijoittaa testaajan käden ja potilaan testattavan kehonosan väliin samoin tavoin, kuin suoritettaisiin manuaalista lihastestausta, mutta se antaa määrällisen mittaustuloksen (Kuva 8). HHD:n ja SD:n kustannusero on melko suuri. Isokinetiikkalaite voi maksaa 30 000 € tai enemmän, kun taas HHD kustannukset ovat noin 1000 €. Isokineettisten laitteiden tietokoneistus ja monimutkainen mekaniikka voivat lisätä sen kustannuksia. Molemmat laitteet tulisi kuitenkin kalibroida, joka voi lisätä kuluja vuositasolla. (Stark ym. 2011.)

Kuva 8. MicroFET 2 kädessä pidettävä dynamometri toiminnassa (Lojer Oy 2015).

Viime vuosina HHD validiteettia ja reliabiliteettia on tutkittu lihasvoiman mittaamisessa (Shimanda ym. 2017). Huolimatta lupaavista tuloksista, joissakin tutkimuksissa on ollut luotettavuusongelmia mitattaessa, kuten testaajan voima, potilaan raajan stabilointi, testattavan voima, testiasento ja nivelen asento. Nämä tekijät voivat vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. (Celik ym. 2012,1; Roy ym. 2009.)

6 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla on tarkoitus selvittää mikä on viimeisin tutkimustieto olkanivelen voimanmittaamisesta kädessä pidettävällä dynamometrilla sekä selvittää, ovatko mittausmenetelmät luotettavia ja toistettavissa yhden testaajan tekemien mittausten välillä ja eri testaajien tekemänä. Katsauksesta saatua tietoa voidaan hyödyntää olkanivelen lihasvoiman seuraamisessa kuntoutuksessa sekä kädessä pidettävän dynamometrin käytettävyyttä fysioterapeutin apuvälineenä.

Tutkimuskysymykset:

1) Ovatko kädessä pidettävällä dynamometrilla tehdyt olkanivelen isometriset voimanmittaukset luotettavia olkanivelen kaikissa liikesuunnissa?
2) Ovatko käytettävät olkanivelen voimantuottoa mittaavat menetelmät toistettavissa yhden testaajan sekä useamman testaajan välillä?

6.1 Tutkimusmenetelmä

Kirjallisuuskatsauksen tehtävänä on arvioida ja kehittää olemassa olevaa teoriaa sekä teoreettista ymmärrystä. Katsausmenetelmiä on useita, mutta pääsääntöisesti ne voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat kuvaileva katsaus, määrällinen ja laadullinen meta-analyysi sekä systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään löytämään olemassa olevaa tutkimustietoa systemaattisesti, tarkastelemaan tietojen laatua sekä tekemään löydetyistä tiedoista analyysi ja synteesi. Keskeisin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen piirre on vastauksien tarkka etsiminen, jotka usein liittyvät kliiniseen kysymykseen. Systemaattisessa katsauksessa keskeinen lähtökohta on tarkasti suunniteltu tutkimuskysymys, sekä siihen liittyvät menetelmät ja menettelytavat. Tutkimuksia etsiessä mukaanotto- ja poissulkukriteerien on oltava jäsentyneitä, jotta katsaustuloksesta saadaan luotettava ja tutkimuskysymykseen onnistutaan vastaamaan tehokkaasti. (Stolt ym. 2016, 7–15.)

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus etenee vaiheittain. Vaiheet voidaan jaotella esimerkiksi katsauksen suunnitteluun, tekemiseen, analysointiin ja synteesiin sekä lopullisen katsauksen raportointiin. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen toteutuksessa on erityisen tärkeää valita katsauksen tekomenetelmät, hakutermit ja käytettävät tietokannat, laadukkaan katsauksen takaamiseksi. Mukaanotto perusteiden mukaan valitut tutkimukset on analysoitava sisällöllisesti tutkimuskysymyksen mukaan ja kaikista katsauksen vaiheista on pidettävä kirjaa tarkasti, katsauksen onnistumisen osoittamiseksi. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus päätetään tuloksien raportointiin ja johtopäätöksiin. (Johansson ym. 2007, 5–7.)

Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tiedonhaun on oltava järjestelmällistä sekä toistettavissa. Käytettävien tutkimusten valitsemista varten on syytä käyttää tarkasti valittua hakumenettelyä, niin kutsuttua PICO-menetelmää. PICO muodostuu sanoista Patient = tutkittava kohde/ryhmä (P), Intervention = tutkittava menetelmä (I), jolla pyritään vaikuttamaan, Comparison = verrattava kohde/menetelmä (C) ja Outcome = tulos (O), joita halutaan selvittää. Näitä neljää tekijää pystytään hyödyntämään myös systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tutkimusvaiheessa, esimerkiksi artikkeleita arvioidessa. PICO-menetelmän avulla pystytään määrittelemään kriteerejä tutkimusten valitsemista varten. (Stolt ym. 2016, 14–18.)

PICO-menetelmää apuna käyttäen määritimme systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tutkimusongelmat. Hyödynsimme menetelmästä potilasta (P), tutkittavaa kohdetta (I) ja tulokset (O). Jätimme kontrolliryhmän (C) tutkimusongelmien ulkopuolelle, koska sen avulla ongelmat eivät olleet selkeästi määriteltävissä. Käyttämämme osiot näkyvät alla olevassa taulukossa (taulukko 1).

Taulukko 1. Jaottelu PICO-menetelmää käyttäen

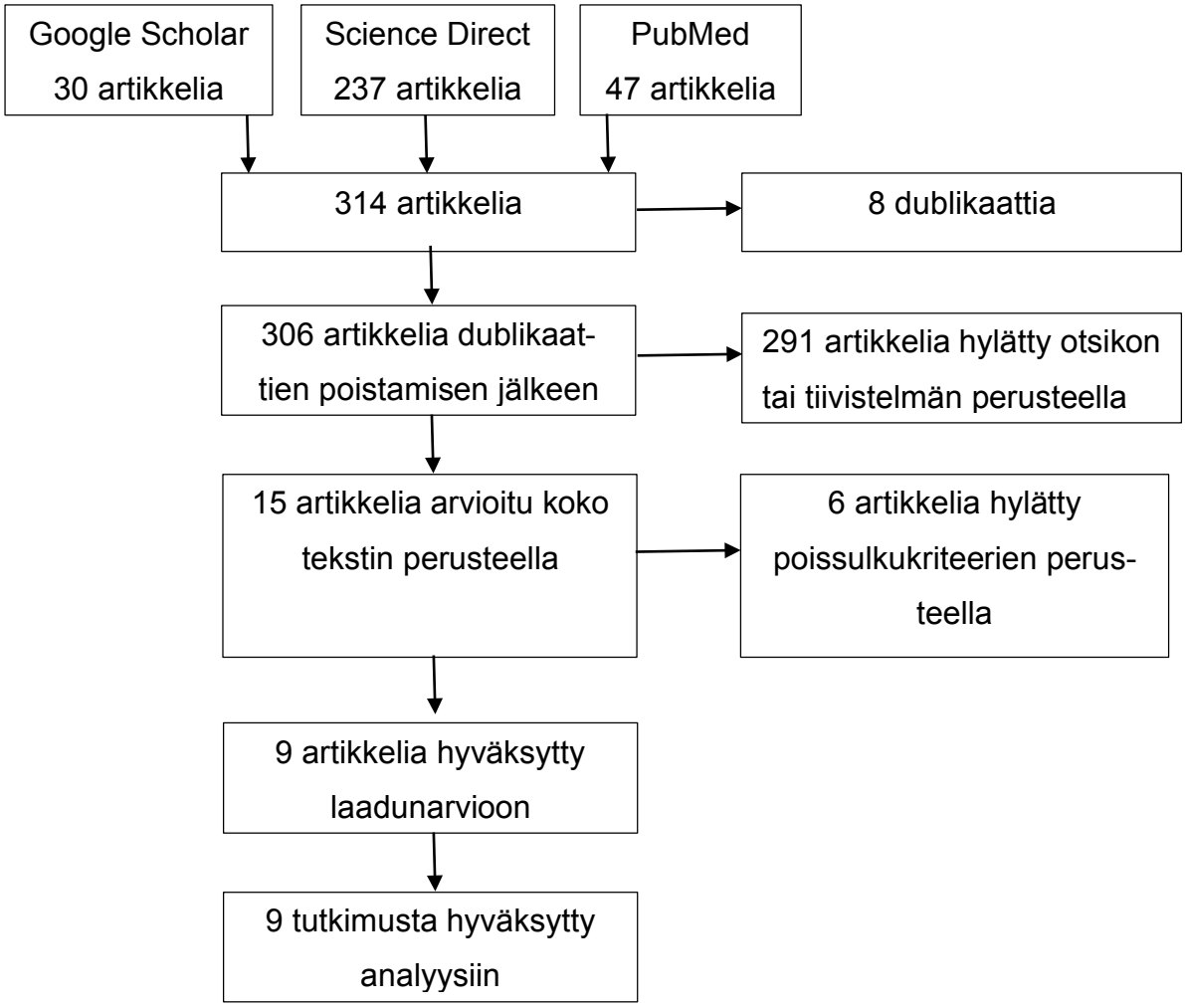
P	I	C	O
Terveet aikuiset (yli 18-vuotiaat)	Kädessä pidettävällä dynamometrilla tehdyt olkanivelen voiman mittaukset	–	Mittausmenetelmien luotettavuus ja toistettavuus

6.2 Aineiston keruu ja rajaus

Aineiston keruu toteutettiin tutkimuskysymyksiin perustuen kolmesta tietokannasta. Tutkimuksia haettiin Google Scholar, Science Direct ja PubMed tietokannoista syyskuun aikana 2017. Haku tehtiin kaikkiin tietokantoihin englanninkielisillä hakusanoilla ”handheld dynamometer” OR ”handheld dynamometry” AND ”shoulder strength” OR ”shoulder joint”. Haut rajattiin vuosien 2012 – 2017 aikana

julkaistuihin tutkimuksiin. Google Scholar tietokannan rajausta lisättiin tekemällä haku artikkelien otsikoista sisältäen tarkan ilmauksen ”handheld dynamometer” ja etsimällä artikkeleita, jotka sisältävät ainakin yhden sanoista ”handheld dynamometry” OR ”handheld dynamometer” AND ”shoulder”. Haulla löytyi yhteensä 314 lähdettä. Hakuprosessi on kuvattu tarkemmin taulukossa 2.

Taulukko 2. Tiedonhakuprosessi



Lähteiden valinnassa sisäänottokriteereinä olivat seuraavat tekijät: 1. Tutkimus on tieteellinen artikkeli, 2. Tutkimuksissa on mitattu olkanivelen isometristä voimantuottoa yhden tai useamman liikesuunnan tai lihaksen osalta, 3. Tutkimuksen mittaukset on suoritettu kädessä pidettävällä dynamometrilla, 4. Tutkimuksessa on tutkittu mittausmenetelmän reliabiliteettia tai validiteettia, 5. Tutkimus on julkaistu vuoden 2011 jälkeen, 6. Tutkimukset ovat englannin- tai suomenkielisiä.

Lähteiden poissulkukriteereinä olivat seuraavat tekijät: 1. Tutkimusartikkelia ei ole saatavissa kokonaan, 2. Tutkimus ei käsittele olkanivelen voimanmittausta, 3. Tutkimuksessa käytettävä mittari ei ole kädessä vapaasti pidettävä dynamometri, 4. Tutkimus ei käsittele mittausten reliabiliteettia tai validiteettia.

6.3 Tutkimusten laadun arviointi

Tutkimusten laatua arvioidessa on kiinnitettävä huomiota alkuperäistutkimusten kattavuuteen ja siihen, miten relevanttia näiden tutkimusten tieto on oman tutkimusongelman kannalta (Stolt ym. 2016, 28–29). Tutkimusprosessin kaikkia vaiheita tulee arvioida kriittisesti (Johansson ym. 2007, 53). Jokaista mukaanottokriteerit täyttävää tutkimusta onkin arvioitava erikseen, niiden eheyden sekä luotettavuuden takia. Systemaattisen tutkimuksen arviointiprosessi aloitetaan valittuihin tutkimuksiin perehtymisellä, ovatko tutkimukset määrällisiä, laadullisia vai mahdollisesti molempia. On arvioitava myös tutkimuksen heikkouksia ja vahvuuksia. Niihin vaikuttavat muun muassa tutkimusasetelmat, kohdejoukko, otanta ja lopullinen otoskoko. Niiden perusteella voidaan arvioida eri tutkimusten mahdollista tulosvaihtelua. (Stolt ym. 2016, 28–29.)

Opinnäytetyössä käytimme laadunarvioinnin välineenä Furlanin ym. (2015) laadunarviointimenetelmää. Mukailimme menetelmää omiin tarpeisiimme sopivaksi (taulukko 3). Valitsimme kyseisen laadunarviointimenetelmän, koska käsittelemme työssämme vain RCT tason tutkimuksia. RCT-näytön vahvuuden tasolla 1 tarkoittaa randomoituja kontrolloituja tutkimuksia, joissa on suuret potilasryhmät, yhtenevät tulokset sekä korkealaatuinen toteutus ja tasolla 2 pienet, potilas ryhmät, tulokset eivät täysin yhtenevät, sekä tutkimusten laatu on heikompaa (Uusaro & Ruokonen 2000, 119).

Taulukko 3. Valittujen tutkimusten pisteytys Furlanin ym. (2015) –menetelmää mukaillen

TUTKIMUS	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	Yht.
Katoh, M. 2015	X	X	X				X	X	X		X	7/11
Çelik, D., ym. 2012	X	X	X					X	X		X	6/11
Awatani, T., ym. 2016	X	X	X			X		X	X		X	7/11
Holt, K., ym. 2015	X	X	X	X	X	X	X		X		X	9/11
Cools, A., ym. 2014	X	X	X		X		X	X	X		X	8/11
Johansson, F., ym. 2015	X			X			X	X	X		X	6/11
McLaine S., ym. 2016	X		X		X		X	X		X	X	7/11
Awatani, T., ym. 2015	X	X	X				X		X		X	6/11
Hirano, M. & Katoh, M. 2015	X	X	X					X	X		X	6/11

1. Oliko satunnaistaminen hyväksyttävä?
2. Oliko osallistujien taustat samankaltaisia?
3. Olivatko testattavien alkutilanteet samankaltaiset ennen testin alkua?
4. Informoitiinko tutkimukseen osallistujia etukäteen mittauskeinoista tai -välineistä?
5. Oliko testaaja tietämätön tutkimustuloksista testin aikana?
6. Olivatko testattavat tietämättömiä tutkimustuloksista testin aikana?
7. Oliko testaajalla aikaisempaa kokemusta mittaustavasta?
8. Mainittiinko tutkimuksessa testattavan raajan stabiloimisesta?
9. Kerrottiinko, miten kädessä pidettävä dynamometri oli asetettu?

10. Raportoitiinko poisjääneiden määrä ja syyt siihen?
11. Analysoitiinko tutkimustuloksia tutkimuksen tavoitteen mukaisesti?

Laadunarviointikriteerit Furlania ym. (2015) mukaillen.

6.4 Aineiston analysointi

Sisällönanalyysiä varten, systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa käytetään aineistolähtöistä analysointia, jolla valittua tutkimusaineistoa pelkistetään (Tuomi & Sarajärvi 2009, 123–123). Sisällönanalyysin tavoitteena on kerätä tutkimusaineiston perusteella vastaukset asetettuihin tutkimusongelmiin. Tutkimusongelmat on syytä rajata tarkasti, jotta aihetta pystytään tutkimaan tarpeeksi kattavasti ja spesifisti. Aineiston käsittelyyn ei ole olemassa yhtä oikeaa lähestymistapaa, vaan aineistoa voidaan luokitella esimerkiksi tutkijakohtaisesti, mielessä pitäen tutkimuksen alkuperäinen tavoite. Tutkimusaineistosta tulee tiivistää kaikista oleellisin tieto, että tutkimusongelmaan kyetään vastaamaan. Tiivistämisen jälkeen tieto kootaan yhteen ja luokitellaan. Luokiteltaessa voidaan käyttää muun muassa frekvenssitaulukointia, jonka kautta tietoa on selkeämpi lukea ja vertailla keskenään. Sisällönanalyysin avulla pystytään tuomaan tällä hetkellä käsillä oleva tutkimustieto näkyväksi. Sen jälkeen aineistoa voidaan tulkita eli analysoida ja tehdä siitä johtopäätöksiä. (Latvala & Vanhanen-Nuutinen 2003, 23; Tuomi & Sarajärvi 2009, 91–103.)

Tutkimusten valinnan jälkeen kaikki tekstit luettiin huolellisesti läpi, samalla kriittisesti arvioiden. Kiinnitimme huomiota erityisesti muun muassa erilaisiin tutkimusmenetelmiin, otantaan, tilastollisiin merkintöihin, testien toistettavuuteen ja luotettavuuteen sekä tuloksiin. Tiivistimme tutkimusaineistot tutkimusongelmien kannalta oleelliseen tietoon ja sen jälkeen kokosimme aineiston yhteen. Emme käyttäneet työssämme frekvenssitaulukointia, koska tutkimusasetelmat poikkesivat toisistaan niin paljon, että ne eivät olleet suoranaisesti toisiinsa verrattavissa.

7 TUTKIMUKSET

Aineistonkeruun ja laadunvalvonnan jälkeen systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseemme valikoitui yhteensä 9 tutkimusta. Avasimme jokaisen tutkimuksen auki tavoitteen, tutkimukseen osallistujien, testaajien, testimetodien ja tutkimustulosten perusteella.

7.1 Test-retest reliability of isometric shoulder muscle strength measurement with a handheld dynamometer and belt

Katoh, M., vuonna 2015 tekemässä tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää keino, kuinka olkanivelen isometristä lihasvoimaa voidaan mitata luotettavasti, kädessä pidettävää dynamometria ja vyötä apuna käyttäen.

Tutkimukseen osallistui 40 oikeakätistä tervettä aikuista, joista 20 oli miehiä ja 20 naisia. Keski-ikä 20 vuotta (20-22), keskipituus 164,5 cm +/- 7,8 cm ja keskipaino 60,8 kg +/- 13,4 kg. Poissulkukriteerinä aikaisempi olkanivelen vammahistoria. (Katoh 2015.)

Isometristä olkanivelen voimantuottoa mitattiin koukistuksen, ojennuksen, loitonnuksen, ulko- ja sisärotaation sekä horisontaalisen ojennuksen osalta. Mittaukset suoritettiin kaksi kertaa kädessä pidettävällä dynamometrillä, kun mitattava käsi oli tuettuna vyön avulla. Ennen mittauksia testattavat suorittivat harjoitteita 50%, 75% ja 100% voimakkuuksilla, lämmittelyn ja harjoittelun merkeissä. Mittaukset tehtiin isometrisen voimantuoton aikana ja 3 sekunnin maksimaalinen voimantuotto mitattiin kerran ennen sekä kerran jälkeen 30 sekunnin lepoa. Testattavia ohjeistettiin niin, ettei kyynärpäähän vaikuttavia lihasryhmiä, kämmenen niveliä tai sormia kuormiteta liikaa suoritusta tehdessä. (Katoh 2015.)

Mittauksen aikana kädessä pidettävä dynamometri oli suojattu silikonisuojalla ja se oli kiinnitetty koukku-silmukka metodilla testattavaan. Testattava käsi oli kiinnitetty vyön avulla testipöydän jalkaan tai runkoon, jolloin voimantuotto kohdistui suoraan dynamometriin. Vyön pituus oli määritelty niin, ettei se rajoittanut nivel-

ten liikkuvuutta suorituksen aikana liikaa. Vyön aseteltiin tukemaan kehoa ja dynamometria oikeissa kulmissa. Kun testattava suoritti harjoitetta, yksi fysioterapeutti (mies, 180 cm, 53 kg), yli 10 vuoden voimanmittaus kokemuksella piti kädessä pidettävää dynamometria paikoillaan, jotta se pysyi suhteellisen hyvin oikealla kohdalla liikkeen aikana. Tutkimus tehtiin pöydän päällä (200 cm x 60 cm x 42 cm), jossa tutkittavan jalat ylsivät lattiaan jalkapohjia myöten. (Katoh 2015.)

Olkanivelen koukistusta mitattaessa testattava oli selällään sängyllä. Sängyn jalka oli mitattavan käden alapuolella. Yläraajat olivat vartalon sivussa, kyynärpäät lievästi koukistettuna, kyynärvarret lievässä pronaatiossa ja kämmenet vasten sänkyä. Polvet ojennettuina suoriksi. Kädessä pidettävä dynamometri oli kiinnitetty olkaluun alaosaan ja yläraaja oli kiinnitetty vyön välityksellä sängyn jalkaan. (Katoh 2015.)

Olkanivelen ojennusta mitattaessa testattavat istuivat tuolilla, kasvot kohti portaita, jossa oli kiinni metallipalkki mitattavan käden puolella. Testattavat istuivat vartalo ja yläraaja suorassa, kyynärvarsi kiinni palkissa. Kädessä pidettävä dynamometri kiinnitettiin olkaluun alaosan takapintaan, testausta varten mitattava pää oli kiinnitetty vyöllä metallipalkkiin. (Katoh 2015.)

Olkanivelen loitonnuksen voimantuottoa mitattaessa, testattava istui tuolilla sängyn jalan vieressä, joka oli rinnakkain käden alla. Mitattava käsi oli 90 asteen loitonnuksessa, kyynärnivelen ollessa lievästi koukussa ja kyynärvarsi sisäkierrossa. Jotta estettäisiin vartalon kallistumista mittauksen aikana, asetettiin vapaa käsi mitattavan raajan päälle kämmenpuoli alaspäin. Kädessä pidettävä dynamometri kiinnitettiin olkaluun alareunaan ja ylärajaa kiinnitettiin vyöllä sängynjalkaan. (Katoh 2015.)

Olkanivelen sisä- ja ulkokiertoa mitattaessa testattava istui tuolilla, kohti sänkyä, joka oli asetettu sopivalle korkeudelle. Kyynärpäät asetettiin sängyn päälle niin, että olkanivel oli keskiasennossa, samansuuntaisesti kuin harjoitusportaat, kyynärvarret rinnakkain. Mitattava yläraaja asetettiin olkanivelestä 45 asteen koukis-

tukseen ja kyynärnivel 135 asteen koukistukseen, kyynärvarsi kohtisuoraan sängyn kanssa. Mittauksen aikana 5 kg:n hiekkasäkki sijoitettiin pylvään ja kyynärvarren väliin, kyynärpään asennon tukemiseksi ja loitonnuksen sekä lähennyksen estämiseksi. Sisäkierron mittaamista varten kädessä pidettävä dynamometri oli asetettu kyynärvarren etupuolelle kämmeneen. Ulkokiertoa mitattaessa dynamometri asetettiin vastakkaiselle puolelle kämmenselkään, kyynärvarren takapuolelle. Mitattava raaja tuettiin vyöllä pylvään avulla. (Katoh 2015.)

Olkanivelen horisontaalista lähennystä mitattiin testattavan maatessa mahallaan sängyllä, kädet ojennettuna reunan yli. Olkanivel 90 asteen loitonnuksessa, kyynärnivel koukistettuna ja kyynärvarsi osoitti alaspäin. Tässä asennossa kyynärpää, sängyn jalka ja olkapää kohdistettiin toisiaan nähden ylhäältä katsottuna. Kädessä pidettävä dynamometri kiinnitettiin olkaluun takaosan alaosaan ja mitattava raaja vyön avulla pöydän jalkaan. (Katoh 2015.)

Tutkimustulokset osoittivat absoluuttista luotettavuutta. Pieniä harhoja havaittiin loitonnuksen, ulkorotaation ja ojennusten kanssa. Joka tapauksessa mittausten uudelleen tekeminen osoitti luotettavaa tulosta. Joitain voimantuotollisia eroja huomattiin myös sisäkierron ja koukistuksen aikana, joka todennäköisesti johtui testattavan suorituksesta. Sen takia katsottiin sopivaksi valita kahdesta mittauksesta suurempi tulos, mieluummin kuin tehdä oletuksia sattumanvaraisten virheiden pohjalta. (Katoh 2015.)

7.2 Intrarater Reliability of Assessing Strength of the Shoulder and Scapular Muscles

Çelik, D., ym. vuonna 2012 julkaistussa tutkimuksessa oli kaksi tavoitetta. Ensimmäinen oli arvioida kädessä pidettävällä dynamometrillä tehdyn voimanmittauksen luotettavuutta olkanivelen ja lapaluun lihaksien osalta. Toisessa vaiheessa vertailtiin testauksista saatuja luotettavuusarvoja painoindeksiin.

Mittaukseen otettiin 57 testattavaa (17 miestä ja 40 naista), joiden keski-ikä oli 35,05 +/- 13,5 vuotta. Testattavista 35 oli terveitä (15 miestä ja 20 naista), joiden keski-ikä oli 31,7 +/- 12,1 vuotta ja potilaita oli 22 (2 miestä ja 20 naista), joiden

keski-ikä oli 49,05 +/- 9,4 vuotta. Terveillä testattavilla ei ollut tuki- ja liikuntaelin oireita kaulan, niskan, hartian tai rintarangan alueella. Kaikki potilasryhmän testattavat antoivat positiivisen tuloksen impingment-testissä. Lisäksi potilailla oli 30 % passiivinen liikerajoitus verrattuna kehon vastakkaiseen puoleen. Potilaita varmistettiin röntgen- ja magneettikuvauksen avulla, ettei heillä ollut epämuodostumia kuten rappeuttavaa niveltulehdusta tai mesoakromionia ja ettei kiertäjäkalvosimessa ole repeytymiä. Potilaita ei otettu mukaan testiryhmään, jos heillä oli vammahistoriaa jäätyneestä olkapäästä, AC-nivelen ongelmista, tendiniitista, olkapään epävakaudesta, posttraumaattisista ongelmista, olkapääleikkauksesta, kaularankan, kyynärpään, käden tai ranteen ongelmista. Toisessa vaiheessa testattavat jaettiin kolmeen ryhmän painoindeksin mukaan, ryhmä 1 ≤ 20 kg / m2 (n = 22), ryhmä 2 ≤ 24,9 kg / m2 (n = 54) ja ryhmä 3 ≤ 29,9 kg / m2 (n = 38). Testaajan BMI oli 18,5 kg / m2. (Celik ym. 2012.)

Lihasvoimaa mitattiin molemmista yläraajoista, epäkkään kaikki osat, hartialihaksen etuosa, etummainen sahalihas (alemmat säikeet), ylempi lapalihas ja leveä selkälihas. Mittauksia tehtiin jokaiselle lihakselle kolme kertaa käyttämällä kädessä pidettävää dynamometria (Lafayette, Nicholas Manual Muscle Tester) ja pitämällä mittausten välissä 30 sekuntia lepoa. Kädessä pidettävä dynamometri mittaa voiman 0 ja 199,9 kg välillä ja +/- 0,1 kg tarkkuudella. Kolmesta mittauksesta laskettiin niiden keskiarvo. (Celik ym. 2012.)

Epäkkään yläosan mittaus tehtiin testattavan istuessa tuolilla ja dynamometri asetettiin lapaluun yläpuolelle. Epäkkään keskiosan mittaus tehtiin mahallaan olkanivelen ollessa 90 asteen loitonnuksessa ja kyynärpään ollessa 90 asteen koukistuksessa. Epäkkään alaosa mitattiin olkanivelen ollessa 140 asteen koukistuksessa ja dynamometri sijoitettuna lapaluun keskelle. Dynamometrin vastus annettiin epäkkään keskiosalle kehon sivusuunnasta (lateraali) ja epäkkään alaosalle kehonsivusuunnasta ylhäältä päin. Ylemmän lapalihaksen ja hartialihaksen etuosan mittaus tehtiin testattavan istuessa tuolilla. Testattava nosti yläraajan koukistuksen ja loitonnuksen puoliväliin (30 astetta kehon etupuolella frontaalitasossa) mitattaessa ylempää lapalihasta ja hartialihaksen etuosa mittauksessa yläraaja 90 asteen koukistuksessa. Mittauksen vastustus asetettiin kyynärpään

yläpuolelle. Etummaisen sahalihaksen alempien säikeiden mittaus tehtiin selinmakuulla kyynärpää ja olkanivel 90 asteen koukistuksessa. Dynamometri asetettiin kyynärluun päälle myötäillen olkanivelen akselia. Leveän selkälihaksen mittaus tehtiin selällään kyynärpää 90 asteen koukistuksessa ja olkanivel 30 asteen ojennuksessa. Dynamometrin vastus oli kehon takapuolella kyynärpään yläpuolella. Testauksilla pyrittiin saamaan jokaisen lihaksen osalta dokumentoitua maksimaalinen EMG aktiivisuus. (Celik ym. 2012.)

Kaikkien lihasten osalta tulokset olivat merkittäviä ja osoittivat luotettavuutta hyvästä erinomaiseen lukuun ottamatta epäkkään yläosan mittausta terveillä potilailla, jonka tulokset olivat välttäviä. BMI:n osalta havaittiin, että korkeampi painoindeksi tarkoitti myös suurempaa lihasvoimaa ja se voi vaikuttaa testin luotettavuuteen. Testattavan korkea BMI ja testaajan vähäinen lihasvoima voivat vaikuttaa negatiivisesti testin luotettavuuteen. Tärkeäksi tekijäksi havaittiin myös testikertojen määrä. Havaittiin, että kolmannen testauksen tulokset (lihasvoima) olivat ensimmäistä ja toista pienempiä, mikä vaikutti testituloksen keskiarvoon. (Celik ym. 2012.)

7.3 Intra- and inter-rater reliability of isometric shoulder extensor and internal rotator strength measurements performed using a hand-held dynamometer

Awatani, T., ym. vuonna 2016 tekemässä tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää kädessä pidettävällä dynamometrilla tehtävien olkanivelen ojennus ja sisäkierto mittausten luotettavuus, yhden testaajan tekemänä ja eri testaajien tekemien mittausten välillä.

Tutkittavana oli 12 tervettä vapaaehtoista miestä (ikä 19,0 +/- 1,1 vuotta, pituus 173,5 +/- 4,8 cm, paino 65,8 +/- 5,8 kg). Ennen tutkimusta osallistujilla ei ollut viimeisen 6 kuukauden olkapää kipuja tai olkapää leikkausta. Tarkastajina toimi kaksi yliopiston opiskelijaa, joilla ei ollut aiempaa kokemusta kädessä pidettävän dynamometrin mittauksista kliinisissä olosuhteissa. Tarkastajien tehtävänä oli huolehtia, että tutkittavat pitävät oikean mittausasennon. Tarkastajat ja osallistujat eivät nähneet mittaustuloksia mittausten aikana. (Awatani ym. 2016.)

Lihasvoimaa mitattiin isometrisenä huippuarvona käyttämällä kädessä pidettävää dynamometria (Mobie MM100C, Minato Medical Science). Ojentajien voimaa mitattiin olkanivelen ollessa maksimaalisessa loitonnuksessa ja kyynärpää ojennettuna ja kyynärvarsi neutraalissa asennossa. Sisäkierron voimaa mitattiin olkanivelen ollessa 90 asteen loitonnuksessa ja 90 asteen ulkokierrossa, sekä kyynärpää 90 asteen koukistuksessa ja kyynärvarsi neutraalissa asennossa. Mittaukset tehtiin molemmille yläraajoille ja mahallaan niin, että varpaat, vatsa, rintakehä ja leuka koskettivat maata. Vapaa yläraaja oli kehon vieressä molempien mittausten aikana. (Awatani ym. 2016.)

Ennen varsinaista mittausta, olkapäille tehtiin lämmittelyliikkeitä. Kädessä pidettävä dynamometri asetettiin matolle, vasten testattavan kämmenenpuoleisia sormien tyviniveliä ja kädellä varmistettiin, että dynamometri pysyy paikoillaan mittausten aikana. Testattavia ohjattiin tuottamaan isometristä voimaa maata kohti. Jännitys pidettiin yllä 3 sekuntia ja suoritus tehtiin 3 kertaa. Suorituksen välissä sai levätä 5 minuuttia. Testauskertoja oli kaksi, joista toinen tehtiin viikon päästä ensimmäisestä. Testattavat ja olkapäät valittiin sattumanvaraisesti. Mittauksista laskettiin lopuksi keskiarvo. (Awatani ym. 2016.)

Molemmat mittaustavat osoittivat korkeaa luotettavuutta testaajien välisten mittausten, sekä yhden testaajan tekemien mittausten osalta. Mittaustapoja pidettiin helppona toteuttaa ja luotettavana, vaikka dynamometria käyttäisi vähemmän kokeneempi henkilö. Tuloksia pidettiin lähes täydellisinä. (Awatani ym. 2016.)

7.4 Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder

Holt, K., ym. vuonna 2015 julkaistun tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kädessä pidettävän dynamometrin ja ulkoisesti kiinnitetyn dynamometrin avulla olkanivelen sisä- ja ulkokierron voimantuoton luotettavuutta ja niiden korrelaatiota isokineettiseen mittaamiseen verrattuna.

Tutkimukseen osallistui 20 tervettä ja aktiivista aikuista, jotka työskentelivät urheiluinstituutissa. Osallistujista 10 oli miehiä (keski-ikä 31,2 +/- 9,0 vuotta, keskipituus 176 cm +/- 6,1 cm, keskipaino 78,4 kg +/- 9,7 kg ja BMI 25,2 +/- 2,0) ja 10 naista (keski-ikä 30,1 +/- 8 vuotta, keskipituus 167 cm +/- 6,5 cm, keskipaino 64,2 kg +/- 9,6 kg ja BMI 23,0 +/- 3,2). Testattavat olivat vammavapaita testauksen aikana ja heidän fyysinen aktiivisuutensa oli viikkotasolla vähintään 2,5 tuntia. Kellään testattavalla ei ollut aikaisempaa kokemusta kädessä pidettävästä dynamometristä tai isokineettisestä testaamisesta. (Holt ym. 2015.)

Testaamisen suoritti kaksi urheilufysioterapeuttia, toinen testaaja oli mies, 5 vuoden kokemuksella (paino 85 kg ja pituus 185 cm) ja toinen testaaja oli nainen, jolla oli 15 vuoden kokemus mittauksista (paino 68 kg ja pituus 170 cm). (Holt ym. 2015.)

Eri testaajien väliset mittaukset kerättiin kahden päivän aikana ensimmäisellä viikolla. Yhden testaajan (naisen) mittaustulokset kerättiin yhtenä päivänä seuraavalla viikolla. Testattaville neuvottiin normaalien aktiviteettien ylläpitoa ennen testejä ja välttämään testikertojen välissä liiallista ylävartalon kuormittamista. Isokineettinen mittaus suoritettiin samana päivänä kädessä pidettävän dynamometrin jälkeen, viikolla kaksi. Testattavien vuorot arvottiin tietokoneellisesti ja testaajan mukaan valittiin dynamometrimetodi, testipuoli (oikea tai vasen) ja kiertosuunta (sisä- tai ulkokierto). Testattavat, eivätkä testaajat nähneet tuloksia testin aikana. Jokaisella testattavalla oli 10 minuutin lepotauko testien välillä. (Holt ym. 2015.)

Mittauksen aikana testiasento oli standardisoitu seisoma-asentoon, jossa jalat olivat hartioiden levyisessä haara-asennossa, polvet ja lonkat hieman koukussa, kyynärpäät vartalon sivulla 90 koukistuksessa, mutta eivät vartalossa kiinni ja ranteet olivat anatomisesti neutraalissa asennossa, kämmenten osoittaessa vartalon keskilinjaa kohti. Asennolla varmistettiin, ettei testin aikana käytetty liiallista vipuvartta tai pyörimisliikettä. Testattavia kehotettiin myös ylläpitämään tasapaino testin aikana. Kädessä pidettävä dynamometri ja ulkoisesti tuettu dynamometri asetettiin niin, että dynamometrin muunnin oli kyynärluun pään lähellä, ranteen vieressä. (Holt ym. 2015.)

Testattavat suorittivat submaksimaalisen voimantuottotestin 3 kertaa. Kädessä pidettävinä dynamometreinä käytettiin malleja Chatillion (K DFX 200) ja PowerTrack II Commander. Vyöllä ulkoisesti tuettu dynamometri oli Model S338. Isokineettistä voimaa mitattiin laitteella CMSI Humac/Norm Model 770. Kaikki dynamometrien arvot tallennettiin newtoneiden ja vääntömomentin avulla, kertomalla voima vipuvarren pituudella (matka kyynärnivelen sisälinjasta poikkilisäkkeeseen lähelle rannetta). (Holt ym. 2015.)

Ulkoisesti tuettu dynamometrimittaus suoritettiin 5 sekunnin jaksoissa, suoritusten välissä oli 10 sekunnin lepotauko, intervallimaisesti, niin kutsuttu ”make” -testi. (monotoninen ääni: anna mennä – työnnä – työnnä – työnnä – työnnä – työnnä – rentouta). Testattava suoritti testin omatoimisesti ja valvotusti. Kädessä pidettävällä dynamometrilla tehtävä mittaus tehtiin ”break” –metodilla, jossa intervallien kesto oli 10 sekuntia, siinä urheilufysioterapeutti piti dynamometristä kiinni. Ulko- ja sisäkiertomittaukset olivat toistensa kanssa identtisiä muilla tavoin, paitsi, että mittausten välissä vaihdettiin voimantuottosuuntaa. (Holt ym. 2015.)

Isokineettisen testin suoritti yksi testaaja ja se tehtiin kirjallisten ohjeiden perusteella. Testattava seisoi yksiraiteisin kannen päällä, jalat hartioiden levyisessä haara-asennossa ja polvet lievästi taipuneina. Laitteen korkeus asetettiin sallimaan lievän olkanivelen loitonnuksen, kun kyynärpää oli tuettuna alustalla sekä varmistettu Velcro hihnalla 90 asteen koukistukseen. Vipuvarsi oli säädetty testattavan kyynärvarren mukaan, neutraaliasentoon niin, että siitä sai otteen. Dynamometrissä oleva käsi oli painovoimasäädetty ja testin liikelaajuus oli 45 astetta sisäkierrosta, 45 asteen ulkokiertoon. Sekä konsentrista, että eksentristä voimantuottoa mitattiin 3:lla nopeudella (60/sec, 180/sec, 240/sec). Jokainen osallistuja suoritti submaksimaalisen lämmittelyn jokaisella nopeudella, suoritukseen perehdyttämiseksi. Sen jälkeen tehtiin kolme maksimaalista voimantuottotestiä, 10 sekunnin intervalleilla. (Holt ym. 2015.)

Tutkimustulokset olivat, että kädessä pidettävällä dynamometrillä ja ulkoisesti tuetulla dynamometrillä tehtävät mittaukset olivat luotettavuudeltaan hyvästä korkeaan, eri testaajien välillä sekä yhden testaajan tekemänä. Kaikki testit myös olivat korkeasti korreloitavissa isometriseen mittaukseen. Maksimaaliset, ulkoisesti tuetulla dynamometrillä tehtävät mittaukset osoittivat korkeampaa korrelaatiota konsentrisessa ja eksentrisessä voimantuotossa, isokineettisen testauksen kanssa verrattuna keskimääräisiin tuloksiin, paitsi vasemman käden eksentrisen voimantuoton kohdalla, vauhdissa 240/sec. Vastaavasti kädessä pidettävän dynamometrin suhteen, keski- ja maksimiarvot olivat korreloitavissa isokineettiseen mittaukseen. (Holt ym. 2015.)

Yhteenvetona tutkimuksen tulokset osoittivat hyvää ja korkeaa luotettavuutta molemmilla mittaustavoilla, terveiden testattavien kanssa, verrattuna isokineettiseen mittaukseen. Molemmat mittaustavat ovat sopivia kliiniseen ympäristöön. Kädessä pidettävä dynamometri kuitenkin osoitti erinomaista absoluuttista luotettavuutta ja on sen takia vertailussa ulkoisesti tuettua dynamometria parempi. (Holt ym. 2015.)

7.5 Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols

Cools, A., ym. vuonna 2014 tekemässä tutkimuksessa pyrittiin määrittämään absoluuttinen ja suhteellinen luotettavuus useille menetelmille, mitattaessa olkanivelen sisä- ja ulkokierron lihasvoimaa ja liikkuvuutta kädessä pidettävällä dynamometrilla.

Tutkimukseen osallistui 30 tervettä aikuista (15 miestä ja 15 naista). Testattavien ikä oli 22,1 +/- 1,4 vuotta, paino 76,8 +/- 17,8 kg, pituus 172 +/- 1,9 cm. Yhdelläkään testattavalla ei ollut aikaisempaa vammahistoriaa olkapää- tai niskakivuista. Testattavista kukaan ei osallistunut testauksen aikana kilpaurheilulajeihin, jossa yläraaja menee pään yläpuolelle suorituksen aikana. (Cools ym. 2014.)

Isometristä lihasvoimaa mitattiin MicroFET 2 (Hoggan Health Industries Inc) dynamometrilla. Kaikki mittaukset suoritettiin kahden testaajan toimesta, jotka olivat perehtyneet mittausmenetelmiin hyvin ennen mittauksia. Ensimmäinen testaaja oli mies (pituus 173 cm ja paino 75 kg) ja toinen testaaja oli nainen (pituus 163 cm ja paino 59,5 kg). (Cools ym. 2014.)

Ennen mittauksia testattavat suorittivat olkapäille valvottuja lämmitysliikkeitä. Lihasvoimamittaukset tehtiin istuen, selällään ja mahallaan. Istuen ulko- ja sisäkierron lihasvoiman mittaus tehtiin kahdessa eri olkanivelen asennossa (1. 0 asteen loitonnus, 2. 90 asteen loitonnus ja 90 asteen ulkokierto). Selällään samoissa olkanivelen asennoissa ja mahallaan ainoastaan olkanivel 90 asteen loitonnuksessa ja 90 asteen ulkokierrossa. Dynamometri sijoitettiin 2 cm proksimaalisesti kyynärluun poikkilisäkkeestä katsottuna kämmenselän puolelle ulkokierron mittauksessa ja samaan paikkaan sisäkierron aikana, mutta kämmenen puolelle. Mittaukset toistettiin 5 kertaa ja niiden välissä pidettiin 10 sekunnin lepotauko. Testissä testattava lisäsi vähitellen vastusta maksimiin asti, kun testaaja antoi luvan suorittaa testin. Testattavan yläraaja stabiloitiin olkapäästä, lavasta tai kehosta manuaalisesti testaajan kädellä, käsivarrella tai keholla tarvittaessa. (Cools ym. 2014.)

Tutkimustulokset olivat sisä- ja ulkokierron luotettavuuden osalta hyvästä erinomaiseen, jokaisessa testausasennossa. Tutkijat kuitenkin suosittelevat ennemmin testausta istuen tai selällään, koska ne antavat luotettavampia tuloksia verrattuna mahallaan tehtäviin mittauksiin. Mahallaan tehtävien mittausten tulokset erosivat paljon muiden asentojen tuloksista lihaksen voimakkuuden osalta. (Cools ym. 2014.)

7.6 Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability and Validity

Johansson, F., ym. vuonna 2015 julkaistun tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella glenohumeraalinivelen ulkokiertäjien eksentrisen voimantuoton absoluuttista- ja suhteellista luotettavuutta sekä pätevyyttä yhden testaajan ja eri testaajien välillä, käyttäen kädessä pidettävää dynamometria kliinisissä olosuhteissa. Tutkimuksen

toisena tavoitteena oli arvioida kädessä pidettävän dynamometrin ja isokineettisen dynamometrin pätevyyttä toisiinsa glenohumeraalinivelen ulkorotaattorien osalta.

Tutkimukseen osallistui 25 testattavaa, joista 9 oli miehiä ja 16 oli naisia. Osallistujilla ei saanut olla olkapää- tai niskahartiaseutuun kohdistunutta vammahistoriaa viimeisten 6 kuukauden ajalta. Osallistujien keski-ikä oli 24,8 vuotta (19-34), keskipituus 173,6 cm (160-190 cm) ja keskipaino 64,3 kg (48-84 kg). Jokaisen osallistujan fyysinen aktiivisuustaso viikossa oli keskimäärin 1-2 tuntia ja kaikilla oli vähän tai ei yhtään aikaisempaa kokemusta kädessä pidettävästä dynamometristä. (Johansson ym. 2015.)

Testauksen suorittivat kaksi itsenäistä tutkijaa, jotka olivat jo entuudestaan hyvin kouluttautuneita olkapään alueen suhteen. Tutkijoille suoritettiin vielä erityinen jatkokoulutus liittyen kädessä pidettävään dynamometriin. Testattavat osallistuivat kolmeen eri testaukseen, joista kaksi tehtiin kädessä pidettävällä dynamometrillä ja kolmas isokineettistä testausmenetelmää käyttäen. Ainoastaan testattavien vahvempaa käsivartta testattiin. (Johansson ym. 2015.)

Kädessä pidettävällä dynamometrillä tehtävä mittaus suoritettiin testattavan istuessa, olka- ja kyynärnivelen ollessa 90 asteen kulmassa, testaajan tukiessa ylhäällä olevaa kättä kevyesti. Testattava piti kättä koholla, kyynärvarren osoittaessa ylöspäin. Kädessä pidettävä dynamometri asetettiin kyynärvarren puoleen väliin, pikkurillin puolelle. Maksimaalinen ulkorotaattorien (ylempi lapalihas) voima mitattiin 3 kertaa, 20 sekunnin tauoilla, testattavan kiertäessä kättä ulkokiertoon, testaajan samalla vastustaessa liikettä. (Johansson ym. 2015.)

Isokineettisellä dynamometrillä (Biodex isokinetic strenght measurement) tehtävässä mittauksessa testattavat istuivat samassa asennossa, käden ollessa samanlaisessa lähtöasennossa kuin kädessä pidettävällä dynamometrillä tehdyssä mittauksessa. Testattavan kyynärpää lepäsi tukea vasten ja samalla pidettiin kahvasta kiinni. Ennen varsinaista testausta jokainen osallistuja teki 5 kokeilua. Mi-

tattavat kolme maksimaalista suoritusta tehtiin kyynärvarren ollessa 30 asteen ulkokierrossa. Huippuvoima laskettiin kaavalla, jossa käytettiin apuna vääntömomenttia ja kyynärvarren pituutta. (Johansson ym. 2015.)

Tuloksien luotettavuus yhden testaajan välillä oli erinomainen sekä kädessä pidettävällä dynamometrillä, että isokineettisellä dynamometrillä testattaessa. Myös eri testaajien välillä tulokset olivat luotettavia ja lähellä toisiaan. Tutkimus osoitti erinomaista luotettavuutta ja toistettavuutta, kun testaukset suoritetaan kliinisissä olosuhteissa. (Johansson ym. 2015.)

7.7 The Reliability of Strength Tests Peformed In Elevated Shoulder Positions Using a Handheld Dynamometer

McLaine S., ym. vuonna 2016 julkaistussa tutkimuksessa tutkittiin olkanivelen voiman mittauksen luotettavuutta kliinisissä olosuhteissa, yhden testaajan tekemänä, kädessä pidettävää dynamometria apuna käyttäen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suhteellinen ja absoluuttinen luotettavuus olkanivelen voimaa mitattaessa yläraaja kohotettuna hartialinjan yläpuolelle, yhden testaajan välillä, ilman manuaalista olkanivelen stabilointia, (olkanivelen koukistus ja ojennus, nivelen ollessa 140 asteen loitonnuksessa sekä ulko- ja sisäkierto olkanivelen ollessa 90 asteen loitonnuksessa).

Testattavat olivat 18-30-vuotiaita, heitä oli yhteensä 15, joista 10 naista ja 5 miestä. Poissulkukriteerit olivat olkanivelen vammahistoria edellisten 2 kuukauden ajalta. Myös tutkimusten aikana tuntuva kipu laskettiin mukaan poissulkukriteereihin. (McLaine ym. 2016.)

Testaamisen suoritti naisfysioterapeutti (paino 56 kg). Testaaja ei nähnyt testituloksia testin aikana. Testitilaisuuksia järjestettiin kaksi, 48 tunnin päässä toisistaan. Kaikkia liikesuuntia testattiin mahallaan, selällään ja istuen. Dynamometrinä käytettiin mallia JTech PowerTrackCommanderMuscleTester. Testien järjestys oli koukistus, ojennus, ulko- ja sisäkierto. Ennen testaamista oli 3 minuutin lämmittely olkapäälle. Jokaista voimanmittausasentoa mitattiin kaksi kertaa, 5 sekunnin

tauoilla ja eri liikkeiden välillä oli aikaa 30 sekuntia. Maksimaalista jännitystä pidettiin yllä 5 sekuntia, ennen rentoutusta. (McLaine ym. 2016.)

Tuloksien luotettavuus oli hyvä olkanivelen koukistuksen ja ojennuksen suhteen. Puolestaan kaikki olkanivelen kiertotestien tulokset olivat luotettavuudeltaan erinomaisia. Tutkimuksen lopputulos oli se, että yksittäinen testaaja pystyy mittaamaan luotettavasti olkanivelen koukistuksen, ojennuksen, sisä- ja ulkokierron voimantuottoa, ilman manuaalista stabilaatiota. (McLaine ym. 2016.)

7.8 Same-session and between-day intra-rater reliability of hand-held dynamometer measurement of isometric shoulder extensor strength

Awatani, T., ym. vuonna 2015 julkaistun tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää käden ojentajalihasten voimantuottoa mahallaan, kahden erillisen mittauskerran välillä, olkanivelen ollessa 90 asteen koukistuksessa.

Tutkimukseen osallistui 13 tervettä vapaaehtoista, joista 10 oli miehiä ja 3 naista (ikä 19,8 +/- 0,8 vuotta, pituus 167,7 +/- 6,5 cm, kehonpaino 60,8 +/- 5,1 kg). Poissulkukriteerinä olkanivelen vammahistoria 6 kuukauden ajalta. (Awatani ym. 2015.)

Testauksen suoritti yksi fysioterapeutti, jolla oli aikaisempaa kokemusta kädessä pidettävästä dynamometristä (Mobie MM100C). Testeihin sisältyi olkanivelen lämmittely. Osallistujat olivat mahallaan, varpaiden, vatsan ja rinnan koskettaessa maahan. Mitattava käsi oli maksimaalisessa loitonnuksessa, kyynärpää suoristettuna ja kyynärvarsi neutraalissa asennossa. Toinen käsi suorana vartalon sivulla. (Awatani ym. 2015.)

Kädessä pidettävä dynamometri asetettiin matolle, vasten testattavan kämmenenpuoleisia sormien tyviniveliä. Koko testauksen ajan varmistettiin, että testattava pysyy samassa asennossa. Mittaus tehtiin molemmille käsille. Testattavia ohjattiin tuottamaan isometristä voimaa maata vasten. Jännitys pidettiin yllä 3 se-

kuntia ja suoritus tehtiin 3 kertaa. Suorituksen välissä sai levätä 5 minuuttia. Ensimmäisen päivän jälkeen oli viikon mittainen tauko, ennen seuraavaa testausta. Testattavat ja olkapäät valittiin sattumanvaraisesti. (Awatani ym. 2015.)

Tulokset olivat luotettavuudeltaan yhden mittaajan suorittamana lähes täydellisiä, molempien käsien sekä mittauksien osalta. Tutkijat totesivat tutkimuksen olleen tarkoituksenmukainen, koska suorituksia tehtiin kolme, eikä systemaattisia virheitä ilmennyt. Mahdollisiin mittausvirheisiin voivat vaikuttaa jatkossa stabilaation puute ja testaajan vahvuus. Tässä tutkimuksessa stabilaation puute suljettiin pois, koska mittaus suoritettiin lattiaa vasten. (Awatani ym. 2015.)

7.9 Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer

Hirano, M. & Katoh, M. vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa tarkoitus oli tarkistaa absoluuttinen olkanivelen voimanmittaamisen luotettavuus horisontaalisessa loitonnuksessa, mitattaessa kädessä pidettävällä dynamometrilla.

Tutkimukseen osallistui 33 tervettä yliopiston opiskelijaa, joista 20 oli miehiä ja 13 oli naisia. Iältään osallistujat olivat 21-22-vuotiaita, pituus 168,4 +/- 7,6 cm ja kehonpaino 62,4 +/- 9,6 kg. (Hirano & Katoh 2015.)

Testaaja oli 21-vuotias yliopiston opiskelija (mies, pituus 174 cm ja paino 63 kg). Hän sai riittävän koulutuksen ennen mittauksien suorittamista. Yhteensä suoritetiin kolme mittausta kädessä pidettävällä dynamometrillä, käyttäen apuna vyötä, jolla olkanivel saadaan stabiloitua paikoilleen. (Hirano & Katoh 2015.)

Mittaukset suoritettiin testattavien vahvempaan käteen. Kädessä pidettävä dynamometri pidettiin paikallaan vyöllä tai testaajan kädellä. Kaikki testit tehtiin testattavan ollessa selällään tutkimuspöydällä. Olkanivel oli loitonnettuna 90 astetta, ilman ulko- tai sisäkiertoa ja kyynärnivel koukistettuna 90 astetta. Mitattava käsi oli pöydän reunalla. Kaksi sänkyä oli vedetty kiinni testipöytään ja testattavan olkanivel oli asetettuna sängynpylvästä vasten. Kädessä pidettävä dynamometri stabiloitiin paikoilleen lattian ja sängynpylvään avulla. Testattava käsi oli tuettuna

ohutta kumipehmustetta vasten. Tutkija tuki testin aikana kädellään testattavaa vastakkaisesta olkapäästä. (Hirano & Katoh 2015.)

Testattavia pyydettiin suorittamaan isometristä voimantuottoa. Maksimaalinen supistus saavutettiin 3 sekunnin kohdalla ja sitä ylläpidettiin 5 sekuntia. Mittauksia tehtiin 3 sekä vyön avulla, että testaajan stabiloidessa testattavan olkaniveltä. Testit suoritettiin 30 sekunnin välein ja eri metodit mitattiin viikon päästä toisistaan. Kaikkien kolmen tuloksen absoluuttinen luotettavuus tarkastettiin Bland-Altman analyysin avulla. (Hirano & Katoh 2015.)

Tilastollisesti tutkimuksen tulokset olivat merkittäviä. Vyöllä tuettu kädessä pidettävä dynamometrimittaus osoitti astetta parempaa luotettavuutta kuin kädellä tuettu. Myös voimantuotto oli suurempaan, kun olkanivel tuettiin vyön avulla, joten jatkossa sitä on syytä miettiä. (Hirano & Katoh 2015.)

8 YHTEENVETO

Systemaattinen kirjallisuuskatsauksemme perustuu 9 tutkimukseen, jotka selvittävät olkanivelen voiman mittaamisen menetelmiä, kädessä pidettävää dynamometria apuna käyttäen sekä mittauksen reliabiliteettiin vaikuttavia tekijöitä. Vaikka lähes kaikissa tutkimuksissa käytettiin toisistaan poikkeavia mittausmenetelmiä, niin tulokset olivat yhdensuuntaisia, ICC-arvojen ollessa hyvästä erinomaiseen. Ainoastaan Celik ym. (2012) tutkimuksessa saatiin kohtalainen tulos epäkäslihaksen yläosan osalta. Useassa tutkimuksessa oli myös otettu huomioon mahdollinen mittauksissa tapahtuva SEM, sekä MDC.

8.1 Koukistus

Koukistuksen lihasvoimaa mittasi kaksi eri tutkimusta (Taulukko 4), joista toisessa testaus suoritettiin kolmessa eri vartalon asennossa ilman ulkoista tukea ja arviointiin intra-rater reliabiliteettia. Toisessa tutkimuksessa arvioitiin test-retest reliabiliteettia ja mittaukset suoritettiin selällään ja yläraaja tuettiin vyöllä.

McLaine ym. (2016) tekivät olkanivelen mittaukset käsi kohotettuna hartialinjan yläpuolelle. Koettiin, että yli 15% muutos voimassa on todennäköisesti paikkansa pitävä vaihtelu eikä tarkoita mittausvirhettä silloin, kun voiman mittaukset tehdään näissä asennoissa ja yläraaja kohotettuna. Mittausasennoista suositeltiin selällään tehtävä testausta, jos tehdään kaikki liikesuunnat samalla testauskerralla, koska silloin MDC-arvot olivat alle 12% ja testaajan asento oli muihin testausasentoihin verrattuna ergonomisempi. (McLaine ym. 2016.)

Katoh (2015) suoritti mittaukset testattavan ollessa selällään ja kädessä pidettävä dynamometri oli kiinnitetty olkaluun alaosaan ja yläraaja oli kiinnitetty vyön välityksellä sängyn jalkaan. Tutkittava ei siis pitänyt HHD kädessään vaan piti sitä ainoastaan paikoillaan mittauksen aikana. Test-retest reliabiliteetti oli korkea, mutta koukistuksen mittaustulosten keskiarvo oli 15 kgf, kun taas satunnaiset virheet suhteessa keskiarvoon olivat 28%, se voi vaikuttaa testattavan suorituskykyyn mittauksissa. Sen takia katsottiin asianmukaiseksi hyväksyä kaksi suurinta mittaustulosta mieluummin kuin, olettaen virheitä satunnaisen virhemarginaalin sisällä, kun mittaus suoritetaan kerran. (Katoh 2015.)

Taulukko 4. Tutkimukset olkanivelen koukistuksen suhteen

TUTKIMUS	MITÄ MITATAAN?	MITEN MITATAAN?	TULOS (ICC)
McLaine ym. 2016	Intra-rater	Istuen Selällään Mahallaan Yläraaja hartialinjan yläpuolella 2 testi kertaa Ei ulkoista tukea	0.93-0.94 0.94 0.87-0.93
Katoh 2015	Test-retest	Selällään Vyöllä tuettuna	0.957

8.2 Ojennus

Ojennusvoiman mittausmenetelmiä tutkittiin viidessä tutkimuksessa (Taulukko 5), joista kolme oli tutkinut intra-rater reliabiliteettia, yksi intra- ja inter-rater reliabiliteettia, sekä yksi tutkimus test-retest reliabiliteettia. Yksi intra-rater tutkimuksista mittasi leveän selkälihaksen alaosan voimaa, eikä suoranaisesti voimaa ojennussuuntaan.

Awatani ym. (2015, 2016) kaksi tutkimusta mittasi ojennusvoimaa mahallaan. Yksi tutkimuksista suoritti mittaukset selällään (Celik ym. 2012). Katoh (2015) suoritti mittaukset testattavan istuessa penkillä ja McLaine ym. (2016) tekivät mittaukset kaikissa edellä mainituissa asennoissa.

Awatani ym. (2015) tekemät mittaukset ojennussuuntaan mahallaan olivat luotettavuudeltaan lähes erinomaiset intra-rater mittauksissa samana päivänä, sekä eri päivinä tehtyjen mittausten välillä. SEM oli saman päivän mittauksissa keskiarvoltaan ≤ 5.6 N ja eri päivinä tehdyissä mittauksissa ≤ 6.2 N. MDC95 arvot olivat samana päivänä tehtyjen mittausten osalta 15.6 N ja eri päivinä tehtyjen ≤ 17.3 N. Mittausvirheiden ei uskottu johtuvan stabilisaation puutteesta, koska stabilisaatio mittauksissa oli lattiaa vasten. (Awatani ym. 2015.)

Awatani ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa intra-rater luotettavuus oli lähes erinomainen, mutta toisen testaajan dominoivan puolen yksi eri päivinä tehty mittaus oli ICC 0.77. Testaajan dominoivan puolen kolmen mittauksen keskiarvo oli kuitenkin ≥0.81, joten mittaus osoitti lähes erinomaista luotettavuutta. Tämän takia olkanivelen voimanmittausta tehtäessä kyseissä asennossa suositellaan kolmen mittauksen keskiarvon laskemista parhaan tuloksen saamiseksi. Molempien testaajien saman päivän mittausten SEM oli ≤7.1 N ja 8.8%. MDC95 oli ≤19.5 N ja 24.3%. Eri päivinä tehdyissä mittauksissa SEM 6.6 N ja 8.6%, sekä MDC95 oli ≤18.4 N ja 23.9%. Inter-rater luotettavuus molempina päivinä osoitti keskiarvoltaan lähes erinomaista luotettavuutta. SEM oli ≤5.0 N ja 6.8%, sekä MDC95 ≤14.0 N ja 18.9%. Huomioitavaa tutkimuksessa oli, että testaajat eivät saaneet pitää HHD oli tuettuna lattiaa vasten ja testaajat eivät saaneet pitää siitä kiinni, koska koettiin testaajan voiman vaikuttavan tässä tapauksessa mittaustulokseen.

Silti mittausvirheen osalta testattavien vaihtelevat yrittämisen tasot ovat voineet vaikuttaa mittaustulokseen. (Awatani ym. 2015.)

Celik ym. (2012) tutkimuksessa todettiin leveän selkälihaksen voimanmittaamisen selällään olevan erinomaisen luotettava intra-rateria arvioitaessa terveillä ja potilailla. BMI koettiin vaikuttavan testin luotettavuuteen, jos testattava on voimakkaampi kuin testaaja. Koettiin myös, että mittauksista kannattaa laskea keskiarvo sen sijaan, että ilmoittaisi vain parhaan tuloksen. Kolmatta toistoa mittauksissa pidettiin tarpeettomana, koska tulokset laskivat aina kolmannella toistolla. Tämän katsottiin johtuvan lihasten väsymisestä ja motivaation laskemisesta testattavilla. Sen takia suositellaan, että toistoja tehtäisiin vähemmän, jolloin myös virheiden määrä laskisi mahdollisimman pieneksi. (Celik ym. 2012.)

Katoh (2015) suoritti voimanmittaamisen testattavan istuessa tuolilla. Luotettavuutta arvioitiin test-retest näkökulmasta ja tulokset olivat erinomaisia. Mittauksessa havaittiin suhteellisia virheitä laajalla marginaalilla, joten tutkija valitsi parhaaksi vaihtoehdoksi hyväksyä tuloksiksi kaksi suurinta mittaustulosta, kuin määrittää virhemarginaali etukäteen. (Katoh 2015).

McLaine ym. (2016) tutkimus osoitti erinomaista intra-rater luotettavuutta istuen, selällään ja mahallaan. SEM vaihteli asentojen välillä 0.78 – 3,53 N, MDC90 1,82 - 8,25 ja MDC% 2,34 – 11,02%. Tulokset saavutettiin ilman ulkoista tukea yläraajaan tai kehoon ja testit toistettiin eri päivinä samalla kaavalla. Tutkimuksen intra-rater luotettavuutta tukee useat tekijät. Tutkimuksessa oli otettu huomioon testaajan voiman vaikutus mittaustuloksiin valitsemalla testattavan sijainti niin, että hän sai hyödynnettyä maksimaalisen vipuvarren hyödyn. Se antaa testaajalle mekaanista etua testattavaan nähden. Lisäksi huolellisesti valittu testattavan asento ja mittarin sijoittaminen testattavaan tuki intra-rater reliabiliteettia. (McLaine ym. 2016.)

Taulukko 5. Tutkimukset olkanivelen ojennuksen suhteen

TUTKIMUS	MITÄ MITATAAN?	MITEN MITATAAN?	TULOS (ICC)
Awatani ym. 2016	Intra-rater Inter-rater	Mahallaan käsi maksimaalisessa loitonnuksessa. Stabilointi lattiaa vasten.	0.813-0.956 0.896-0.964
McLaine ym. 2016	Intra-rater	Istuen Selällään Mahallaan Kaksi testi kertaa. Ei ulkoista tukea	0.96-0.97 0.96-0.98 0.98-0.99
Awatani ym. 2015	Intra-rater	Mahallaan käsi maksimaalisessa loitonnuksessa. Stabilointi lattiaa vasten.	Yhden mittauskerran 0,862-0,981 Kahden mittauskerran välinen 0.797-0,985
Celik ym. 2012	Intra-rater	Leveän selkälihaksen mittaus tehtiin selällään kyynärpää 90 asteen koukistuksessa ja olkanivel 30 asteen ojennuksessa.	Terveet 0.94-0.96 Potilaat 0.91-0.95
Katoh 2015	Test-retest	Istuen ja vyöllä stabiloitu yläraaja	0.915

8.3 Ulkokierto

Olkanivelen voimantuottoa ulkokierron suuntaan tutkittiin yhteensä 6 tutkimuksessa (Taulukko 6), joista kolme tutki reliabiliteettia intra-raterin mukaan sekä kolme intra- ja inter-raterin mukaan.

Holt ym. (2016) tutkivat olkanivelen ulkokierron voimaa testattavan ollessa seisoma-asennossa. Cools ym. (2014) ja McLaine ym. (2016) tutkivat ulkokiertoa istuen, mahallaan sekä selällään. Muissa tutkimuksissa mittaukset tehtiin istuen. Katoh (2015) ja Cools ym. (2014) tutkimuksissa tutkittava raaja tuettiin paikoilleen. Mittausasennosta riippumatta intra-rater ja inter-rater reliabiliteetti oli kaikkien tutkimusten arviointiasteikon mukaan hyvästä erinomaiseen. Ainoastaan Johansson ym. (2015) tutkimuksessa inter-raterin osalta ICC oli matalampi 0.714.

Holt ym. (2016) tutkimuksen tulokset intra-raterin mukaan hyväksyttiin, kun SEM ja MDC olivat <10%. SEM <10% hyväksyttiin inter-raterin osalta. Tutkimuksessa verrattiin tuloksia myös isokineettisiin mittauksiin ja tehdyt tutkimukset olivat toisiinsa suoraan korreloitavissa sekä kädessä pidettävän dynamometrin, että ulkoisesti tuetun dynamometrin osalta. Mittausten aikana ei tapahtunut mittausvirheitä, mutta on huomioitava, että seisten tehdyissä mittauksissa lihasväsymys voi näkyä voimakkaammin kuin istuen tehtävissä. Mittauksen lopputulokseen saattaa vaikuttaa myös, jos testattava muuttaa hieman vartalon asentoa tai olkanivelen kulmaa, josta voimaa aletaan tuottaa. (Holt ym. 2016.)

Mahallaan ja selällään tehdyt tutkimukset (Cools ym. 2014; McLaine ym. 2016) osoittivat ulkokierron osalta hieman korkeampaa %MDC verratessa istuen tehtäviin mittauksiin. Mittaustulokset eivät kuitenkaan merkittävästi poikkea toisistaan, tehtiin ne sitten istuen, mahallaan tai selällään. McLaine ym. (2016) suosittelevat, että kaikki mittaukset tehtäisiin testattavan ollessa selällään, koska %MDC arvot pysyivät alle 12% ja se on mittaustavoista testaajalle kaikista ergonomisin. Mahallaan mitattaessa MDC puolestaan pysyi alle 6% kaikissa olkanivelen kiertoa mittaavissa testeissä, joten myös se on luotettava asento testaamisen suhteen. McLaine ym. (2016) mukaan tutkimusasennot ovat luotettavia ilman ulkoista tu-

kea ja helposti toteutettavissa jopa tiukan aikataulun sisällä. Tutkimuksessa kiinnitettiin erityisesti huomiota voiman mittauksen luotettavuuteen käden ollessa hartialinjan yläpuolella, 140 asteen loitonnuksessa.

Cools ym. (2014) mukaan testaajan voima saattaa vaikuttaa tuloksiin ja tutkimuksessa suositellaan, että ainakin kahta erilaista toiminnallista asentoa käytettäisiin voiman mittaamisessa, mahdollisten erojen huomioimiseksi. Mitattavaa raajaa ei tutkimuksessa tuettu, koska se vie enemmän aikaa, mutta tukeminen olisi saattanut vaikuttaa hieman tuloksiin. Myös Cools ym. (2014) suosittelevat testaamista varten selinmakuuasentoa, sillä siinä rintakehän ja lapaluun stabilisaatio pystytään varmistamaan.

Tutkimuksista viisi mittasi olkanivelen ulkokierron voimaa istuma-asennossa (Katoh 2015; Celik ym. 2012; Cools ym. 2014; Johansson ym. 2015; McLaine ym. 2016). Kaikki tutkimukset saivat erinomaisia ICC arvoja sekä intra-, että inter-raterin osalta, paitsi Johansson ym. (2015), jossa inter-raterin ICC tulos oli 0.714. Tässä tutkimuksessa kuitenkin SEM ja MDC ovat hyvin lähellä toisiaan mittaajien kesken, joten myös näitä tuloksia voidaan tutkimuksen mukaan pitää hyvin luotettavina. Myös kaikissa muissa tutkimuksissa SEM sekä MDC on otettu huomioon ja ne ovat hyvin pieniä tai jopa olemattomia olkanivelen ulkokierron osalta.

Celik ym. (2012) ottivat tutkimuksessaan myös huomioon, että testattavan väsymys sekä mahdollinen stabilisaation heikkous saattavat vaikuttaa mittaustulokseen. Kuten Cools ym. (2014), samoin Johansson ym. (2015) nostivat esille testaajan voimatasot. Esimerkiksi, jos testaajat ovat eri sukupuolta tai he ovat voimatasoiltaan heikompia kuin testattava, saatetaan tarvita mittausta varten myös ulkoista tukea laadukkaiden tulosten saamiseksi. Olisi siis suositeltavaa, että testaaja on testattavaa vahvempi, kun testaaja itse tukee testattavaa raajaa. McLaine ym. (2016) nostivat esille selkeiden ohjeiden tärkeyden sekä lämmittelyn, ennen varsinaista testausta.

Katoh (2015) tutkimuksessaan ilmoittaa saaneensa suurempia mittaustuloksia, kun testattava raaja tuetaan vyön avulla. Tutkimuksen toteuttaminen kuitenkin

vaatii enemmän välineitä, joten tulevaisuudessa mittaus suositellaan tehtäväksi testaajan pitäessä dynamometria kädessään.

Taulukko 6. Tutkimukset olkanivelen ulkokierron suhteen

TUTKIMUS	MITÄ MITATAAN?	MITEN MITATAAN?	TULOS (ICC)
Katoh 2015	Test-retest	Istuen Vyöllä tuettu	0.902
Celik ym. 2012	Intra-rater	Istuen. Yläraaja 90 astetta koukistettuna. Mitattu ylempää lapalihasta.	Terveet 0.96 Potilaat 0.92-0.95
Holt ym. 2016		Seisoma-asento Kaksi mittaustekniikkaa	
	Intra-rater	Ulkoisesti tuettu dynamometri	0.92-0.97
		Kädessä pidettävä dynamometri	0.89-0.96
	Inter-rater	Ulkoisesti tuettu dynamometri	0.88-0.96
		Kädessä pidettävä dynamometri	0.92-0.96
Cools ym. 2014	Intra-rater	Istuen, selällään ja mahallaan	0.93-0.99
	Inter-rater	Testaaja tuki yläraajaa kädellään	0.94-0.99
Johansson ym. 2015	Intra-rater	Istuen. Olka- ja kyynärnivelen ollessa 90	0.858-0.879

	Inter-rater	asteen kulmassa. Testaaja tuki kevyesti.	0.714
McLaine ym. 2016	Intra-rater	Istuen Selällään Mahallaan 2 testi kertaa Ei ulkoista tukea	0.97 0.92-0.96 0.95-0.96

8.4 Sisäkierto

Olkanivelen sisäkierron voimaa tutkittiin 5 tutkimuksessa (Taulukko 7), joista kolmessa käsiteltiin intra- ja inter-raterin reliabiliteettia, yhdessä intra-raterin ja yhdessä test-retest reliabiliteettia.

Kolme tutkimuksista mittasi sisäkiertoa mahallaan (Awatani ym. 2016; Cools ym. 2014; McLaine ym. 2016), lisäksi Cools ym. (2014) ja McLaine ym. (2016) tekivät mittaukset myös istuma- ja makuuasennossa. Katoh 2015 stabiloi yläraajan istuma-asennossa vyön avulla. Holt ym. (2016) tutki sisäkiertoa seisten. Kaikissa tutkimuksissa saatiin erinomaisia lopputuloksia ICC-arvojen mukaan. Tulokset eivät poikenneet toisistaan huomattavasti yhden mittaajan tai useamman mittaajan välillä. Myöskään mittausasento tai mitattavan raajan stabilointi eivät vaikuttaneet merkittävästi mittaustuloksiin.

Awatani ym. (2016) ja Cools ym. (2014) tekivät mittaukset intra- ja inter-raterin reliabiliteetin osalta, saaden niistä erinomaisia tuloksia. McLaine ym. (2016) perehtyivät sisäkiertoon intra-raterin mukaan ja saivat myös luotettavia sekä toistettavissa olevia tuloksia. Esimerkiksi McLaine ym. (2016) tutkimuksessa dominoivan käden sisäkierron mittaustulokset olivat ICC 0.97, SEM 2.89 N ja %MDC 2.90. Mittaukset olivat erittäin luotettavia. Awatani ym. (2016) ja McLaine ym. (2016) nostivat tutkimuksissaan esille testattavan mahdollisen stabilaation puutteen sekä myös testaajien voimatasoja korostettiin tutkimustuloksia ajatellen (Awatani ym.

2016; McLaine ym. 2016), jos testaaja piti kädessään dynamometria. Tutkimuksessaan Awatani ym. (2016) huomioivat lisäksi, että testattavien panos testiä ajatellen saattaa vaikuttaa mittaustuloksiin heikentävästi.

Istuen sisäkiertoa tutkivat Katoh (2015), Cools ym. (2014) ja McLaine ym. (2016). Mittaustulokset olivat erittäin luotettavia sekä intra-, että inter-raterin mukaan. Tulokset eivät poikenneet toisistaan luotettavuudeltaan, vaikka kahdessa tutkimuksessa mitattavaa raajaa tuettiin (Katoh 2015; Cools ym. 2014). Cools ym. (2014) toteavat tutkimuksessa, että aina ei ole käytettävissä ulkoisia välineitä, joilla mitattava raaja saadaan stabiloitua paikoilleen, joten on kustannustehokkaampaa, jos testaaja tukee itse testattavan raajaa. Katoh (2015) on samoilla linjoilla, vaikka tutkimuksen aikana käyttääkin vyötä apunaan. Mitattavan raajan oikeanlainen tukeminen vaatii useampia esineitä, joten on järkevämpää mitata olkanivelen voimantuottoa niin, että testaaja pitää dynamometria kädessään.

Katoh (2015) huomasi tutkimuksessaan, että sisäkierron osalta esiintyi sattumanvaraisia virheitä, jopa 37% verrattuna keskimääräiseen tulokseen, joka oli 15 kgf. Näin suuri prosentuaalinen virhe saattaa vaikuttaa testattavan suorituskykyyn, joten se tulee ottaa huomioon tuloksissa. Sen takia kahdesta mittaustuloksesta päätettiin valita suurempi, jotta sattumanvaraisilta virheiltä vältytään. (Katoh 2015.)

Holt ym. (2016) tutkivat sisäkiertoa seisten ja vertasivat HHD:n tuloksia ulkoisesti tuetun dynamometrin tuloksiin. Tulokset olivat tasavertaisia, kun niitä verrattiin isokineettisiin tuloksiin. Esimerkiksi, kun kolmesta mittauskerrasta valittiin suurin tulos, inter-rater tulokset sisäkierron osalta HHD:llä olivat maksimaalista suoritusta mitattaessa ICC 0.96, SEM 3.08 ja MDC 8.54 sekä ulkoisesti tuetun HHD:n tulokset olivat ICC 0.96, SEM 2.47 ja MDC 6.85. HHD kuitenkin saavutti hieman korkeammat tulokset intra- ja inter-raterin luotettavuuden perusteella sekä pienemmillä MDC ja SEM tuloksilla, verratessa isokineettisiin tuloksiin. Tutkimuksessa testaukset HHD:n ja ulkoisesti tuetun HHD:n osalta tehtiin ainoastaan olkanivelen neutraaliasennossa, koska muita olkanivelen voimantuottosuuntia oli

haastavaa standardoida seisoma-asennossa, kuten isokineettisissä mittauksissa. (Holt ym. 2016.)

Taulukko 7. Tutkimukset olkanivelen sisäkierron suhteen

TUTKIMUS	MITÄ MITATAAN?	MITEN MITATAAN?	TULOS (ICC)
Katoh 2015	Test-retest	Istuen ja vyöllä stabloitu yläraaja	0.963
Awatani ym. 2016	Intra-rater Inter-rater	Mahallaan olkanivelen ollessa 90 asteen loitonnuksessa ja 90 asteen ulkokierrossa, sekä kyynärpää 90 asteen koukistuksessa ja kyynärvarsi neutraalissa asennossa.	0.903 – 0.976 0.952 – 0.974
Holt ym. 2016	 Intra-rater Inter-rater	Seisoma-asento Kaksi mittaustekniikkaa Ulkoisesti tuettu dynamometri Kädessä pidettävä dynamometri Ulkoisesti tuettu dynamometri Kädessä pidettävä dynamometri	 0.86-0.96 0.95-0.96 0.88-0.96 0.95-0.96
Cools ym. 2014	Intra-rater	Istuen, selällään ja mahallaan	0.93-0.99

	Inter-rater	Testaaja tuki yläraa-jaa kädellään	0.94-0.99
McLaine ym. 2016	Intra-rater	Istuen Selällään Mahallaan 2 testi kertaa Ei ulkoista tukea	0.90-0.97 0.93-0.97 0.94-0.97

8.5 Horisontaalinen lähennys

Hirano & Katoh (2015) tutkimuksessa mitattiin olkanivelen horisontaalisen lähennyksen voimantuottoa dynamometrillä, kun käsivarsi tuettiin tutkijan kädellä tai vyöllä. Tuloksia vertailtiin toisiinsa. Intra- ja inter-rater luotettavuudet olivat 0.84-0.99 ja 0.84-0.94. Tuloksia mitattiin kilogrammoina, SEM merkittiin erikseen ja ainoastaan <10% SEM hyväksyttiin näissä kliinisissä olosuhteissa. Suurempia tuloksia saatiin, kun käsivarsi oli tuettuna vyön avulla. Tuloksia tarkastellessa huomattiin, että suurimmat tulokset saatiin 1. ja 2. mittauskerran aikana, verrattuna 3. mittauskertaan. Ryhmässä <30 kg 1. ja 2. mittauskerran välinen SEM oli 2.8 kg, kun 2. ja 3. mittauskerran välinen SEM oli 1.3 kg. Tulosten perusteella, tämänkaltainen tutkimus on toistettavissa kliinisissä olosuhteissa hyvin, SEM pysyessä <10% ja testattavien ollessa terveitä yksilöitä. (Hirano & Katoh 2015.)

9 TUTKIMUSTULOKSET

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella voidaan todeta, että kaikki kirjallisuuskatsauksessa käsitellyt olkanivelen voiman mittaustavat kaikissa liikesuunnissa ovat luotettavia ja toistettavissa, joko eri testaajan tai saman testaajan tekemänä. Mittaustavoissa on kuitenkin isoja eroja käytännöllisyydessä, testattavan kehon ja yläraajan asennoissa, stabiliteetin käytössä, mittaustulosten ilmoitustavoissa, mittauksien toistomäärissä ja testaajan sijoittumisessa mitattavaan nähden, kädessä pidettävän dynamometrin sijoittamisessa, sekä testaajien tavoissa käyttää dynamometria mittauksien aikana.

Monet tutkimukset osoittivat, että luotettavimmat tulokset mittauksista saadaan laskemalla 2-3 mittauksen keskiarvo, jolloin virheiden mahdollisuus pienenee, testattava jaksaa keskittyä ja antaa kaikkensa toistojen aikana. Vastaavasti useamman mittaustoiston tekeminen tai tuloksen ilmoittaminen korkeimman mittaustuloksen mukaan koettiin kasvattavan virheiden määrää ja vähentävän mittausten luotettavuutta.

Muutamassa tutkimuksessa koettiin, että ennen testausta lyhyt lämmittely olkapäille voi vaikuttaa mittauksen luotettavuuteen sitä parantavasti, jos esimerkiksi lämmittelyliikkeet ovat samoja mitä mittauksissa tullaan suorittamaan. Testattava on silloin valmiina tulevaan mittaukseen ja ensimmäiset toistot mittauksista eivät mene liikkeen oppimiseen tai totutteluun ja tulokset ovat tällöin enemmän yhtenevät. On huomioitava, että lämmittely ei saa olla liian pitkä, jotta testattava ei väsy liikaa ennen suoritusta.

Stabiliteetin käyttö voi nostaa mittauksien luotettavuutta, mutta useamman tutkimuksen mukaan se saattoi myös omalta osaltaan vaikuttaa siihen negatiivisesti, riippuen tavasta, jolla se toteutettiin. Esimerkiksi Katoh (2015) käytti mittauksissa vyötä tukemaan yläraajaa mittauksen aikana kiinnittämällä sen pöydän jalkaan tai runkoon, sekä kiinnitti HHD:n testattavaan. Mittaustapa vaatii paljon ennakkovalmisteluita ja tarkkuutta, jotta yläraaja on oikeassa kulmassa ja mittari sijoitettuna oikein. Lisäksi useampi mittaustoisto voi olla testattavalle hyvin epämukava suorittaa tässä asennossa. Vastaavasti McLaine ym. (2016) eivät hyödyntäneet ulkoista tukea mittauksissa ja saivat luotettavuuden osalta lähes yhteneviä tuloksia verrattuna Katoh (2015) tutkimukseen. Sen etuina ovat suoritustavan yksinkertaisuus, sekä mittauksen suorittaminen luotettavasti ja nopeasti.

Kaikissa systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa käytetyissä tutkimuksissa oli joitakin eroja testattavan mittausasennossa ja yläraajan asennossa. Merkittäviä eroja oli myös testaajan sijoittumisessa testattavaan nähden. Vaikka kaikista mittausasennoista saatiin luotettavia tuloksia, oli mittausvirheiden määrässä pientä vaihtelua. Suositelluin mittausasento on testattavan ollessa selällään, koska se

koettiin testaajan kannalta ergonomisimmaksi asennoksi. Testaaja saa tässä asennossa hyödynnettyä myös vipuvarsi voimaa riippuen testattavan yläraajan asennosta, jolloin testaajan mahdollisesti testattavaa heikompi lihasvoima ei vaikuta mittaustuloksiin yhtä paljon, kuin muissa asennoissa. Esimerkiksi Celik ym. (2012) tekemässä epäkäslihaksen yläosan mittauksessa testattava istui tuolilla ja testaaja seisoi. Huomattiin, että voimiltaan heikompi testaaja ei pystynyt stabiloimaan dynamometria voimakkaampaa testattavaa vastaan, jolloin mittausvirheet kasvoivat ja luotettavuus mittauksessa kärsi. Holt ym. (2016) huomasivat, että seisten tehdyissä mittauksissa lihasvoiman väsyminen voi olla hieman nopeampaa ja testattavan olkanivelen kulmat voivat herkästi muuttua mittauksen aikana, jolloin tulos vääristyy ja luotettavuus vähenee.

Kaikissa tutkimuksissa ilmaistiin tarkasti missä ja miten dynamometria pidettiin mittauksien aikana, sekä sanoin ja joissain tutkimuksissa myös selkeiden kuvien avulla. Tutkimuksissa HHD:tä pidettiin paikoillaan testaajan toimesta, maata vasten, ulkoisten laitteiden, kuten kineettisten mittareiden avulla ja vyöllä tukien. Kaikki tutkimukset olivat yhtä mieltä siitä, että käytännöllisyyden ja helppokäyttöisyyden takia on parasta, että testaaja tukee dynamometria omalla kädellään tai, että se tuetaan esimerkiksi lattiaa vasten, ilman ulkoisia stabiloijia. Katoh (2015) teki tutkimuksen olkanivelen voiman mittaamisesta tukien mitattavan raajan vyön avulla paikoilleen, saaden tekniikalla erinomaisia tuloksia. Hän kuitenkin myös totesi tutkimuksen lopussa, että tutkimustilanteen järjestely vaatii paljon erilaisia esineitä, joten on järkevämpää toteuttaa mittaukset niin, että testaaja tukee itse dynamometria.

Tutkimusten tärkeimmät huomiot liittyen dynamometrin asetteluun olivat aikaisemmin mainittu testaajan voiman puute ja testattavan asennon ylläpito koko testauksen ajan. On todella tärkeää, että testaajat varmistavat jokaisen testattavan kohdalla mittausasennon koko suorituksen ajan, koska muuten mittaustulokset voivat vaihdella toisiinsa nähden huomattavasti. Holt ym. (2016) toteavat esimerkiksi, että olkanivelen voiman mittaamisen kohdalla pienikin kiertoliike saattaa vaikuttaa mittaustuloksen luotettavuuteen.

Yllä mainittujen tekijöiden perusteella voimme suositella olkanivelen lihasvoiman mittaamiseen kädessä pidettävällä dynamometrilla McLaine ym. (2016) ja Cools ym. (2014) mittaustapoja käyttäen. Etenkin testattavan ollessa selällään suoritetut mittaukset koettiin helpoiksi toteuttaa ja olivat luotettavuudelta erinomaisia. Mittauksissa ei tarvittu myöskään ulkoista stabiliteettia. McLaine ym. (2016) mittaukset olivat suunnattu erityisesti urheilijoille, joiden urheilulajeissa yläraajan liike suuntautuu usein pään yläpuolelle. Sen takia mittaus soveltuu erityisesti olkanivelen suorituskyvyn seuraamiseen hartialinjan yläpuolella tapahtuvissa liikkeissä, mutta voi myös olla käytettävissä yleisesti olkanivelen suorituskyvyn arvioimiseen kliinisissä olosuhteissa. Mittaustavan luotettavuutta oli arvioitu tutkimuksessa ainoastaan yhden testaajan suorittamana, joten mittaustavan soveltuvuudesta käytettäväksi eri testaajien tekemänä tarvitaan lisää tietoa. Cools ym. (2014) tutkimuksessa arvioitiin luotettavuutta yhden testaajan, sekä eri testaajien välillä, mutta mittaukset suoritettiin vain ulko- ja sisäkierto -liikesuuntiin. Luotettavuuden osalta voimme suositella Cools ym. (2014) mittaustapaa varsinkin olkanivelen sisä- ja ulkokierto -liikesuuntiin.

10 POHDINTA

Valitsimme opinnäytetyömme aiheeksi olkanivelen, koska halusimme molemmat syventyä sellaiseen aiheeseen, josta myös tulevaisuudessa tulemme suuresti hyötymään. Olemme jo opiskeluaikana kohdanneet paljon asiakkaita, joilla on ongelmia olkanivelen kanssa ja tiedämme, että nykyajan jatkuvasti lisääntyvä istumatyö sekä epäaktiivinen elämäntyyli eivät varmasti tule vähentämään näitä ongelmia. Meistä molemmat myös ovat taistelleet omalta osaltaan huonon ryhdin ja olkapään ongelmien parissa. Sen takia aiheen valinta oli hyvin looginen. Halusimme erityisesti syventää tietotaitoamme olkanivelen sekä hartiarenkaan anatomiasta ja biomekaniikasta. Voiman mittaaminen olkanivelen osalta tuli ehdotuksena työn toimeksiantajalta ja tartuimme siihen heti, koska olkaniveleen halusimme molemmat perehtyä ennestään. Samalla pystyisimme oppimaan lisää aiheesta voiman mittaaminen, joka ei välttämättä niin tuttu kummallekaan ollut.

Työn anatomiaosiosta tuli suhteellisen laaja, mutta meistä aiheeseen kuuluivat oleellisesti olkanivelen toiminnan lisäksi siihen vaikuttavat lihakset, nivelet ja luut

sekä hartiarenkaan toiminta kokonaisuudessaan. Tiesimme, että osiota voidaan myöhemmin tiivistää, jos on tarpeen. Kysyimme toimeksiantajalta anatomiaosuuden laajuuden tarpeellisuudesta, eikä sen tiivistäminen ollut tarpeellista, vaikka työ osoitetaan pääasiassa valmistuneille fysioterapeuteille, avuksi heidän työssään. Joka tapauksessa tiivistimme työn aikana anatomiaosuutta alkuperäisestä versiosta yhteensä noin 10 sivua.

Teoriaosuutta varten löysimme nopeasti lähteitä ja aloitimme työn tekemisen siltä pohjalta. Uusien lähteiden löytämisestä tuli kuitenkin jossain vaiheessa haastavaa, koska tarvitsimme tietoa esimerkiksi tietyistä nivelistä tai lihasten lähtö- ja kiinnityskohdista. Kymmenien kirjastojen ja tuhansien sivujen jälkeen saimme kasaan kattavan teoriapaketin, jota varmasti moni pystyy hyödyntämään.

Tutkimuksien tiedonhakuprosessi osoittautui yllättävän laajaksi ja haastavaksi tehtäväksi, koska aiheesta olkanivelen voiman mittaaminen ei tahtonut löytyä sellaisia tutkimuksia kuin tarvitsimme. Tiedostimme heti alussa, että kaikki tutkimukset tulevat olemaan englanninkielisiä ja löysimme pitkän etsinnän jälkeen monipuolisia sekä erilaisia tutkimuksia, jotka pääsivät laadun arvioinnista läpi. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus paljastui työn edetessä suurisuuntaiseksi projektiksi, joka vaati hyvin paljon teoriatietoon perehtymistä sekä kirjallisen osuuden laajentamista, ennen kuin tutkimustiedon pariin tai yhteenvedon tekemiseen pystyi siirtymään.

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan kuormittava projekti, koska kaikesta tuli neuvotella ja aikatauluja oli vaikea sovittaa yhteen, sillä asuimme 300 km päässä toisistamme. Aikaa sekä kilometrejä kului paljon, mutta parityöskentelyn kautta työhön on avautunut uusia perspektiivejä ja välillä on hyvä pyöritellä ajatuksia ääneen, ennen kuin niitä kirjoittaa ylös. Aiheen valinta on ollut isossa roolissa opinnäytetyön laajuuden näkökulmaa ajatellessa. Opinnäytetyöhön käytetty työpanos ja –määrä joka tapauksessa varmasti auttavat meitä jatkossa.

10.1 Oma oppimisprosessi opinnäytetyön aikana

Koko opinnäytetyö on ollut jatkuvaa uuden oppimista ja vanhan opitun tiedon kertaamista. Olisimme varmasti pystyneet kirjoittamaan esimerkiksi olkaniveleen vaikuttavien lihasten toiminnasta ja kiinnityskohdista aikaisemman tietämyksen perusteella, mutta lähteiden etsimisen kautta jo aikaisemmin opittu tietämys vahvistui entisestään, mikä on äärimmäisen hyvä asia. Halusimme oppia aiheesta lisää ja työtä oli hyvin mielenkiintoista viedä eteenpäin, koska aihe oli oikeasti kiinnostava. Tutustuimme voimanmittaus tekniikkoihin ja meille molemmille kädessä pidettävä dynamometri oli täysin uusi väline. Käsitys sen luotettavuudesta ja käyttäjäystävällisyydestä vahvistui kirjallisuuteen sekä tutkimuksiin syventymällä.

Projektina opinnäytetyö on ollut mielenkiintoinen ja ajatuksia herättävä matka. Olemme oppineet valtavasti uutta tietoa ihmisen anatomiasta, voiman mittaamisesta ja eritoten systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemisestä vaihe vaiheelta. Kaikki päätökset opinnäytetyön etenemisen ja sisällön puolesta teimme yhdessä. Molemmat meistä ovat perehtyneet ja osallistuneet kaikkien opinnäytetyön vaiheiden sekä lukujen kirjoittamiseen. Etäisyyden takia olisimme voineet sopia työvaiheista etukäteen tarkemmin, jotta työtä olisi ollut helpompi viedä eteenpäin myös yksin ollessaan. Yhdessä sovitut intensiivijaksot opinnäytetyötä koskien ovat edistäneet työtä kaikista tehokkaimmin.

Valitun tutkimusmenetelmät todenmukainen laajuus yllätti meidät aluksi ja aineiston keruuseen sekä sen purkuun meni meiltä paljon aikaa, mutta saimme koottua tutkimukset ja tutkimustiedon tuloksellisesti yhteen. Olemme erittäin tyytyväisiä lopputulokseen.

10.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyömme luotettavuuteen sekä eettisyyteen vaikuttavat erityisesti valittujen tutkimusten laatu ja niiden käsittely, siihen pyrimme koko prosessin ajan vaikuttamaan heti alusta asti. Käytimme paljon aikaa tutkimusten etsimiseen, hakusanojen valintaan ja sivustoihin, joista tutkimuksia etsimme. Lähtökohtaisesti ha-

lusimme keskittyä ainoastaan luotettaviin tietokantoihin, joista löytyy paljon fysioterapiaan liittyviä tutkimuksia. Luotettavuuteen vaikuttaa oleellisesti se, että kaikki käyttämämme tutkimukset ovat englanninkielisiä ja lievien käännösvirheiden ilmeneminen on todennäköistä, vaikka molemmat olemme lukeneet kaikki tutkimukset huolellisesti läpi ja keskustelleet niistä toistemme kanssa. On myös tärkeää, että englanninkieliset tutkimukset käännetään hyvin, jotta niiden käsitteleminen on samaan aikaan eettisesti oikeutettua. Pyrimme avaamaan jokaisen tutkimuksen sanatarkasti mahdollisimman luotettavan ja laajan kirjallisuuskatsauksen aikaansaamiseksi.

Valitsimme työhön sellaisia tutkimuksia, joissa käytetyt mittaustekniikat ovat toistettavissa normaalissa työympäristössä ja, joista toimeksiantaja sekä fysioterapian työtä tekevät pystyvät hyötymään. Halusimme samalla löytää sellaisia tutkimuksia, missä käytettyjä mittaustekniikoita pystyisimme itse tekemään ja toistamaan tutkimuksen perusteella. Aineistojen valintaan vaikutti oleellisesti myös tutkimustulosten luotettavuus ja ulosanti. Määrittelimme tarkasti laadunarvioinnin välineet, sisäänottokriteerit ja tutkimuskysymykset, jotka kaikki osaltaan vaikuttavat huomattavasti kirjallisuuskatsauksen luotettavuuteen. Tutkimusten tuloksia on käsitelty muokkaamattomina ja työssä on käytetty ainoastaan alkuperäisiä lähteitä, sillä tavoin olemme pystyneet pitämään työn eettisenä koko työn ajan.

Kokosimme tutkimukset taulukoihin olkanivelen liikesuunnan ja mittaustekniikan perusteella. Teimme yksinkertaiset, selkeät ja helposti tulkittavissa olevat taulukot, joista käy ilmi tutkimusten tulokset, arviointikeinot sekä menetelmät. Taulukot auttavat jäsentämään ja selventämään tutkimusten tulkinnassa. Onnistuimme vastaamaan opinnäytetyössä asettamiimme tutkimuskysymyksiin luotettavasti.

10.3 Jatkotutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä käytetyistä tutkimuksista ainoastaan Celik ym. (2012) tutkimuksessa mitataan terveiden testattavien lisäksi testattavia, joilla on olkanivelen kanssa ongelmia. Kaikissa tutkimuksissa kohderyhmä on iältään noin 18-50-vuotiaita. Usean tutkimuksen keskusteluosiossa nostetaan esille se, kuinka tällaiset

mittaukset vaikuttaisivat ongelmallisiin olkaniveliin, esimerkiksi sellaisiin olkapäihin, joissa on pinneoireyhtymää tai vaurioita jänteissä. Tutkimuksissa pohditaan myös miten vanhempi väestö pystyisi mittauksia suorittamaan, jos testattava muun muassa sairastaisi jotain rappeuttavaa tautia, olisivatko mittaustulokset silloin totuudenmukaisia.

Tutkimuksiin perehtyessämme samankaltaisia kysymyksiä nousi esille. Jatkotutkimuskysymyksiä olisivat: Kuinka luotettavasti ja toistettavasti olkanivelen voiman mittaamista voidaan tehdä, kun toimitaan ongelmallisten olkanivelten parissa? Miten olkanivelen voimanmittaustapoja voidaan soveltaa luotettavasti ikääntyneiden ja sairaiden asiakkaiden kanssa? Jatkotutkimuskysymyksiin perehtyminen voisi mahdollisesti antaa uusia keinoja sekä ideoita olkanivelen kuntoutusta ajatellen. Olkanivel on kuitenkin ihmiskehon liikkuvin nivel ja sitä kautta alttiina rasitukselle sekä vammoille.

LÄHTEET

Aaltonen, M., Hernesniemi, S. & Pihlaja, O. 2016. Sydän paikallaan – Anatomia ja fysiologia. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

AbilityLab. 2016. Statistical Terms & Use. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.sralab.org/statistical-terms-use. [viitattu 3.11.2017]

Alaranta, H., Pohjolainen, T., Salminen, J. & Viikari-Juntura, E. 2003. Fysiatria. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Akoochakian, M., Ali Davari, H. & Rahnama, N. 2017. Evaluation of shoulder girdle strength more than 12 months after modified radical mastectomy and axillary nodes dissection. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5508501/. [viitattu 3.9.2017]

Autti-Rämö, I., Salminen, A-L. & Rajavaara, M. 2016. Kuntoutuminen. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Awatani, T., Mori, S., Shinohara, J., Koshiba, H., Nariai, M., Tatsumi, Y., Nagata, A. & Morikita, I. 2016. Intra- and inter-rater reliability of isometric shoulder extensor and internal rotator strength measurements performed using a hand-held dynamometer. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5140798/. [viitattu 13.9.2017]

Awatani, T., Mori, S., Shinohara, J., Koshiba, H., Nariai, M., Tatsumi, Y., Nagata, A. & Morikita, I. 2015. Same-session and between-day intra-rater reliability of hand-held dynamometer measurement of isometric shoulder extensor strenght. WWW-dokumentti. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4842469/. [viitattu 13.9.2017]

Celik, D., Dirican, A. & Baltaci, G. 2012. Intrarater Reliability of Assessing Strength of the Shoulder and Scapular Muscles. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/profile/Derya_Celik/publication/223976564_Intrarater_Reliability_of_Assessing_Strength_of_the_Shoulder_and_Scapular_Muscles/links/54edbf070cf272fc6d22453b/Intrarater-Reliability-of-Assessing-Strength-of-the-Shoulder-and-Scapular-Muscles.pdf. [viitattu 2.9.2017]

Cools, A., De Wilde, L., Van Tongel, A., Ceyssens, C., Ryckewaert, R. & Cambier, D. 2014. Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.ezproxy.jyu.fi/science/article/pii/S1058274614000378. [viitattu 13.9.2017]

DBC Suomi Oy. 2017a. Bodium. WWW-Dokumentti. Saatavissa: http://bodium.fi/meista/. [viitattu 22.8.2017]

DBC Suomi Oy. 2017b. Bodium. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://bodium.fi/fysioterapia-jyvaskyla/. [viitattu 22.8.2017]

Di Giacomo, G., Pouliart, N., Costantini, A. & De Vita, A. 2008. Atlas of Functional Shoulder Anatomy. Berlin: SPRINGER.

Furlan, AD., Malmivaara, A., Chou, R., Maher, CG., Deyo, RA., Schoene, M., Bronfort G. & Van Tulder, M. 2015. Updated Method Guideline for Systematic Reviews in the Cochrane Back and Neck Group. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26208232. [viitattu 30.9.2017]

Gilroy, A., MacPherson, B. & Ross, L. 2009. Atlas of Anatomy. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.

Hirano, M. & Katoh, M. 2015. Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4540832/. [viitattu 6.9.2017]

Holt, K., Raper, D., Boettcher, C., Waddington, G. & Drew, M. 2016. Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.ezproxy.jyu.fi/science/article/pii/S1466853X16300578. [viitattu 10.9.2017]

Huang, J. & Leong, F. 2016. Standard error of measurement (SEM). WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.britannica.com/science/standard-error-of-measurement. [viitattu 2.11.2017]

Hulmi, J. 2015. Lihastohtori – Näyttöön perustuva tietopankki sporttiseen kuntoon. 2. painos. Saarijärvi: Fitra Oy.

Johansson, F., Skillgate, E., Lapauw, M., Clijmans, D., Deneulin, V., Palmans, T. & Cools, A. 2015. Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability
and Validity. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4532183/. [viitattu 3.9.2017]

Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L. 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. 1. painos. Turku: Turun yliopisto.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. 1. painos. Jyväskylä: Suomen Yliopistopaino Oy.

Kapandji, I., A. 1997. Kinesiologia I. 1. painos. Laukaa: Medirehab kirjakustannus.

Katoh, M. 2015. Test-retest reliability of isometric shoulder muscle strength measurement with a handheld dynamometer and belt. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/6/27_jpts-2015-011/_pdf. [viitattu 3.9.2017]

Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 166. Tampere: Tammerprint Oy.

Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. 1. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Koo, T. & Li, M. 2016. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Realiability Research. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/. [viitattu 2.11.2017]

Latvala, E. & Vanhanen-Nuutinen, L. 2003. Laadullisen hoitotieteellisen tutkimuksen perusprosessi: Sisällönanalyysi. 2. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2017. Anatomia ja Fysiologia – Rakenteesta toimintaan. 7. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

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 22.11.2017]

Martins, J., Rodrigues da Silva, J., Rodrigues Barbosa da Silva, M. & Bevilaqua-Grossi, D. 2017. Dynamometer in Hip- and Knee-Strength Tests. PDF-tiedosto. Saatavissa: http://natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-52.6.04. [viitattu 3.9.2017]

McLaine, S., Ginn, K., Kitic, C., Fell, J. & Bird, ML. 2016. The Reliability of Strength Tests Performed In Elevated Shoulder Positions Using a Handheld Dynamometer. PDF-Dokumentti. Saatavissa: http://journals.humankinetics.com/pb-assets/hkj/JSR/Technical%20Reports/TR20_McLaine_JSR_2015-0034.pdf. [viitattu 14.9.2017]

Ministry of Health. 2006. Documentation based care. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.moh.gov.my/index.php/database_stores/attach_download/347/71. [viitattu 16.9.2017]

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S. 2009. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18. uudistettu painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Parker, S. 2010. Ihmiskeho Ensyklopedia – kuvitettu opas kehon järjestelmiin, toimintoihin ja sairauksiin. 1. painos. Helsinki: A Bonnie Group Company.

Reichert, B. 2008. Käytännön anatomia 1 – ylä- ja alaraajojen tutkiminen palpaation keinoin. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Roy, JS., MacDermid, J., Orton, B., Tran, T., Faber, K., Drosdowech, D., & Athwal, G. 2009. The Concurrent Validity of a Hand-held versus a Stationary Dynamometer in Testing Isometric Shoulder Strength. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.ezproxy.jyu.fi/science/article/pii/S0894113009000453. [viitattu 15.9.2017]

Saresvaara, M. & Ojala, B. 2000. Nivelten ja lihasten fysioterapia, Trigger-kivut ja toiminnallinen anatomia. 3. muuttumaton painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Painos 2. Turku: Turun yliopisto.

Shimandi, K., Onishi, T., Ogawa, Y., Yamauchi, J., & Kawada, S. 2017. Evaluation of bilateral force deficit in shoulder flexion using a handheld dynamometer in healthy subjects. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5574335/. [viitattu 16.9.2017]

Stark, T., Walker, B., Phillips, J., Fejer, R., & Beck, R. 2011. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.ezproxy.jyu.fi/science/article/pii/S1934148210013250. [viitattu 25.9.2017]

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Uusaro, A. & Ruokonen, E. 2000. Milloin näyttö riittää? WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.finnanest.fi/files/p_uusaro.pdf. [viitattu 30.9.2017]

Valkeinen, H., Anttila, H. & Paltamaa, Jaana. 2014. Opas toimintakyvyn mittarin arviointiin TOIMIA-verkostossa. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.thl.fi/documents/974257/1449823/Mittariopas_VALMIS_090614+%282%29.pdf/b53595b9-15b8-4fa3-8765-23cd9221de8f. [viitattu 2.11.2017]

Virtapohja, H., Asklöf, T. & Taimela, S. 2002. Niska- ja yläraajavaivojen ennaltaehkäisy, hoito ja kuntoutus – Olkanivelen ja hartiarenkaan toiminnallinen anatomia ja kliininen tutkimus. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. 2011. Liikuntalääketiede. Painos 3.-4. Vantaa: Hansaprint Oy.

Yoshida, K., Akiyama, S., Takamori, M., Otsuka, H., & Seo, Y. 2017. Changes in T2-weighted MRI of supinator muscle, pronator teres muscle, and extensor indicis muscle with manual muscle testing. PDF-dokumentti. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5361000/. [viitattu 15.9.2017]

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kuvakaappaus Lihastohtori sivustolta artikkelista Olkapäiden toiminta ja vammojen ehkäisy – Hänninen ja Koivuranta 2016. Saatavissa: https://lihastohtori.wordpress.com/2016/05/14/olkapaat-ehkaise-vammat-hanninen-ja-koivuranta/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 2. Kuvakaappaus Lihastohtori sivustolta artikkelista Olkapäiden toiminta ja vammojen ehkäisy – Hänninen ja Koivuranta 2016. Saatavissa: https://lihastohtori.wordpress.com/2016/05/14/olkapaat-ehkaise-vammat-hanninen-ja-koivuranta/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 3. Kuvakaappaus yrityksen The-Crankshaft Publishing sivuston artikkelista Organization of the Human (Structure and Functions) (Nursing) Part 1. Saatavissa: http://what-when-how.com/nursing/organization-of-the-human-structure-and-function-nursing-part-1/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 4. Kuvakaappaus Lihastohtori sivustolta artikkelista Olkapäiden toiminta ja vammojen ehkäisy – Hänninen ja Koivuranta 2016. Saatavissa: https://lihastohtori.wordpress.com/2016/05/14/olkapaat-ehkaise-vammat-hanninen-ja-koivuranta/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 5. Kuvakaappaus sivuston Musculoskeletal Key artikkelista Shoulder. Saatavissa: https://musculoskeletalkey.com/shoulder-6/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 6. Kuvakaappaus Lihastohtori sivustolta artikkelista Olkapäiden toiminta ja vammojen ehkäisy – Hänninen ja Koivuranta 2016. Saatavissa: https://lihastohtori.wordpress.com/2016/05/14/olkapaat-ehkaise-vammat-hanninen-ja-koivuranta/. [viitattu 16.9.2017]

Kuva 7. Kuvakaappaus Ludewigin & Reynoldsin 2009 julkaistusta artikkelista The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies. Saatavissa: http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2009.2808. [viitattu 22.11.207]

Kuva 8. Kuvakaappaus Lojer Oy: n sivustolta. Saatavissa: https://shop.lojer.com/fi/tuote/8517958/9120210/microfet2-dynamometri/12349309/1. [viitattu 22.11.2017]

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Jaottelu PICO-menetelmää käyttäen

Taulukko 2. Tiedonhakuprosessi

Taulukko 3. Valittujen tutkimusten pisteytys Van Tulder –menetelmää mukaillen

Taulukko 4. Tutkimukset olkanivelen koukistuksen suhteen

Taulukko 5. Tutkimukset olkanivelen ojennuksen suhteen

Taulukko 6. Tutkimukset olkanivelen ulkokierron suhteen

Taulukko 7. Tutkimukset olkanivelen sisäkierron suhteen

LIITTEET

Liite 1. Käytetyt tutkimukset

Tutkimuksen bibliografiset tiedot	**Tutkimuskohde ja tutkimuskysymykset**	**Otoskoko, osallistujat ja menetelmät**	**Keskeiset tutkimustulokset**
Awatani, T., Mori, S., Shinohara, J., Koshiba, H., Nariai, M., Tatsumi, Y., Nagata, A. & Morikita, I. 2015 Same-session and between-day intra-rater reliability of hand-held dynamometer measurement of isometric shoulder extensor strength University of Tsukuva, Japan. 28	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää käden ojentajalihasten voimantuottoa olkavarren ollessa maksimaalisessa loitonnuksessa, mahallaan ollessaan, dynamometrilla mitatessa. Kuinka voimaerot kahden samanlaisen tilanteen suorittamisessa muuttuvat, kun tilanteiden välissä on viikko taukoa?	13 tervettä vapaaehtoista. 10 miestä ja 3 naista. Osallistujat olivat mahallaan, käsi maksimaalisessa loitonnuksessa. Maata vasten oli pidettävä mahdollisimman voimakas paine, jonka dynamometri mittasi. Osallistujat suorittivat 3 x 3 sekunnin mittaista isometristä supistusta, yhden mittauskerran aikana. Toistojen välissä sai levätä korkeintaan 5 minuuttia. Mittauksia tehtiin kaksi kertaa, joiden välissä oli viikko lepoa.	Systemaattisia ongelmia ei ollut ja tulokset olivat lähes ”täydellisiä”. Mittaus on helposti toistettavissa myös muille kontrolliryhmille. Mittausta voidaan käyttää luotettavasti olkavarren ekstensoreiden voimatasojen mittaamisessa, koska esimerkiksi mahdollinen stabilaation puutos asennossa poissuljetaan.

Katoh, M. 2015 Test-retest reliability of isometric shoulder muscle strength measurement with a handheld dynamometer and belt Ryotokuji University, Japan. 27	Tutkimuksen tavoitteena on kehittää keino, kuinka olkanivelen isometristä lihasvoimaa voidaan mitata kädessä pidettävää dynamometria ja vyötä apuna käyttäen. Kuinka luotettava testi tulee olemaan?	40 tervettä aikuista. 20 naista ja 20 miestä. Ei taustalla olkapää ongelmia. Kuusi eri olkapään isometristä lihasvoima tapaa, mitattiin kahdesti (koukistus, ojennus, loitonnus, ulkokierto, sisäkierto, horisontaalinen ojennus). 50%, 70%, 100% voimantuotto, lämmittelyssä ja harjoituksessa. 3 sekunnin maksimaalinen pito ja 30 sekunnin tauko. Käsi tuettiin pöytää vasten vyöllä. Tutkittava makasi tai istui plintillä eri asennoissa testien ajan.	Erilaisia ongelmia tuli ja heittoa oli liikkeiden välillä suhteellisen paljon. Esimerkiksi koukistus ja sisärotaatio voivat vaikuttaa testattavan toimintakykyyn testin aikana. Koska kahden mittauksen välissä oli suuria eroja, valittiin tuloksista suurempi. Testin voisi mahdollisesti suorittaa 3 tai 4 kertaa jatkossa. Vanhukset on huomioitava erikseen, koska nyt kaikki testattavista olivat nuoria ja terveitä.

Awatani, T., Morikita, I., Shinohara, J., Mori, S., Nariai, M., Tatsumi, Y., Nagata, A. & Koshiba, H. 2016 Intra- and inter-rater reliability of isometric shoulder extensor and internal rotator strength measurements performed using a hand-held dynamometer Kyoritsu University, Japan. 28	Tutkimuksen tarkoituksena oli saada aikaan toistettava voimanmittauskeino olkaniveltä ojentaville lihaksille olkapään ollessa maksimaalisessa loitonnuksessa. Myös sisäkierron voimaa haluttiin testata käden ollessa 90 asteen loitonnuksessa, dynamometria apuna käyttäen.	12 tervettä nuorta aikuista, jotka olivat 19-20-vuotiaita. Tarkastajina toimi kaksi opiskelijaa, joilla ei ollut aikaisempaa kliinistä kokemusta mittarin käytöstä. He pitivät huolta siitä, että osallistujat ovat koko ajan oikeassa asennossa. Tarkastajat, eivätkä osallistujat nähneet mittaustuloksia mittauksen aikana. - Osallistujat olivat mahallaan maassa ja isometristä voimaa mitattiin mittarin ollessa maata vasten.	Tulokset olivat lähes täydellisiä. Tutkimus todisti, että testit ovat hyvin luotettavia. Testissä käytetyllä tavalla voidaan arvioida lihasvoimaa yksinkertaisesti.
McLaine, S., Ginn, K. Kitic, C. Fell, J. & Bird M-L. 2016 The Reliability of Strength Tests Performed In Elevated Shoulder Positions Using a Handheld Dynamometer	Tutkimuksessa tutkitaan olkanivelen voiman mittauksen luotettavuutta yhden testaajan tekemänä kädessä pidettävällä dynamometrillä kolmessa eri vartalon asennossa käden ollessa 90 asteen loitonnuksessa tai sen yli.	Osallistujat olivat 18 – 30-vuotiaita vapaaehtoisia yliopiston henkilökuntaa tai oppilaita (N=15). Pois sulkevia kriteereitä olivat viimeisen kahden kuukauden aikana sijoiltaan mennyt tai leikattu olkapää, sekä kipu olkapäässä kyseisen ajanjakson aikana. Menetelmänä käytettiin luotettavuutta arvioitsijoiden välillä.	Fleksio ja ekstensio suunnissa testit osoittivat hyvää luotettavuutta. Kaikki rotaatio suunnan testaukset osoittivat erinomaista luotettavuutta.

Holt, K., Raper, D., Boettcher, C., Waddington, G. & Drew, M. 2016 Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder	Tutkimuksen tarkoitus on selvittää kädessä pidettävän dynamometrin avulla olkapään sisä- ja ulkokierron voimantuoton luotettavuutta ja niiden korrelaatiota isokineettiseen testaamiseen verrattuna. Kuinka luotettava kädessä pidettävä dynamometri on verrattuna isokineettiseen lujuus testiin?	Yhteensä 20 testattavaa, 10 miestä ja 10 naista. Testattavilla ei ollut vammoja ja viikoittain liikunnallinen aktiivisuus oli vähintään 2,5 tuntia. Kellään ei ollut aikaisempaa kokemusta dynamometreistä tai isokineettisestä testaamisesta. 2 urheilufysioterapeuttia suorittivat testit. Testattavien tuli välttää ylävartaloa kuormittavaa harjoittelua päivää ennen testausta. Testauksen aikana asento oli vakioitu haara-asentoon, polvet lievästi koukussa, olkavarsi irti vartalosta, kyynärvarsi 90 asteen kulmassa ja ranne neutraaliasennossa.	Tulokset olivat luotettavuuden puolesta erittäin hyviä eri mittaajien välillä. Tulokset vaihtelivat toisiinsa nähden ainoastaan <10%. Myös tulokset kädessä pidettävän dynamometrin ja isokineettisen mittaamisen välillä olivat hyvin lähellä toisiaan.

Cools, A., Wilde, L, Tongel, A., Ceyssens, C., Ryckewaert, R. & Cambier, D. 2014 Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols	Olkanivelen liikkuvuus- ja voiman mittaaminen on välttämättömiä potilaiden tilan kliinisessä arvioinnissa. Tähän mennessä ei ole tehty kattavaa tutkimusta aiheesta, jossa tutkitaan erilaisten testauslaitteiden avulla tiettyä olkanivelen asennon voimantuottoa. Tutkimuksen tarkoituksena on määrittää absoluuttinen ja suhteellinen luotettavuus useille menetelmille, mitattaessa olkanivelen sisä- ja ulkokiertoa.	30 testattavaa, 15 naista ja 15 miestä, iältään 22 +/- 1,4 vuotta. 2 testaajaa, jotka mittasivat goniometrin avulla olkanivelen liikelaajuuden ja kädessä pidettävällä dynamometrilla olkanivelen voimantuottoa, nivelen ollessa erilaisissa asennoissa. Suhteellista luotettavuutta määriteltiin yhden mittaajan korrelaation välillä ja absoluuttista luotettavuutta mitattiin standardoidun asteikon mukaan. Järjestelmällisiä ja testaajien välisiä eroja ja olosuhteita analysoitiin riippuvuuksiin sekä toistettavuuteen liittyvän analyysin perusteella.	Tulokset olivat hyviä tai erinomaisia olkanivelen sisä- ja ulkokierron sekä voimanmittaamisen osalta, riippumatta potilaasta tai käytettävästä välineestä. Joissakin mittauksissa havaittiin eroavaisuuksia tilanteen ja testaajan välillä, myös potilas ja käytetyt laitteet saattoivat johtaa erilaisiin lopputuloksiin.

Johansson, F., Skillgate, E., Lapauw, M., Clijmans, D., Deneulin, V., Palmans, T. & Cools, A. 2015 Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability and Validity	Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella glenohumeraalinivelen ulkokiertäjien eksentrisen voimantuoton absoluuttista- ja suhteellista luotettavuutta sekä pätevyyttä voimaprotokollaa hyväksi käyttäen, jossa käytetään kädessä pidettävää dynamometria.	25 testattavaa, 9 miestä ja 16 naista. Testattavilla ei ole olkapäävamma historiaa. 2 itsenäistä arvioijaa testasivat testattavat, käyttäen kädessä pidettävää dynamometria ja isokineettistä testausmenetelmää. Testattavat osallistuivat kolmeen eri testaukseen, joista kaksi tehtiin kädessä pidettävällä dynamometrillä ja kolmas isokineettistä testausmenetelmää käyttäen. Ainoastaan testattavien vahvempaa käsivartta testattiin. Mittaus suoritettiin testattavan istuessa, olka- ja kyynärnivelen ollessa 90 asteen kulmassa.	Tuloksien luotettavuus yhden testaajan välillä oli erinomainen ja korrelaatio eri testaajien välillä olivat hyviä. Virhekorrelaatio kädessä pidettävän dynamometrin ja isokineettisen testausmenetelmän välillä oli matala.

Hirano, M. & Katoh, M. 2015 Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer	Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää absoluuttinen olkanivelen voimanmittaamisen luotettavuus horisontaalisessa loitonnuksessa mitattaessa kädessä pidettävällä dynamometrilla.	Testattavana oli 33 tervettä opiskelijaa. Mittaukset tehtiin kolme kertaa kiinnittämällä HHD vyöllä tai testaajan kädellä. Mittausten absoluuttinen luotettavuus todettiin käyttämällä Bland-Altman analyysiä.	Alle 30 kg ryhmässä systemaattista epäkeskeisyyttä ei havaittu ja vyöllä kiinnitetyn HHD arvot olivat parempia, kuin kädellä kiinnitetyn HHD. Vyöllä kiinnitetyn HHD mittauksissa arvot kolmannessa mittauksessa olivat pienemmät.

Celik, D., Dirican, A. & Baltaci, G. 2012 Intrarater Reliability of Assessing Strength of the Shoulder and Scapular Muscles	Tutkimuksella oli kaksi päämäärää. Ensimmäinen oli arvioida kädessä pidettävällä dynamometrillä tehdyn voimanmittauksen luotettavuutta olkanivelen ja lapaluun lihaksien osalta. Toinen vaihe oli vertailla luotettavuusarvoja painoindeksiin.	Mittaukseen otettiin 57 henkilöä (17 miestä ja 40 naista), joiden iän keskiarvo oli 35 vuotta. Mittauksia tehtiin kolme jokaiselle lihasryhmälle (epäkkään kaikki osat, hartialihaksen etuosa, etummainen sahalihas, ylempi lapalihas ja leveä selkälihas) ja laskettiin niiden keskiarvo. Mittausten välissä oli 30 sekuntia lepoa.	Tulokset esitettiin 5 taulukossa. Kaikki arvot osoittivat hyvää -erinomaista luotettavuutta (ICC 77–99). Tutkimuksessa todettiin dynamometrin olevan luotettava olkanivelen ja lapaluun lihasten voimanmittaamisessa ja sen koettiin olevan halpa, käytännöllinen ja luotettava mittaustapa.

Liite 2. Lapaluuhun kiinnittyvät lihakset. Saresvaara, M. & Ojala, B. 2000. Nivelten ja lihasten fysioterapia, Trigger-kivut ja toiminnallinen anatomia. 3. muuttumaton painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. & Schuenke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. 2008. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.

Lihas	**Lähtökohta / Origo (O)** **Kiinnityskohta / Insertio (I)** **Tehtävä / Funktio (F)**
Scapulohumeraalilihakset	
Supraspinatus	O: Lapaluun yläkuoppa (fossa supraspinatus) I: Iso olkakyhmy F: Olkanivelen ulkokierto, loitonnus, stabilointi
Infraspinatus	O: Lapaluun alakuoppa (fossa infraspinatus) I: Iso olkakyhmy F: Olkanivelen ulkokierto, stabilointi
Subscapularis	O: Lapaluun etupinta (fossa subscapularis) I: Pieni olkakyhmy (tuberculum minus humeri) F: Olkanivelen sisäkierto, lähennys, stabilointi
Teres minor	O: Lapaluun ulkoreuna (margo lateralis scapulae) I: Iso olkakyhmy F: Olkanivelen ulkokierto, lähennys, stabilointi
Teres major	O: Lapaluun ulkoreunan alaosa (margo lateralis scapul.) I: Pieni olkakyhmy (tuberculum minor) F: Olkanivelen ojennus, lähennys, sisärotatio
Deltoideus	O: Etuosa: Solisluu Keskiosa: Olkalisäke Takaosa: Lapaluun harju I: Hartialihaksen kyhmy (tuberositar deltoidea humeri) F: Etuosa: Olkanivelen loitonnus, sisäkierto, koukistus Keskiosa: Olkanivelen loitonnus Takaosa: Olkanivelen ojennus, ulkokierto, loitonnus
Axioscapulaarilihakset	
Rhomboideus major	O: Rintarangan okahaarakkeet TH1-4 (proc. spinosus) I: Lapaluun sisäreuna (margo medialis scapulae) F: Lapaluun lähennys, sisäkierto
Rhomboideus minor	O: Kaularangan okahaarakkeet C6-7 (proc. spinosus) I: Lapaluun sisäreuna F: Lapaluun lähennys, sisäkierto
Levator scapulae	O: Kaularangan poikkihaarakkeet C1-4 (processus transversus) I: Lapaluun yläkulma (angulus superior scapulae) F: Lapaluun nosto
Serratus anterior	O: Kylkiluut 1-8 I: Lapaluun sisäreuna F: Lapaluun stabilointi, lähennys
Trapezius	O: Yläosa: Takaraivoluu (os occipitale), kaularangan okahaarakkeet C1-6 (proc. spinosus)

	Keskiosa: Kaularangan alin- ja rintarangan ylimpien nikamien okahaarakkeet C7-TH2 Alaosa: Rintarangan okahaarakkeet TH3-12 I: Yläosa: Solisluu Keskiosa: Olkalisäke Alaosa: Lapaluun harju F: Yläosa: Lapaluun nostaminen Keskiosa: Lapaluun lähennys Alaosa: Lapaluun laskeminen
Pectoralis minor	O: Kylkiluut 3-5 I: Korppilisäke F: Lapaluun laskeminen, olkanivelen sisäkierto
Axioclaviculaarilihakset	
Subclavius	O: 1. kylkiluu I: Solisluun keskikolmannes F: Solisluun stabilointi, laskeminen
Sternocleidomastoideus	O: Rintalastan kahva, solisluun mediaalipää I: Kartiolisäke (processus mastoideus) F: Kaularangan eteentaivutus, kaularangan kierto ja hartiarenkaan stabilointi
Axiohumeraalilihakset	
Latissimus dorsi	O: Suoliluun harju (crista iliaca), ristiluun ulkopinta (sacrum), alimpien rintanikamien ja lannenikamien okahaarakkeet TH7-L5 I: Pieni olkakyhmy F: Olkanivelen ojennus, lähennys, sisäkierto
Pectoralis major	O: Solisluu, kylkiluurustot 2-6, rintalastan runko, rintalastan kahva I: Ison olkakyhmy (tuberculum major) F: Olkanivelen lähennys, koukistus, sisäkierto, horisontaalinen lähennys
Muut	
Biceps brachii	O: Pitkä pää: Olkanivelen nivelkuoppa (tuberculum supraglenoidale) Lyhyt pää: Korppilisäke I: Värttinäluun kyhmy (tuberositas radii) F: Kyynärnivelen koukistus, ulkokierto
Triceps brachii	O: Pitkä pää: Olkanivelen nivelkuoppa (tuberculum infraglenoidale scapulae) Ulompi pää: Olkaluun takayläosa (pars posterior superior humeri) Keskimmäinen pää: Olkaluun takapinta (facies posterior humeri) I: Kyynärlisäke (olecranon) F: Olkanivelen Ojennus, Kyynärnivelen Ojennus
Coracobrachialis	O: Korppilisäke I: Olkaluun keskiosan sisäsivu (pars medialis humeri) F: Olkanivelen koukistus, lähennys