



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teresa Kunnari & Pinja Laitinen

---

## **Lihasten aktivoituminen painonnostoliikkeiden aikana**

Poikittaistutkimus Mpower-lihasaktivaatiomittaria hyödyntäen

Opinnäytetyö

Syksy 2021

SeAMK Sosiaali- ja terveystieteiden  
Fysioterapeutti (AMK)

Fysioterapeutti (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Sosiaali- ja terveysala

Tutkinto-ohjelma: Fysioterapeutti (AMK)

Tekijä: Teresa Kunnari ja Pinja Laitinen

Työn nimi: Lihasten aktivoituminen painonnostoliikkeiden aikana – Poikittaistutkimus Mpower-lihasaktivaatiomittaria hyödyntäen

Ohjaaja: Merja Hoffrén-Mikkola, yliopettaja, LitT

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Painonnostoliikkeisiin kuuluvat tempaus ja työntö. Liikkeistä tempaus on yksiosainen ja työntö jakautuu kahteen osaan: rinnallevetoon ja ylöstyöntöön. Painonnostoliikkeet edellyttävät nopeaa voimantuottoa, liikkuvuutta ja liiketekniikkaa. Hyvä lihastasapaino ja moitteettomasti toimiva sensomotorinen järjestelmä ovat perustana virheettömälle nostamiselle.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Suomen Painonnostoliitolle ja lajin urheilijoille sekä valmentajille tietoa lihasten aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää painonnostoliikkeiden aikana tapahtuvaa lihasaktivaatiota Mpower-lihasaktivaatiomittarin avulla. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Suomen Painonnostoliitto SPNL ry:n kanssa. Opinnäytetyön tulosten pohjalta Suomen Painonnostoliitto saa koostettua koulutusmateriaalia käyttöönsä.

Opinnäytetyö toteutettiin metodologisena triangulaationa käyttäen sekä kvalitatiivisia aineistonkeruumenetelmiä että kvantitatiivista aineistonkeruumenetelmää. Mittaukset suoritettiin neljälle koehenkilölle. Koehenkilöt täyttivät esitietolomakkeen ennen mittaustilannetta. Lihasten aktiivisuutta mitattiin Mpower-lihasaktivaatiomittarilla ja nostosuoritukset videoitiin tulosten analysointia varten.

Opinnäytetyöhön valittiin mitattaviksi lihaksiksi m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gluteus maximus ja m. trapezius pars transversa. Mittaustilanteessa koehenkilöt suorittivat 12 mitattavaa nostoa tempauksessa, rinnallevedossa ja ylöstyönnössä eli yhteensä 36 nostoa. Tulosten analysoinnissa hyödynnettiin Mpower-sovelluksen ilmoittamaa aktivaatiovolyyymia ja nopeiden lihassolujen prosentuaalista osuutta kokonaisaktivaatiosta.

Lihasten aktivoitumisessa painonnostoliikkeiden aikana näyttää olevan suurta vaihtelua yksilöiden välillä. Lihasten aktivoituminen oli suurinta tempauksen aikana ja pienintä ylöstyöntönsä aikana.

<sup>1</sup> Asiasanat: painonnosto, elektromyografia, lihasaktiivisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Health Care and Social Work

Degree programme: Degree Programme in Physiotherapy

Authors: Teresa Kunnari and Pinja Laitinen

Title of thesis: Muscle Activity during Weightlifting Movements – A Cross-Sectional Study Using Mpower

Supervisor(s): Merja Hoffrèn-Mikkola, PhD, Principal Lecturer

Year: 2021

Number of pages: 47

Number of appendices: 1

---

Weightlifting movements are snatch and clean and jerk. Snatch is one-piece movement and clean and jerk is a two-part movement. Weightlifting movements require fast force production, mobility, and technique. Flawless lifting is based on good muscle balance and a well-functioning senso-motor system.

The purpose of this thesis is to provide information on muscle activation during weightlifting movements for athletes, coaches, and Finnish Weightlifting Federation. The goal of this thesis was to measure muscle activation during weightlifting movements using Mpower. This thesis was carried out in cooperation with Finnish Weightlifting Federation. Based on the results of the thesis Finnish Weighlfting Federation can compile educational material.

The thesis was carried out as a methodological triangulation using both quantitative data collection method and two qualitative data collection methods. The measurements were performed with four test subjects. Test subjects filled out a pre-information form. Muscle activation was measured using Mpower and lifts were videotaped for analysis of the results.

The muscles measured in the thesis were m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gluteus maximus and m. trapezius pars transversa. During the measurements, the subjects performed 12 lifts in the snatch, clean and jerk for a total of 36 lifts. The activation volume indicated in the Mpower application was used to analyze the results. The results analysis also took into account the percentage of fast muscle cells in total muscle activation.

It seems that there is great variation in muscle activation among subjects. Muscle activation was greatest during the snatch and smallest during the jerk.

<sup>1</sup> Keywords: weightlifting, electromyography, muscle activation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
<b>Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....</b>	<b>6</b>
1 JOHDANTO .....	8
2 PAINONNOSTON LAJIANALYYSI .....	10
2.1 Painonnostoliikkeet .....	10
2.2 Painonnostoliikkeissä työskentelevät lihakset .....	14
2.3 Painonnostoharjoittelu .....	17
2.3.1 Maksimivoimaharjoittelu .....	17
2.3.2 Nopeusvoimaharjoittelu .....	18
2.3.3 Painonnostoharjoittelun hyödyt .....	19
3 LIHASAKTIVAATION JA LIHASTAPAINON TUTKIMINEN .....	20
3.1 Elektromyografia .....	20
3.2 Pintaelektromyografia ja Mpower .....	21
3.3 Lihastasapaino .....	23
4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMA..	25
5 MENETELMÄT JA TOTEUTUS .....	26
5.1 Aineistonkeruumenetelmät .....	26
5.2 Koehenkilöt .....	26
5.3 Mitattavat lihakset ja podien asettelu .....	27
5.4 Mittaustilanteen toteutus .....	28
5.5 Aineiston analysointi .....	29
6 TULOKSET .....	31
6.1 Koehenkilökohtaiset tulokset .....	31

6.2 Liikekohtaiset tulokset .....	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	38
8 POHDINTA.....	39
LÄHTEET .....	44
LIITTEET .....	47

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Tempaus.....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
Kuva 2. Rinnalleveto.....	13
Kuva 3. Ylöstyöntö.....	14
Kuva 4. Mpower podit.....	22
Kuva 5. Esimerkki Mpower-sovelluksen aktivaatiokäyrästä.....	24
Kuva 6. Podien asettelu.....	28
Kuva 7. Koehenkilön A lihasten aktivoituminen aktivaativolyymeilla ilmoitettuna.....	31
Kuva 8. Koehenkilön B lihasten aktivoituminen aktivaativolyymeilla ilmoitettuna.....	32
Kuva 9. Koehenkilön C lihasten aktivoituminen aktivaativolyymeilla ilmoitettuna.....	32
Kuva 10. Esimerkki koehenkilön C aktivaatiokäyrästä.....	33
Kuva 11. Koehenkilön D lihasten aktivoituminen aktivaativolyymeilla ilmoitettuna.....	34
Kuvio 1. Tempausnostojen suoritusjärjestys.....	29
Kuvio 2. Työntönostojen suoritusjärjestys.....	29
Kuvio 3. Lihasten aktivoituminen tempauksen aikana.....	35
Kuvio 4. Lihasten aktivoituminen rinnallevedon aikana.....	35
Kuvio 5. Lihasten aktivoituminen ylöstyönnön aikana.....	36
Kuvio 6. Lihasten aktivoituminen painonnostoliikkeiden aikana.....	37

Kuvio 7. Nopeiden lihassolujen aktivaation osuus (%) kokonaisaktivaatiosta painonnostoliikkeiden aikana .....	37
--	----

## 1 JOHDANTO

Painonnosto on yksi vanhimmista urheilumuodoista (Painonnostoliitto [viitattu 10.5.2021]). Painonnosto on kuulunut olympiaohjelmaan pysyvästi jo vuodesta 1920 lähtien. Tempaus ja työntö vakiintuivat nostomuodoiksi vuonna 1972. Naisten painonnosto tuli mukaan olympiaohjelmaan vuonna 2000. (Olympiakomitea, [viitattu 25.1.2021].) Painonnostoliikkeisiin kuuluvat tempaus ja työntö. Liikkeistä tempaus on yksiosainen ja työntö jakautuu kahteen osaan: rinnallevetoon ja ylöstyöntöön. Tavoitteena painonnoston lajiharjoittelulle on mahdollisimman suuren yhteistuloksen tekeminen nostamalla molemmissa nostoissa niin korkea kilomäärä kuin mahdollista. (Roininen 2019, 227.)

Perustana virheettömälle nostamiselle ovat hyvä lihastasapaino ja moitteettomasti toimiva sensomotorinen järjestelmä. Mikäli nostamisen aikana tapahtuu virheitä, johtavat ne usein loukkaantumisiin. (Sandström & Ahonen 2016, 248–249.) Tunnistamalla loukkaantumisille altistavat epätasapainot ja epäsymmetriat, voivat ammattilaiset osaltaan ehkäistä urheilijan loukkaantumisriskiä (Bousquet & Olson 2018).

Valitsimme opinnäytetyön aiheeksi lihasten aktivoitumisen painonnostoliikkeiden aikana. Aihe on ajankohtainen, sillä painonnostoharrastajien määrä on viime vuodet ollut tasaisessa kasvussa. Esimerkiksi vuosien 2017 ja 2018 välillä lisenssin ostaneiden harrastajien määrä nousi 11 prosenttia (Painonnostoliitto 2018). Myös teknologian käyttö yleistyy tulevaisuuden fysioterapiassa (Julin 2020, 35), joten halusimme hyödyntää teknologiaa tässä opinnäytetyössä. Tutkimuksessa käytettäväksi mittariksi valikoitui Mpower-lihasaktivaatiomittari.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää painonnostoliikkeiden aikana tapahtuvaa lihasaktivaatiota Mpower-lihasaktivaatiomittarin avulla. Opinnäytetyössä mitattavat lihakset valikoituivat tutkitun tiedon ja käytännön testauksen pohjalta. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Suomen Painonnostoliitolle ja lajin urheilijoille sekä valmentajille tietoa lihasten aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan neljän SM-tason painonnostajan lihasten aktivoitumista painonnostoliikkeiden aikana. Koehenkilöinä toimivat urheilijat ja heidän valmentajansa hyötyvät tekemistämme mittauksista



saaden tietoa esimerkiksi puolieroista lihasten välillä. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Suomen Painonnostoliitto SPNL ry:n kanssa. Opinnäytetyön tulosten pohjalta Painonnostoliitto saa koostettua koulutusmateriaalia käyttöönsä. Lisäksi esittelemme opinnäytetyön tuloksia lokakuussa 2021 järjestettävässä painonnoston Etelä-Pohjanmaan piirileiritapahtumassa.

## 2 PAINONNOSTON LAJIANALYYSI

### 2.1 Painonnostoliikkeet

Painonnostokilpailuissa suorituksiin kuuluvat tempaus ja työntö. Näistä liikkeistä tempaus on yksiosainen ja työntö jakautuu kahteen osaan: rinnallevetoon ja ylöstyöntöön. Painonnostoliikkeissä yhdistyvät liikkuvuus, liiketekniikka ja hyvä voimataso. Painonnostoliikkeiden perustekniikan saaminen hyvälle tasolle vaatii lukemattoman määrän toistoja. Painonnostajilla tekniikoiden harjoittelu jatkuu läpi harjoitusuran. Painonnostossa vaaditaan liikkeen oikeaa rytmitystä, joka muodostaa ison osan hyvästä nostotekniikasta. Kun nosto on rytmitetty oikein, se myös tuntuu tehokkaalta. Painonnostoliikkeet edellyttävät nopeaa voimantuottoa ja oikeaan aikaan tapahtuvaa vaihtelua jännityksen ja rentoutumisen välillä. Tätä vaihtelua tapahtuu sekä rinnallevedossa että tempauksessa niiden vetovaiheessa, allemenossa ja tankoa vastaanottaessa. (Roininen 2019, 227–229.) Vuosien harjoittelun ansiosta huippunostajien tekniikat hioutuvat omiksi tekniikoiksi, joissa on huomioitu nostajan henkilökohtaiset heikkoudet ja vahvuudet (Lundahl 2016, 415).

**Tempauksessa** (kuva 1.) tanko nostetaan maasta suorille käsille yhtäjaksoisella liikkeellä (Ho ym. 2014). Tempauksessa käytetään sormilukollista leveää tempausotetta (Lundahl 2016; Painonnostoliitto, [viitattu 12.3.2021]). Sormilukossa peukalo asetetaan tangon ympärille ja lukitaan muiden sormien alle (Painonnostoliitto, [viitattu 12.3.2021]). Ho ym. (2014) ovat katsauksessaan jakaneet tempaustekniikan kuuteen eri asentoon ja viiteen eri vaiheeseen. Tempaustekniikan kuuteen asentoon kuuluvat alkuasento, asento, jossa tanko on polvinivelten tasolla, voima-asento, kolmoisojennus, ala-asento ja loppuasento. Viiteen vaiheeseen kuuluvat ensimmäinen veto, polvien ohitusvaihe, toinen veto, allemenno ja ylösnousu. Roinisen (2019) mukaan painonnostoliikkeiden vetovaiheet jaetaan ensimmäiseen, toiseen ja kolmanteen vetoon. Seuraavissa kappaleissa esitellään tempauksen vaiheet Roinisen (2019) ja Hon ym. (2014) mukaan.



Kuva 1. Tempaus

Tempauksen alkuasennossa jalkaterän keskiosa on samassa linjassa tangon kanssa, polvinivelet ja lonkkanivelet ovat fleksiassa ja selkä on neutraalissa asennossa (Ho ym. 2014). Ensimmäiseen vetoon kuuluu irrotusvaihe, jolloin levyt irtoavat lattiasta ja tanko nousee polvilinjan korkeudelle (Roininen 2019, 230). Roininen (2019, 230) ja Ho ym. (2014) ovat yhtä mieltä siitä, että ensimmäisen vedon aikana selkä säilyy neutraalissa asennossa ja ojentuminen tapahtuu pääasiassa polvinivelistä. Ensimmäinen veto päättyy, kun tanko saavuttaa polvinivelten tason (Ho 2014; Roininen 2019, 230).

Ho ym. (2014) ovat eritelleet, että ensimmäistä vetoa seuraa polvien ohitusvaihe. Polvien ohitusvaihe alkaa viemällä polviniveliä ojennuksesta koukistukseen, jotta saavutetaan voima-asento. Voima-asennolla tarkoitetaan asentoa, jossa olkapäät, lantio ja kantapäät ovat samassa linjassa tangon saavuttaessa lonkkanivelten korkeuden. Voima-asento vaaditaan, jotta alaraajoista voidaan tuottaa ylöspäin suuntautuvaa voimaa toisen vedon aikana. (Ho ym. 2014.) Roininen (2019) ei tekstissään käsittele erikseen polvien ohitusvaihetta.

Roinisen (2019, 230) mukaan toisen vedon aikana tanko jatkaa nousuaan polvilinjalta lantion täyteen ojennukseen. Tempauksessa tanko tekee kevyen kontaktin lantion kohdalla ja toinen veto päättyy kolmoisojennukseen, jolloin nilkka-, polvi- ja lonkkanivelet

ojentuvat täysin (Roininen 2019, 230). Hon ym. (2014) mukaan toinen veto alkaa koordinoitulla ja nopealla lonkka-, polvi- ja nilkkanivelten täydellä ojentumisella, jolla tuotetaan ja siirretään voima tankoon sen nostamiseksi pään yläpuolelle.

Roinisen (2019, 230) mukaan kolmas veto tarkoittaa tangon allemenoa, jonka on oltava mahdollisimman nopea ja aktiivinen työvaihe. Allemenoa tehostaa voimakas käsiveto (Painonnostoliitto, [viitattu 12.3.2021]). Ho ym. (2014) toteavat katsauksessaan, että allemenovaiheessa nostajan on nopeasti muutettava kehon liike alaspäin suuntautuvaksi ja vedettävä itsensä tangon alle ala-asentoon, joka jäljittelee valakyykyn ala-asentoa. Valakyykyn ala-asennossa tanko lepää pään yläpuolella suorilla käsillä. Ylösnousuvaiheen aikana suoritetaan valakyykystä nousu (Ho ym. 2014). Ylösnousun aikana katse on eteenpäin, kantapäät ovat maassa ja selkä on suorana. Loppuasennossa jalat tuodaan vierekkäin samalle tasolle. (Lundahl 2016, 413.)

**Työntö** koostuu kahdesta liikkeestä – rinnallevedosta ja ylöstyönnöstä (Roininen 2019, 227). Työnnössä käytetään sormilukollista hartianlevyistä otetta. Työnnön lähtöasennossa varpaat ovat eteenpäin ja jalat ovat lantionlevyisessä asennossa. Katse on eteenpäin, hartiat ovat tangon päällä ja selkä on suorana. (Lundahl 2016, 413.) Roininen (2019, 230) käsittelee tekstissään painonnostoliikkeiden vetovaiheita yleisesti, jolloin tempauksen ja rinnallevedon vetovaiheet jäljittelevät toisiaan. Liikkeiden vetovaiheet eroavat toisistaan ainoastaan toisen vedon aikana, jolloin rinnallevedossa tangon kontakti tapahtuu reiden puolen välin ja yläneljänneksen välillä, kun tempauksessa kontakti tapahtuu lantion kohdalla.

Rinnallevedon (kuva 2.) allemenoa alkaa, kun tanko on saavuttanut vyötärön korkeuden (Painonnostoliitto, [viitattu 12.3.2021]). Rinnallevedon allemenon aikana kyynärpäät kiertävät tangon alta nopeasti eteen vaaka-asentoon. Samanaikaisesti kun tanko laskeutuu rinnalle, laskeudutaan myös syväkyykkyyntä etukyykyn omaiseen asentoon, jossa kantapäät ovat lantion leveydellä ja varpaat osoittavat hieman ulospäin. Allemenon jälkeen alkaa ylösnousuvaihe, jonka aikana katse pysyy eteenpäin, selkä on suorana, kyynärpäät ovat vaakatasossa ja kantapäät ovat maassa. (Lundahl 2016, 415.)



Kuva 2. Rinnalleveto

Ylöstyönnön (kuva 3.) vauhdinotto tapahtuu koukistamalla polvia ja laskeutumalla vahvaan hyppyasentoon, josta alkaa räjähtävä ponnistus ylöspäin. Vauhdinoton aikana katse pysyy suoraan eteenpäin ja kyynärpäät pysyvät ylhäällä. Ylöstyönnön aikana tanko työnnetään pään päälle samanaikaisesti, kun toinen jalka viedään eteenpäin ja toinen jalka taaksepäin. Tanko vastaanotetaan pään päälle niin, että jalat osuvat maahan samanaikaisesti kyynärpäiden ojentuessa suoriksi. Saksiasennossa etummaisen alaraajan polvinivelen kulma on noin 90 astetta ja takimmainen polvi voi olla hieman koukussa. Saksiasennosta nouseaan tuomalla ensin etummainen jalka ja sitten takimmainen jalka keskelle. Työnnön loppuasennossa tanko on suorilla käsillä pään päällä ja jalat ovat vierekkäin samassa linjassa. (Lundahl 2016, 415.)



Kuva 3. Ylöstyöntö

## 2.2 Painonnostoliikkeissä työskentelevät lihakset

Riippumatta siitä, onko kyseessä painonnoston kilpailusuoritus tai esimerkiksi työssä tapahtuva taakan nosto, ovat nostamisen periaatteet samat. Nostoliikkeen aikana syntyy suuria voimia selän, lantion ja alaraajojen välille vipuvarsien vaikutuksesta. (Sandström & Ahonen, 2016, 247–248.) Tässä opinnäytetyössä paneudutaan lihasaktivaation osalta noston aloittamiseen, vetovaiheisiin, ylösnousuun sekä ylöstyöntöön.

**Nostotilanteen alkaessa** tapahtuu poikittaisen vatsalihaksen (*m. transversus abdominis*) sekä lantionpohjan lihasten varhainen aktivaatio. Jotta nostajan painopiste saadaan lähelle tangon painopistettä, tehdään kyykistyminen koukistamalla nilkka-, polvi ja lonkkaniveliä. Tällöin alaselän syvät lihakset aktivoituvat tukeakseen ja hallitakseen selkäranka. Kun kumarrutaan kohti kuormaa, saavat iso pakaralihas (*m. gluteus maximus*), reiden takaosan lihakset (*m. semitendinosus*, *m. semimembranosus* ja *m. biceps femoris caput longum*) ja iso lähentäjälihas (*m. adductor magnus*) aikaan lantion kiertymisen posterioriseen suuntaan eli selän pyöristymisen. Tämä estetään selän ojentajalihasten (*mm. erector spinae*) aktivoitumisella. Tässä vaiheessa vaaditaan riittävän vahvoja syviä ojentajalihaksia (*m. multifidus*) suhteessa pinnallisiin ojentajalihaksiin, jotta lannerankaan ei synny liian suurta notkoa. (Sandström & Ahonen 2016, 248.)

**Noston alkuasennossa**, kun tankoon tartutaan, lapaluiden tukilihakset aktivoituvat ja lapa-  
luut liukuvat hieman taaksepäin. Sisäänhengitys laskee pallealihaksen ala-asentoon ja lisää  
vatsaontelon sisäistä painetta. Tämä vakauttaa nikamia rintarangan alaosassa sekä lanne-  
rangan yläosassa. Noston alkaessa pinnalliset vatsalihakset (m. rectus abdominis, m. obli-  
quus externus abdominis, ja m. obliquus internus abdominis) aktivoituvat ja kurkunkansi  
sulkeutuu. Vatsalihakset, lantionpohjan lihakset, pallealihas ja selän lihakset tukevat selkä-  
rankaa noston aikana kaikista suunnista. (Sandström & Ahonen 2016, 248.)

**Ensimmäinen vetovaihe** alkaa, kun lähdetään nostamaan tankoa maasta (Ho ym. 2014).  
Jalat painavat tiukasti alustaa vasten ja tästä alkaa koko kehon ojentuminen. Ojennukseen  
osallistuvat reiden takaosan lihakset, iso lähentäjälilihas, iso pakaralihas, polven ojentajali-  
hakset (m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris ja m. vastus intermedius),  
kaksipäinen pohjelihas (m. gastrocnemius) sekä selän ojentajalihakset. Tankoa kannatellaan  
käsillä, jolloin sormien koukistajalihasten ja ranteen ojentajalihasten yhteistyö saa ai-  
kaan pysyvän otteen. Käsivarsi on tuettuna hartian takaosien lihaksilla sekä lapatukilihak-  
silla. Näitä lihaksia ovat etummainen sahalihhas (m. serratus anterior), suunnikaslihas (m.  
rhomboideus), epäkäslihas (m. trapezius), leveä selkälihas (m. latissimus dorsi) sekä lapa-  
luun kohottajalihas (m. levator scapulae). (Walisiewicz ym. 2011, 87; Sandström & Ahonen  
2016, 248.) Ensimmäisen vedon aikana ylävartalon asento pysyy useimmiten samana, riip-  
puen nostajan mittasuhteista. Tällöin liike tapahtuu enimmäkseen polvinivelten ojennuk-  
sella. (Roininen 2019, 230.)

Martín-Fuentes, Oliva-Lozano & Muyor (2020) ovat katsauksessaan analysoineet tutkimuk-  
sia, joissa tarkasteltiin lihasten aktivoitumista maastavetoharjoitteen ja sen variaatioiden ai-  
kana pintaelektromyografian avulla. Katsauksesta selvisi, että maastavetoharjoitteen aikana  
selän ojentajalihakset ja nelipäinen reisilihas olivat aktiivisempia kuin iso pakaralihas ja kak-  
sipäinen reisilihas (m. biceps femoris).

**Polvien ohitusvaiheen** aikana selän ojentajalihakset tekevät voimakkaasti töitä ja vatsan  
on tuettava liikettä tehokkaasti. Tässä vaiheessa kurkunkannen on oltava suljettuna, jotta  
vatsaontelon sisäinen paine ei pääse laskemaan ja selkäranka pysyy jämökkänä. Polvien

ohitusvaiheen aikana koko takaosien myofaskiaalisen ketjun, eli jalkapohjien, pohkeiden, reiden takaosien, pakaroiden ja hartioiden takaosien lihasten sekä selän ja kaularangan ojentajalihasten on tehtävä yhteistyötä. Kun tanko on ohittanut polvinivelten tason, alkavat lonkkanivelet ojentua reiden takaosan lihasten sekä pakaroiden lihasten avulla. (Sandström & Ahonen 2016, 246.)

**Tempauksen ylösnousuvaihe** jäljittelee valakyykyä (Bautista, Durke & Cotter ym. 2020). Valakyykyn ylösnousuvaiheessa suurimman työn tekevät polven ojentajalihakset. Mukana liikkeessä ovat myös reiden takaosan lihakset, pakaralihakset ja kolmipäinen pohjelihas (m. triceps surae). Tankoa kannattelevat suorilla käsillä hartialihakset (m. deltoideus), kolmipäinen olkalihas (m. triceps brachii), epäkäslihas, iso ja pieni liereälihas (m. teres minor ja major), etummainen sahalihhas ja leveä selkälihas. Liikettä suorittaessa keskivartalon tuki on tärkeää, ja siitä vastaavat selän ojentajalihakset sekä vatsalihakset. (Walisiewicz ym. 2011, 198–199.)

**Rinnallevedon ylösnousuvaihe** on etukyykyn omainen liike (Roininen 2019, 243). Etukyykyssä kuormittuvat erityisesti polven ojentajalihakset, iso pakaralihas sekä keskimmainen pakaralihas (m. gluteus medius). Työtä tekevät lisäksi reiden takaosan lihakset, vatsalihakset ja selän ojentajalihakset. (Delavier 2013, 125.) Bautista ym. (2020) ovat vertailleet tutkimuksessaan (n=7) lapojen, keskivartalon ja alaraajojen lihasten lihasaktivaatiota etukyykyn ja valakyykyn aikana. Tutkimuksessa tarkasteltavat lihakset olivat hartialihaksen etuosa (m. deltoideus pars clavicularis), ulommainen vino vatsalihas, suora vatsalihas, ulompi reisilihas, kaksipäinen reisilihas, etummainen sahalihhas, epäkkään keskiosa (m. trapezius pars transversa) ja selän ojentajalihakset. Aktivaatiota testattiin 65, 80 ja 95 prosentin intensiteetillä kolmen toiston maksimista (3 RM). Tutkimuksessa lihasaktivaatiota mitattiin pinta-EMG-menetelmällä. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat miehiä ja iältään  $28 \pm 3,6$  vuotta. Tulokset osoittivat, että valakyykyssä epäkkään keskiosa työskenteli aktiivisemmin, kun taas hartialihaksen etuosa aktivoitui enemmän etukyykyssä. Ulomman reisilihaksen ja kaksipäisen reisilihaksen lihasaktivaation vertailussa ei havaittu merkittäviä eroja liikkeiden välillä. (Bautista ym. 2020.)



**Ylöstyönnössä** pääsuorittajalihaksia ovat reiden takaosan lihakset, polven ojentajalihakset, pakaralihakset, hartialihakset, kolmipäinen ojentajalihas ja kolmipäinen pohjelihas. Liikettä tukemassa ovat myös epäkäslihas, iso ja pieni liereälihas, etummainen sahalihhas, leveä selkälihas, selän ojentajalihakset, rintalihakset (m. pectoralis major ja minor) sekä vatsalihakset. (Walisiewicz ym. 2011, 196.)

## **2.3 Painonnostoharjoittelu**

Painonnosto on taitolaji, jossa hyödytään voimasta. Tämän vuoksi järjestelmällinen taitoharjoittelu ennen nuoruuden kasvupyrähdystä on tärkeää erityisesti, kun pyritään huipulle. Tekniikan opettelemiseksi hyödynnetään kolmen vuoden nyrkkisääntöä. Tänä aikana urheilija pyrkii tekemään mahdollisimman paljon toistoja ja tietoisesti kehittämään nostotekniikkaansa. Kolmen vuoden aikana urheilija pystyy saavuttamaan noin 10 000 toistoa, jolloin nostotekniikka vakiintuu ja liike automatisoituu. Huipulla painonnostoharjoittelussa voimantuoton kehittämiseksi käytetään kahta perusmekanismia: hermostollista ja hypertrofista voimaharjoittelua. (Lundahl 2016, 411–413, 416.)

### **2.3.1 Maksimivoimaharjoittelu**

Painonnosto on maksimivoimaa vaativa laji. Maksimivoima kuvaa suurinta voimatasoa, jonka yksittäinen lihas tai lihasryhmät pystyvät tuottamaan. Maksimivoimaharjoittelulla pyritään ensisijaisesti lisäämään lihaksen maksimaalista voimaa. (Kauranen 2014, 440.) Maksimivoiman alueiksi nimetään 60–100 prosentin kuormat. Maksimivoima koostuu hypertrofisesta ja hermostollis-hypertrofisesta perusvoimasta sekä hermostollisesta maksimivoimasta. Perusvoima ilmenee hypertrofisena alueella 60–69 prosenttia ja hermostollis-hypertrofisena alueella 70–85 prosenttia. Maksimivoima ilmenee hermostollisena 90–100 prosentin alueella. Painonnostossa perusvoiman alin osio 60–69 prosenttia jätetään usein laskematta toistoista, sillä se ei ärsytä kovin voimakkaasti hermostoa, ja painonnostossa pelkkä lihasvoiman kasvu ei ole hyväksi. Painonnostossa aikuisilla lasketaan yleisesti mukaan toistot yli 70 prosentilla. (Lundahl 2016, 418.)

Maksimaalista lihasvoimaa jaksetaan ylläpitää noin viisi sekuntia. Tämän jälkeen lihas tarvitsee palautusaikaa noin kaksi minuuttia, jotta välittömät energianlähteet palautuvat 85 prosentin tasolle. Varastojen täydelliseen 100 prosentin palautumiseen kuluu aikaa noin 15 minuuttia. Maksimivoimaharjoitteissa toistojen määrä on matala (1–3 toistoa) ja palautumisaika sarjojen välillä suhteellisen pitkä. Todellista maksimivoimaa hermolihasjärjestelmä pystyy tuottamaan vain 4–6 viikkoa. Tämän jälkeen elimistö tarvitsee palautumista hermolihasjärjestelmän ylikuormittumisen ehkäisemiseksi. Yleensä harjoituksissa käytetään 85–95 prosentin kuormitustasoja, sillä jatkuvalla 100 prosentin tehon harjoittelulla riski ylikuormittumiseen kasvaa. (Kauranen 2014, 440–441.)

### **2.3.2 Nopeusvoimaharjoittelu**

Nopeusvoima jaetaan räjähtävään voimaan ja pikavoimaan, joiden erottavina tekijöinä ovat toistojen määrä, suorituksen kesto sekä vastuksen suuruus (Mäennenä 2019, 89). Nopeusvoimaharjoittelun periaatteita ovat maksimaalinen yritys, lajinomaisuus, kuorman valinta, sarjan kesto, palautus, ärsykkeen vaihtelu ja harjoitusmäärän nousujohteisuus. Johtava periaate nopeusvoimaharjoittelussa on urheilijan maksimaalinen 100–103 prosentin yritys. Lajinomaisuudessa on huomioitava muun muassa lajisuorituksessa vaadittava voimataso, voimantuottoaika ja lihassupistustapa. Nopeusvoimaharjoittelussa kuorma valitaan tavallisesti 0–80 prosentin alueelta, mutta olympianostoissa optimitiho saavutetaan melko suurilla noin 70–85 prosentin kuormilla. Sarjan keston tulisi nopeusvoimaharjoittelussa olla 1–10 sekuntia ja sarjojen välisen palautuksen pituus 3–5 minuuttia. Ärsykkeen vaihtelua toteutetaan ohjelmoinnin monipuolisella vaihtelulla ja harjoituksen kokonaiskuormitusta voidaan lisätä harjoitusmääriä nostamalla. (Isolehto 2016, 268–270.)

Räjähtävä voima on oleellinen ominaisuus painonnoston kilpailusuorituksessa. Nopeusvoimaa harjoiteltaessa tulee hyödyntää nopeusvoimaharjoittelun periaatteita. Kun urheilija tekee 70 prosentin kuormalla tempausta neljä toistoa ja neljä sarjaa, vain suoritustapa erottaa, harjoittaako urheilija maksimi- vai nopeusvoimaa. Mikäli urheilija ei saa itsestään irti maksimaalisen tehokasta suoritusta, eivät hänen nopeusvoimaominaisuutensa kehity. Hyviä nopeusvoimaharjoitteita ovat esimerkiksi raaka tempaus ja raaka rinnalleveto. Rajana

raakanostolle on tangon vastaanottaminen yli 90 asteen polvikulmalla ja sen alle jäävät nostot ovat syväkykkynostoja. (Lundahl 2016, 419.)

### **2.3.3 Painonnostoharjoittelun hyödyt**

Painonnostoharjoittelun ja sen variaatioiden tuomia hyötyjä ovat esimerkiksi nopeusvoiman ja liikkuvuuden kehittyminen. Painonnostoliikkeissä tapahtuu voimakas ponnistus eli kolmoisjennus. Nopeusvoimaominaisuuksia ajatellen painonnostoharjoittelu on erinomainen harjoitusmuoto kolmoisjennuksen parantamiseksi. Voidakseen suoriutua nostoista turvallisesti ja teknisesti oikein, vaaditaan nostajalta hyvää liikkuvuutta. Sen lisäksi, että ylöstyönön alkuasento voi olla aluksi haastava, vaaditaan myös ylöstyönön aikana olkapäiltä ja rintarangalta riittävää liikkuvuutta. Mahdollisesti haastavimpia harjoitteita liikkuvuusvaatimuksiltaan ovat tempaus ja tempausvala. (Roininen 2019, 227–228.)

Nopeusvoiman ja liikkuvuuden lisäksi painonnostoharjoittelun tuomia etuja ovat painopisteen hallinnan, liikkeen rytmityksen sekä voimantuoton ja rentoutumisen nopean vaihtelun kehittyminen. Painonnostoliikkeiden veto- ja vastaanotto-osuuksien avulla opitaan painopisteen hallintaa, sillä pienikin poikkeama optimaalisesta linjasta voi aiheuttaa noston epäonnistumisen. (Roininen 2019, 227–229.) Painonnostoharjoittelusta on todettu olevan hyötyä myös muissa lajeissa, kuten lentopallossa, jalkapallossa ja heittolajeissa. Painonnostoliikkeet ovat suljetun kineettisen ketjun liikkeitä, ja niistä on hyötyä useisiin eri urheilulajeihin, sillä useimmat urheilulajit sisältävät suljetun kineettisen ketjun toimintoja. (Hedrick & Wada 2008.) Suljetun kineettisen ketjun liikkeille on ominaista useiden lihasryhmien harjoittaminen, useat liikeakselit- ja tasot sekä raajan kuormittuminen (Väyrynen 2016).

### 3 LIHASAKTIVAATION JA LIHASTAPAINON TUTKIMINEN

#### 3.1 Elektromyografia

Elektromyografia eli EMG on tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan arvioida ja rekisteröidä lihasten aktiopotentiaaleja sekä lihasten sähköistä toimintaa. Elektromyografialla tarkoitetaan lihastoimintaan liittyvien heikkojen aktiovirtojen rekisteröimistä. Nämä aktiovirrat ovat seurausta lihasjännityksen aikana lihassolukalvolla tapahtuvista sähköisesti varautuneiden ionien konsentraatiomuutoksista. Lihasten aktiopotentiaaleja rekisteröimällä tuotetaan tietoa lihaksen kuormitusasteesta ja motorisen hermon lihakseen tuomien aktiopotentiaalien määrästä. (Kauranen 2014, 258.)

EMG-laitteella tutkitaan muun muassa sitä, onko lihas aktiivinen silloin, kun sen pitäisi olla ja onko lihaksen aktiivisuus normaali vai katkonainen. EMG-diagnostiikassa voidaan tarkkailla myös sitä, millainen symmetria on oikean ja vasemman puolen vastaavissa lihaksissa ja millainen on lihasten välinen koordinaatio. Fysioterapiassa EMG:aa käytetään esimerkiksi hermolihastoiminnan kuvaamisessa, havainnollistamisessa ja hoidon seurannassa. EMG on myös tutkimusväline, jonka avulla tarkastellaan monimutkaisten liikkeiden aikaisia lihasaktiivisuusmalleja ja seurataan erilaisia harjoitusvaikutuksia. EMG-signaali kerätään elimistöstä elektrodeilla, jotka jaetaan pinta-, lanka-, neula- ja vaatteisiin integroitaviin elektrodeihin. (Kauranen 2014, 261–262.) EMG-mittauksilla on havaittu, että noin 80 prosentin kuormilla saadaan hyvin suuret lihasaktivaation arvot (Lundahl 2016, 418).

EMG-signaalit ovat hyvin heikkoja, joten mittaukset ovat herkkiä erilaisille häiriötekijöille. Häiriön lähteitä mittauksissa ovat muun muassa muista lihaksista tulleet signaalit, elektrodien ja lihasten liikkuminen ja liikkeen aiheuttamat häiriöpiikit. Mittausten luotettavuutta voi laskea epätarkka raportointi EMG-signaalin käsittelyssä ja analysoinnissa sekä mitattavien henkilöiden taustatiedossa ja mittausten aikaisten tehtävien kuvailussa. Taustatiedoilla tarkoitetaan esimerkiksi koehenkilön painoindeksiä, rasvaprosenttia ja lihasten väsymisastetta. Mittausten aikaisten tehtävien kuvailulla tarkoitetaan esimerkiksi lihastyömuotoa ja liikeno-  
peutta. (Kauranen 2014, 269, 271.)

### 3.2 Pintaelektromyografia ja Mpower

Pintaelektromyografiassa eli sEMG:ssa (Surface EMG) pintaelektrodit kiinnitetään teipin avulla tutkittavan lihaksen päälle ihon pinnalle. Pintaelektrodit sopivat käytettäväksi etenkin suurten pinnallisten lihasten mittaamiseen ja niiden aktivaatioaikojen tutkimiseen. Pintaelektrodien heikkoutena on huono soveltuvuus pienten ja syvien lihasten tutkimiseen. (Kauranen 2014, 262–263.)

Felici & Del Vecchio (2020) käsittelevät artikkelissaan pintaelektromyografian käytön rajoitteita liikunnassa ja liikuntafysiologiassa. Heidän mukaansa monet tutkijat ovat todenneet sEMG-analyyseissa olevan rajoitteita, jotka heikentävät hermostosta tulevan käskytksen tulkittavuutta. Tämä on merkittävä rajoitus sEMG:n datan laajalle käytölle, hyväksymiselle ja merkityksellisyydelle. Suurimmassa osassa tapauksista sEMG-data ei ole yksin riittävä mittari saavuttamaan merkityksellistä kokonaiskuvaa. Tällä hetkellä tietoisuus sEMG-datan oikeanlaisesta keräämisestä on usein puutteellista, mikä saattaa johtaa esimerkiksi elektrodien sijoituskohdan, ihon valmistelun ja hikoilun vaikutuksen huomiotta jättämiseen. (Felici & Del Vecchio, 2020.)

Mpower on lihasaktivaatiomittari, jonka käyttö perustuu sEMG-tekniikkaan ja se mittaa lihasten tuottamia sähköisiä signaaleja voimaharjoittelun aikana (Mpower – lihasaktivaatiomittari. Käyttöohje, [viitattu 26.1.2021]). Mpowerilla voidaan tarkkailla lihaspareja ja sen avulla voidaan selvittää, miten liikuttaja- ja tukilihakset sekä agonisti-antagonisti-lihakset toimivat ja kuormittuvat toisiinsa nähden (Mpower, [viitattu 5.10.2020]). Mpower sisältää iholle lihasten päälle kiinnitettävät Mpower podit sekä Mpower mobiilisovelluksen, joka kytkeytyy langattomasti pödeihin. Lisäksi Mpoweriin kuuluu pilvipalvelu, johon tallennetaan mitausdata jatkoanalyysia varten. (Mpower – lihasaktivaatiomittari. Käyttöohje, [viitattu 26.1.2021].)

Mpower ilmoittaa reaaliaikaisesti lihaksen tuottaman sähköisen tehon eli aktivaatiotehon. Aktivaatiotehoa voidaan seurata mittausten aikana aktivaatiokäyrästä. Aktivaativolyymi on lihaksen harjoituksen aikana tuottaman kaiken aktivaatiotehon summa. Aktivaativolyymi kertoo, kuinka paljon lihas on aktivoitunut harjoituksen aikana. Mpower ilmoittaa myös

nopean aktivaatiotehon sekä nopean aktivaatiovolyymin. Nopea aktivaatioteho tarkoittaa hetkellistä sähköistä tehoa, jonka lihasten nopeat lihassolut tuottavat harjoituksen aikana. Nopea aktivaatiovolyymi on kaiken nopean aktivaatiotehon summa ja se kertoo, miten paljon harjoitus on aktivoinut nopeita lihassoluja. (Mpower – lihasaktivaatiomittari. Käyttöohje, [viitattu 26.1.2021].)

Mpower podilla (kuva 4.) mitataan lihasten tuottamaa sEMG-signaalia. Mitattaessa voidaan käyttää neljää podia, mikä mahdollistaa neljän yksittäisen lihaksen yhtäaikaisen mittaamisen. Podien kiinnittäminen tapahtuu kiinnityshihnalla tai -tarralla mitattavan lihaksen keski-kohtaan. Podin on oltava tukevasti ihokontaktissa lihaksen päällä. Podin alla olevaa ihoa ei tarvitse käsitellä ennen mittausta. Podien siirtäminen mittauksen ollessa käynnissä saattaa aiheuttaa häiriöitä mittaussignaaliin ja siten vääristää mittaustuloksia. Mittaus on sammutettava ennen podien paikan vaihtamista tai asennon korjaamista. (Mpower – lihasaktivaatiomittari. Käyttöohje, [viitattu 26.1.2021].)



Kuva 4. Mpower podit

Borg, Laxåback & Sandström (2015) selvittivät vertailututkimuksessaan Mpowerin ja Telemyo G2-mittarin (Noraxon) avulla saatujen mittaustulosten eroja. Noraxon on johtava EMG-laitteiden valmistaja. Mittaukset suoritettiin kaksipäiselle hauislihakselle (m. biceps brachii) isometrisen lihastyön aikana kolmella eri vastuksella. Tutkimuksessa havaittiin, että korrelaatio Mpowerin ja Telemyo G2-mittarin tuottamien käyrien välillä oli hyvä ja mittarit tuottivat samankaltaista dataa.

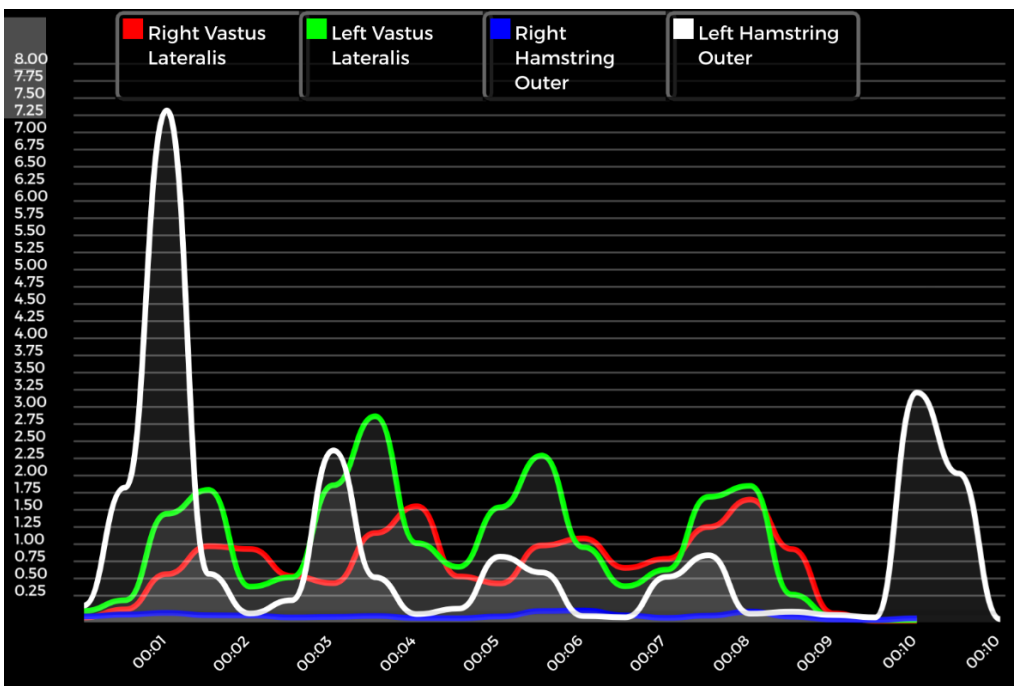
### 3.3 Lihastasapaino

Hyvä lihastasapaino toimii perustana virheettömälle nostamiselle, kun taas virheet nostamisessa altistavat loukkaantumisille (Sandström & Ahonen 2016, 248–249). Painonnostossa vammoja esiintyy yleisimmin olkapäissä, polvissa ja alaselässä (Aasa ym. 2016). Lihastasapainolla pyritään tuomaan esiin urheilijan kykyä käyttää omaa kehoaan, ilman että se itse asettaa rajoituksia liikesuorituksiin, joita lajissa vaaditaan. Hyvä lihastasapaino kattaa ryhtitekijät ja kehonhallinnan, sekä lihasten kalvorakenteiden joustavuuden, nivelten virheettömän toiminnan, nivelrakenteiden jouston suhteessa nivelten tukevuuteen, hermokudoksen esteettömän liukumisen liikkeen aikana ja kyvyn reagoida virheettömästi ulkoisiin tekijöihin. Ryhdissä olevat poikkeamat voivat kertoa osaltaan lihaskireyksistä ja -heikkouksista sekä puuttuvasta hallinnasta. Lihastyön muuttumisen seurauksena tapahtuva niveliin kohdistuvan kuormituksen muuttuminen estää kehon voimantuottamisen optimaalisesti ja on nivelille epäergonomista. (Sandström & Ahonen 2016, 341.)

Lihastasapainoon kuuluvat esimerkiksi agonisti-antagonisti-suhde sekä vasen-oikea-symmetria. Agonisti-antagonisti-suhteella tarkoitetaan vaikuttavan lihaksen toimintatasapainoa suhteessa vastavaikuttajalihakseen. (Sandström & Ahonen 2016, 341). Mpower-lihasaktivaatiomittarilla voidaan tarkastella agonisti-antagonisti-lihasten aktivaatiosuhdetta, eli toimintaa ja kuormitusta suhteessa toisiinsa (Mpower, [viitattu 12.3.2021]).

Vasen-oikea-symmetria on helpoimmin tutkittavissa olevia toiminnallisia tasapainoja. (Sandström & Ahonen 2016, 341). Kaurasen (2014, 261) mukaan vasemman ja oikean puolen symmetrian tarkkailussa voidaan käyttää hyväksi EMG-diagnostiikkaa. Mpower-

lihaskäytönmittaria voidaan hyödyntää oikean ja vasemman puolen lihasparin aktivaatiotasapainon tarkastelussa (Mpower, [viitattu 12.3.2021]). Haasteita tutkimiseen tuovat rakenteelliset poikkeamat samoin kuin oikean tai vasemman hallitsevuus, eli esimerkiksi vasen- tai oikeakätisyys. Ainoastaan molempikätiset voivat periaatteessa saavuttaa täydellisen vasen-oikea-symmetrian. (Sandström & Ahonen 2016, 341). Kuvasta 5. nähdään esimerkki Mpower-sovelluksen ilmoittamasta aktivaatiokäyrästä agonisti-antagonisti-lihasten (Vastus Lateralis ja Hamstring Outer) ja vasemman (Left Vastus Lateralis ja Left Hamstring Outer) ja oikean puolen lihasten (Right Vastus Lateralis ja Right Hamstring Outer) osalta.



Kuva 5. Esimerkki Mpower-sovelluksen aktivaatiokäyrästä

Lihastasapainoa tutkittaessa voidaan selvittää myös pinnallisten ja syvien lihasten suhdetta, passiivisten ja aktiivisten tukirakenteiden keskinäistä suhdetta, hermokudoksen merkitystä lihastasapainolle sekä lihasten kykyä tasapainottaa kehon toimintoja suhteessa ulkoiseen voimaan. Lihastasapainoa voidaan tarkastella kenttäkäyttöön soveltuvalla lihastasapainon kartoituslomakkeella, mutta tarkempi tutkimus vaatii hyvän välineistön ja osaavat tutkijat. (Sandström & Ahonen 2016, 343).



#### **4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMA**

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Suomen Painonnostoliitolle sekä lajin urheilijoille ja valmentajille tietoa lihasten aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana. Painonnostoliitto saa tulosten perusteella koostettua koulutusmateriaalia käyttöönsä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää painonnostoliikkeiden aikana tapahtuvaa lihasaktivaatiota Mpower-lihasaktivaatiomittarin avulla.

Tutkimusongelma:

Miten tarkasteltavat lihakset aktivoituvat painonnostoliikkeiden aikana?

## 5 MENETELMÄT JA TOTEUTUS

### 5.1 Aineistonkeruumenetelmät

Opinnäytetyö toteutettiin metodologisena triangulaationa. Metodologisella triangulaatiolla tarkoitetaan sitä, kun yhden ilmiön tutkimisessa käytetään useampaa kuin yhtä aineistonkeruu- tai tutkimusmenetelmää. Menetelmät voivat olla kokonaan eri näkökulmaa avaavia tai toisiinsa täydentäviä. Tutkimuksessa voidaan yhdistää kvantitatiivinen eli määrällinen ja kvalitatiivinen eli laadullinen menetelmä tai useita kvalitatiivisia menetelmiä. Tuloksia käytetään yhtäaikaaisesti ja tutkimuksen lopussa tulokset yhdistetään. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2017.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivisia aineistonkeruumenetelmiä ja kvantitatiivista aineistonkeruumenetelmää. Kvalitatiivisia aineistonkeruumenetelmiä olivat avoimia kysymyksiä sisältävä esitietolomake (liite 1.) ja nostosuoritusten videointi mittaustilanteissa. Kvantitatiivisena aineistonkeruumenetelmänä käytettiin Mpower-lihasaktivaatiomittaria. Mpower-lihasaktivaatiomittari saatiin lainaan Seinäjoen ammattikorkeakoululta. Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät täydensivät toisiaan tulosten analysoinnissa. Tulosten tallentuminen varmistettiin pitämällä myös manuaalista pöytäkirjaa mittaustuloksista.

### 5.2 Koehenkilöt

Mittauksiin osallistui neljä koehenkilöä. Koehenkilöt rekrytoitiin eri painonnostoseuroista. Inklusiokriteerinä pidettiin sitä, että koehenkilöt kilpailevat SM-tasolla ja heillä on vähintään kolmen vuoden harjoittelutausta lajin parissa. Tällä tavoin voitiin olettaa, että nostajan tekniikka on vakiintunut ja noston intensiteetin kasvaessa suoritustapa ei juurikaan muutu. Inklusiokriteerinä pidettiin myös sitä, että nostajalla ei ole sellaisia vammoja tai vaivoja, jotka estäisivät harjoituksen tekemisen vaaditulla intensiteetillä.

Koehenkilöihin kuului kolme naista ja yksi mies. Koehenkilöt olivat iältään keskimäärin 21-vuotiaita ( $\pm 2,7$ ). Harrastusvuosia koehenkilöillä oli takana keskimäärin 6,4 vuotta ( $\pm 3,9$ ).

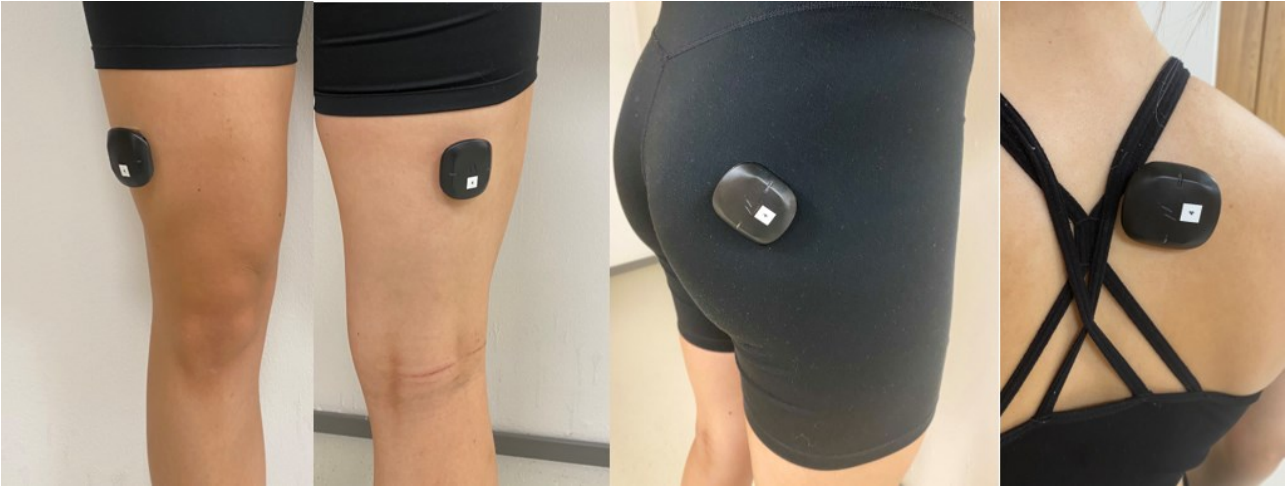
Koehenkilöiden keskimääräinen pituus oli 167 senttimetriä ( $\pm 4,4$ ) ja keskimääräinen paino 68,5 kilogrammaa ( $\pm 14,8$ ). Painoindeksi koehenkilöillä oli keskimäärin 24,4 ( $\pm 4,1$ ).

### 5.3 Mitattavat lihakset ja podien asettelu

Opinnäytetyössä tarkasteltavat lihakset valittiin teoreettisen viitekehyksen, tutkitun tiedon ja käytännön testauksen perusteella. Opinnäytetyöhön valittiin näiden pohjalta mitattaviksi lihaksiksi m. vastus lateralis (VL), m. biceps femoris (BF), m. gluteus maximus (GM) ja m. trapezius pars transversa (TT). Käytännön testauksessa todettiin, että tangon vetolinja aiheuttaa haasteita podien asettelulle. Tämän vuoksi esimerkiksi suoran reisilihaksen ja hartialihaksen etuosan mittaaminen Mpower-lihasaktivaatiomittarilla ei painonnostoliikkeiden aikana onnistu.

Mittausten reliabiliteetin eli toistettavuuden lisäämiseksi podit asetettiin SENIAM-ohjeistuksen mukaisesti. Euroopan Unionin biolääketieteen terveyst- ja tutkimusohjelman SENIAM-hankkeessa (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles) kehitettiin suositukset 30 yksittäisen lihaksen elektrodien asettelusta. Suositukset sisältävät muun muassa kuvauksen kunkin lihaksen anatomiasta ja elektrodin asettamisesta sekä kuvauksen alkuasennosta, jossa elektrodi asetetaan iholle. (Seniam, [viitattu 4.3.2021].) Mittaustilanteiden alkaessa merkittiin podin paikka tussilla ihoon, jotta pod voitiin asettaa samalle paikalle liikkeestä toiseen siirryttäessä.

M. vastus lateraliukseen pod asetettiin SENIAM-ohjeistuksen mukaisesti suoliluun etuyläkärjen ja patellan ulkosyrjän välille niin, että podin paikka on kahden kolmasosan päässä suoliluun etuyläkärjestä. M. biceps femoriksiin pod asetettiin ohjeistuksen mukaisesti puoleen väliin istuinkyhmyä ja sääriluun ulompaa sivunastaa. M. gluteus maximukseen pod asetettiin ristiluun alaosan ja reisiluun ison sarvennoisen puoleen väliin. M. trapezius pars transversaan pod asetettiin T3-nikamatasolle puoleen väliin selkärangasta ja lapaluun sisäreunasta. (Seniam, [viitattu 4.3.2021].) Kuvassa 6. on esitetty podien asettelu jokaisen mitattavan lihaksen osalta.



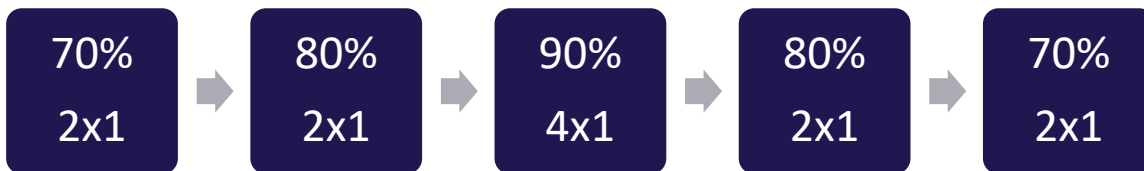
Kuva 6. Podien asettelu

#### 5.4 Mittaustilanteen toteutus

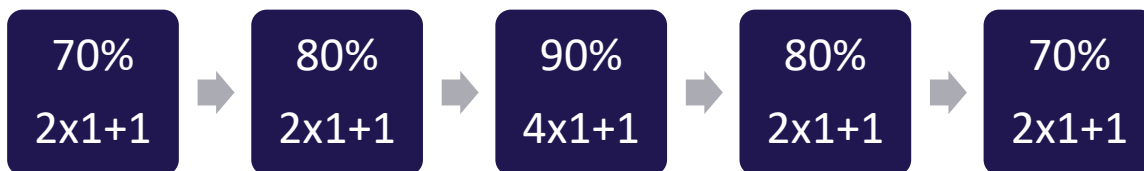
Mittaukset toteutettiin helmikuussa 2021 paikallisilla painonnostosaleilla. Ennen mittauksia koehenkilöille annettiin ohjeet mittaustilanteessa toteutettavasta harjoituksesta. Harjoitus piti sisällään 12 mitattavaa nostoa tempauksessa, rinnallevedossa ja ylöstyönnössä eli yhteensä 36 nostoa. Mitattavat nostot suoritettiin 70, 80 ja 90 prosentin kuormalla koehenkilön yhden toiston maksimista (1 RM). Kullakin kuormalla tehtiin yhteensä neljä toistoa. Lisäksi nostajat tekivät tarvitsemansa määrän lämmittelynostoja. Toistoja tehtiin jokaisessa mitattavassa sarjassa yksi. Työntönostoissa rinnalleveto- ja ylöstyöntövaihe erotettiin, jotta molemmista saatiin omat aktivaatiotasot. Rinnalleveto- ja ylöstyöntönostojen mittaaminen toteutettiin niin, että koehenkilö suoritti rinnallevedon, jonka jälkeen Mpower-sovelluksessa käynnissä oleva sarja keskeytettiin ja uusi sarja aloitettiin ylöstyöntöä varten. Uuden sarjan alettua koehenkilölle annettiin lupa suorittaa ylöstyöntö.

Harjoitus toteutettiin pyramidiperiaatteella (kuvio 1. ja kuvio 2.), jolloin minimoitiin podien siirtotarve mittausten aikana. Podit pidettiin samoissa lihaksissa ensimmäiset kuusi sarjaa, jonka jälkeen podien paikka vaihdettiin seuraavien kuuden sarjan ajaksi. Koehenkilöillä A ja B podit olivat ensimmäiset kuusi tempausnostoa VL:ssa ja BF:ssa, jonka jälkeen ne siirrettiin GM:een ja TT:een tempauksen kuuden viimeisen noston ja työntön kuuden ensimmäisen noston ajaksi. Tämän jälkeen podit siirrettiin vielä VL:een ja BF:een viimeisten kuuden työntönoston ajaksi. Koehenkilö C:n ja D:n mittaukset toteutettiin samalla tavalla, mutta podit

olivat aluksi GM:ssa ja TT:ssa. Näin jokaista tutkittavaa lihasta mitattiin kahdesti tietyn kuorman kohdalla. Samalla kuormalla tehtävien sarjojen välillä pidettiin vähintään kahden minuutin palautumisaika.



Kuvio 1. Tempausnostojen suoritusjärjestys



Kuvio 2. Työntönostojen suoritusjärjestys

## 5.5 Aineiston analysointi

Tulosten analysointi toteutettiin Excel-taulukoinnin avulla. Tempauksen, rinnallevedon ja ylöstyönnön aikana tapahtuvan lihasaktiivisuuden analysointi aloitettiin merkitsemällä jokaisen koehenkilön suorituksista saatu data Excel-taulukkoon. Jokaista tutkittavaa lihasta mitattiin kahdesti tietyn kuorman ja liikkeen kohdalla, ja näistä tuloksista laskettiin keskiarvot. Koehenkilön A osalta jouduttiin jättämään yhden tempausnoston aikaisen m. gluteus maximuksen arvo laskematta, sillä se poikkesi voimakkaasti muista tuloksista vaikuttaen häiriöpiikiltä.

Liikekohtaisten yhteenvetojen tekemiseksi laskettiin jokaisen nostajan mitatuilla prosenteilla tekemien tempaus-, rinnalleveto- ja ylöstyöntösuoritusten aktivaativolyymien keskiarvot ja keskihajonnat. Tuloksiin yhdistettiin vasemman ja oikean puolen lihasten aktivaativolyymit. Yhteenveto painonnostoliikkeiden aikaisesta lihasten aktivoitumisesta tehtiin laskemalla keskiarvot kaikista tempaus-, rinnalleveto- ja ylöstyöntösuoritusten aktivaativolyymeista

kaikilla mitatuilla kuormilla. Yhteenveto painonnostoliikkeiden aikaisesta nopeiden lihassolujen aktivoitumisesta tehtiin laskemalla keskiarvot kaikkien tempaus-, rinnalleveto- ja ylöstyöntösuoritusten aikaisesta nopean aktivaativolyymien prosentuaalisesta osuudesta kaikilla mitatuilla kuormilla.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Koehenkilökohtaiset tulokset

Lihasten lihasaktiivisuustaso on tuloksissa esitetty Mpower-sovelluksen ilmoittamina aktiivaativolyymeina. Tulokset on esitetty jokaisen koehenkilön kohdalta erikseen kuvissa 7., 8., 9. ja 11. Koehenkilökohtaisissa tuloksissa nähdään oikean ja vasemman puolen lihasten aktiivaativolyymit erikseen.

**Koehenkilön A** ilmoittama yhden toiston maksimi (1 RM) on tempauksessa 63 kg ja työnnössä 82 kg. Koehenkilön A tempauksen 1 RM:sta 70 % on 45 kg, 80 % on 52 kg ja 90 % on 58 kg. Työnnön 1 RM:sta 70 % on 57 kg, 80 % on 66 kg ja 90 % on 74 kg. Suorituksista kuvattujen videoiden analysoinnin perusteella voidaan todeta, että koehenkilö A aloittaa tempaus- ja rinnallevetonostot valmistavalla liikkeellä. Ylöstyönnön saksiasennossa koehenkilöllä A on vasen jalka edessä. Koehenkilöllä A oli koko harjoituksen ajan käytössään 7 mm:n paksuiset polvituet. Kuvassa 7. on esitetty koehenkilön A aktiivaativolyymit kunkin lihaksen, kuorman ja liikkeen osalta. Kuvasta 7. nähdään, että koehenkilön A TT:n aktiivaativolyymit ovat suuremmat oikealla puolella kaikilla kuormilla jokaisessa liikkeessä.

Koehenkilön A lihasten aktivoituminen																								
Kuorma (%1RM)	Tempaus								Rinnalleveto								Ylöstyöntö							
	VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT	
	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
70	65	125	8	9	12	3	187	64	1	9	8	12	9	4	466	200	0	21	5	58	2	2	62	25
80	66	186	38	49	27	4	244	66	1	25	15	14	2	6	154	125	1	29	6	14	2	1	14	10
90	75	169	31	39	87	6	678	259	66	5	38	22	0	0	428	137	20	7	8	9	0	0	98	33

Kuva 7. Koehenkilön A lihasten aktivoituminen aktiivaativolyymeilla ilmoitettuna

**Koehenkilön B** ilmoittama yhden toiston maksimi on tempauksessa 127 kg ja työnnössä 170 kg. Koehenkilön B tempauksen 1 RM:sta 70 % on 89 kg, 80 % on 101 kg ja 90 % on 114 kg. Työnnön 1 RM:sta 70 % on 120 kg, 80 % on 136 kg ja 90 % on 153 kg. Videoanalysoinnin perusteella voidaan koehenkilön B suorituksista sanoa, että hän aloittaa tempaus- ja rinnallevetonostot valmistavalla liikkeellä. Ylöstyönnön saksiasennossa koehenkilöllä B

on vasen jalka edessä. Koehenkilö B ei harjoituksen aikana käyttänyt polvitukia. Kuvassa 8. on esitetty koehenkilön B aktivaatiovolyymit kunkin lihaksen, kuorman ja liikkeen osalta.

Koehenkilön B lihasten aktivoituminen																								
Kuorma (%1RM)	Tempaus								Rinnalleveto								Ylöstyöntö							
	VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT	
	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
70	359	148	10	20	20	6	196	469	275	82	1	50	22	11	108	166	75	68	0	31	8	23	159	228
80	235	98	13	35	20	8	349	789	255	92	4	32	35	12	114	257	113	222	3	34	12	19	61	194
90	258	153	11	57	11	4	385	659	463	290	22	42	45	14	177	287	130	139	9	53	14	22	98	157

Kuva 8. Koehenkilön B lihasten aktivoituminen aktivaatiovolyyymeilla ilmoitettuna

**Koehenkilön C** ilmoittama yhden toiston maksimi on tempauksessa 57 kg ja työnnössä 78 kg. Koehenkilön C tempauksen 1 RM:sta 70 % on 40 kg, 80 % on 46 kg ja 90 % on 51 kg. Työnnön 1 RM:sta 70 % on 55 kg, 80 % on 63 kg ja 90 % on 70 kg. Suorituksista kuvattujen videoiden analysoinnin perusteella voidaan todeta, että koehenkilö C aloittaa tempaus- ja rinnallevetonostot valmistavalla liikkeellä. Ylöstyöntön saksiasennossa koehenkilöllä C on vasen jalka edessä. Koehenkilöllä C oli käytössään 7 mm:n paksuiset polvituet 90 %:n kuormalla tehdyissä rinnalleveto- ja ylöstyöntönostoissa. Kuvassa 9. on esitetty koehenkilön C aktivaatiovolyymit kunkin lihaksen, kuorman ja liikkeen osalta.

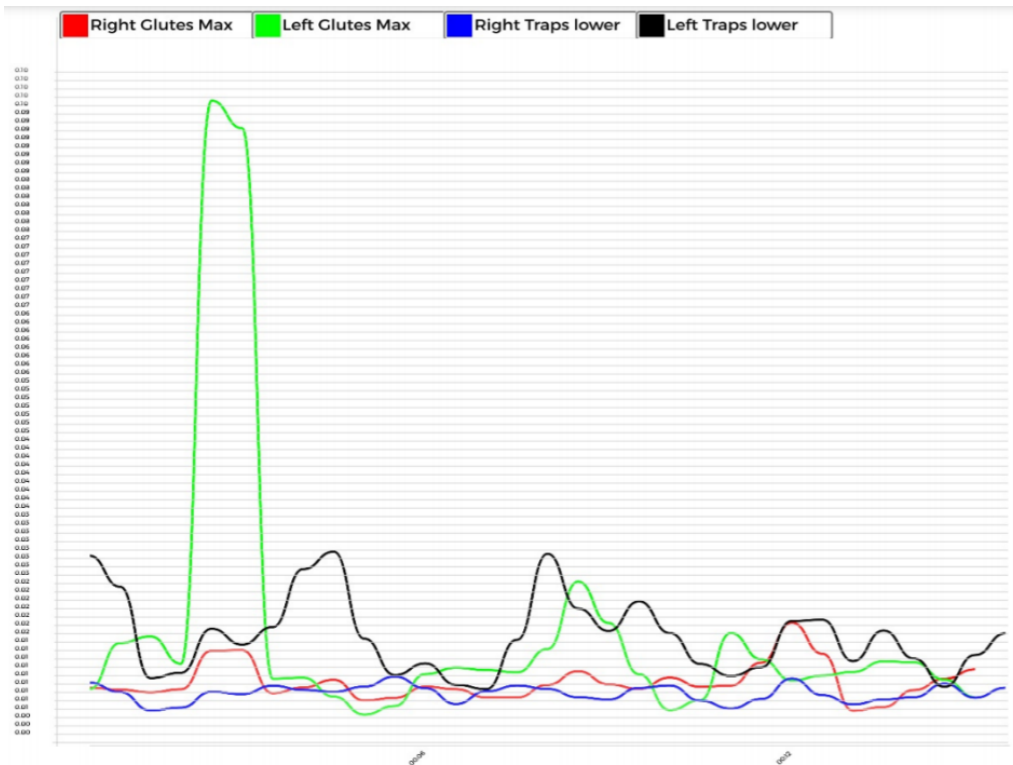
Koehenkilön C lihasten aktivoituminen																								
Kuorma (%1RM)	Tempaus								Rinnalleveto								Ylöstyöntö							
	VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT	
	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
70	0	19	16	9	1	2	21	35	0	0	5	14	0	0	0	0	0	1	5	27	0	0	0	0
80	1	32	16	8	2	1	20	37	0	0	4	10	0	0	0	0	0	2	2	23	0	0	0	0
90	0	29	23	11	1	2	23	47	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0

Kuva 9. Koehenkilön C lihasten aktivoituminen aktivaatiovolyyymeilla ilmoitettuna

Kuvassa 10. on esimerkki koehenkilön C 80 %:n kuormalla tehtyjen rinnalleveto- ja ylöstyöntösuoritusten aikaisesta aktivaatiokäyrästä GM:n ja TT:n osalta. Kuvasta 10. voidaan huomata, että lihaksissa havaitaan pientä aktivaatiota, joka on korkeimmillaan noin 0,4,



vaikka kuvassa 9. koehenkilön C aktivaatiiovolyymien arvot ovat 0 kyseisten suoritusten kohdalla.



Kuva 10. Esimerkki koehenkilön C aktivaatiokäyrästä

**Koehenkilön D** ilmoittama yhden toiston maksimi on tempauksessa 73 kg ja työnnössä 90 kg. Koehenkilön D tempauksen 1 RM:sta 70 % on 51 kg, 80 % on 58 kg ja 90 % on 66 kg. Työnnön 1 RM:sta 70 % on 63 kg, 80 % on 72 kg ja 90 % on 81 kg. Videoanalysoinnin perusteella voidaan koehenkilön D suorituksista sanoa, että hän aloittaa tempaus- ja rinnallevetonostot valmistavalla liikkeellä. Ylöstyönnön saksiasennossa koehenkilöllä D on oikea jalka edessä. Koehenkilö D käytti 7 mm:n paksuisia polvitukia kaikissa rinnalleveto- ja ylöstyöntönostoissa. Kuvassa 11. on esitetty koehenkilön D aktivaatiiovolyymit kunkin lihaksen, kuorman ja liikkeen osalta.

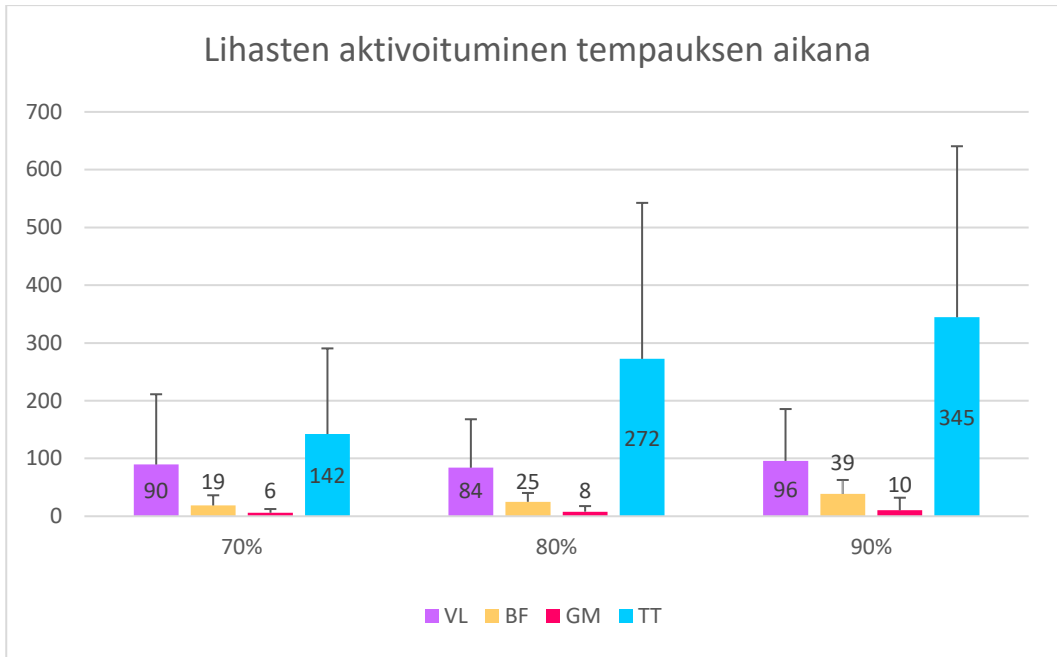
Koehenkilön D lihasten aktivoituminen																								
Kuorma (%1RM)	Tempaus								Rinnalleveto								Ylöstyöntö							
	VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT		VL		BF		GM		TT	
	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
70	0	2	17	62	4	2	20	149	0	0	9	59	0	0	0	33	0	0	0	11	0	0	0	73
80	0	56	12	30	0	4	330	347	0	1	1	8	0	1	1	81	0	0	1	5	1	0	1	146
90	4	80	63	75	0	10	590	115	0	1	0	1	0	0	0	47	1	0	0	0	0	0	1	69

Kuva 11. Koehenkilön D lihasten aktivoituminen aktivaatiovolyymeilla ilmoitettuna

## 6.2 Liikekohtaiset tulokset

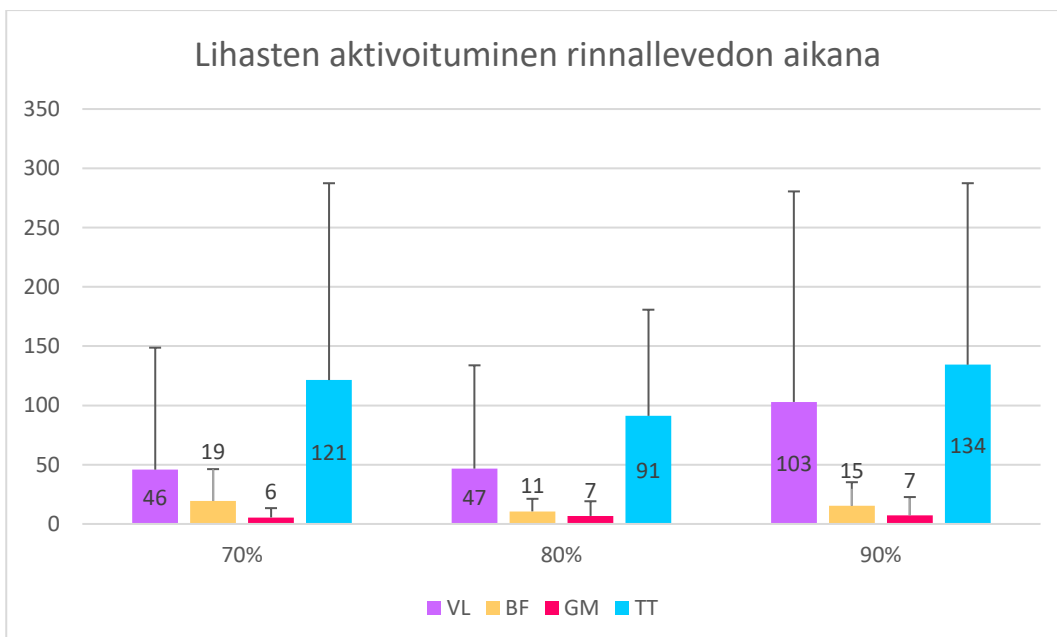
Liikekohtaisia yhteenvedoja kaikkien koehenkilöiden tuloksista on esitetty kuvioissa 3., 4. ja 5. Liikekohtaisissa yhteenvedoissa on esitetty myös keskihajonnat. Yhteenvedo lihasten aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana on esitetty kuviossa 6. Nopeiden lihassolujen aktivaatio on esitetty nopean aktivaatiovolyymin prosentuaalisena osuutena kokonaisaktivaatiosta. Yhteenvedo nopeiden lihassolujen aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana on esitetty kuviossa 7.

Kuviossa 3. nähdään yhteenvedo lihasten aktivoitumisesta tempauksen aikana 70, 80 ja 90 prosentin kuormilla. Kuviossa 3. huomataan, että TT:n aktivaatiovolyymi on tempauksen aikana suurin, ja se nousee kuorman kasvaessa. GM:n aktivaatiovolyymi on mitatuista lihaksista matalin. VL:n aktivaatiovolyymi eri kuormien välillä ei vaihtelee suuresti.



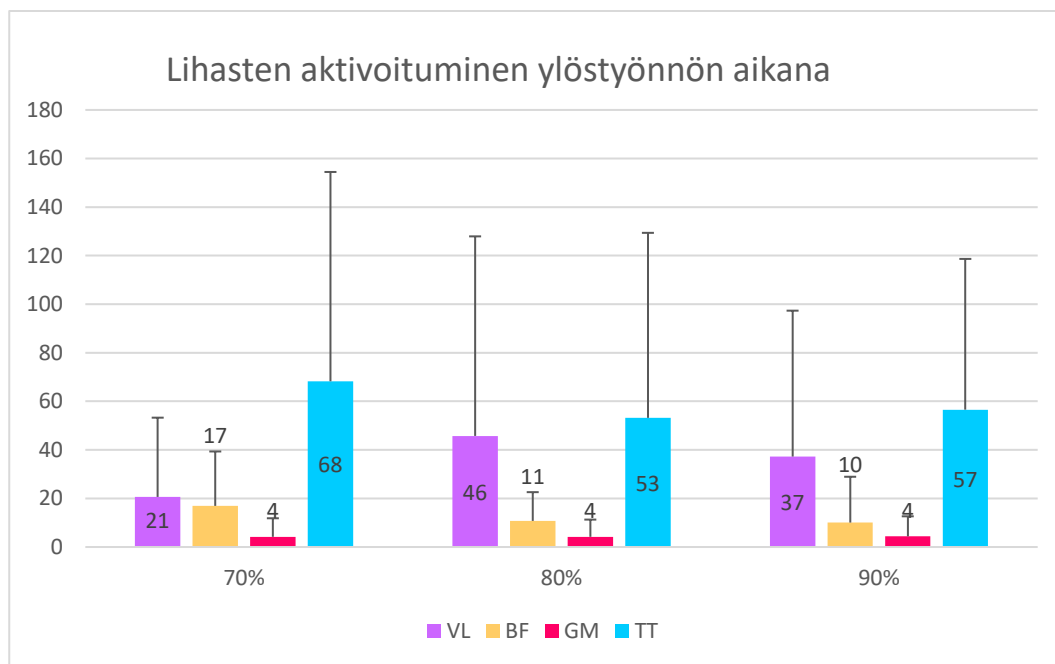
Kuvio 3. Lihasten aktivoituminen tempauksen aikana

Kuviossa 4. esitetään yhteenveto lihasten aktivoitumisesta rinnallevedon aikana. Kuviossa 4. havaitaan, että TT:n aktivaatiovolyyymi on suurin kaikilla kuormilla, mutta aktivaatiovolyyymi ei progressiivisesti nouse kuorman kasvaessa. Suhteessa VL:n ja TT:n aktivaatiovolyyymiin GM:n ja BF:n aktivaatiovolyyymi on matala kaikilla kuormilla.



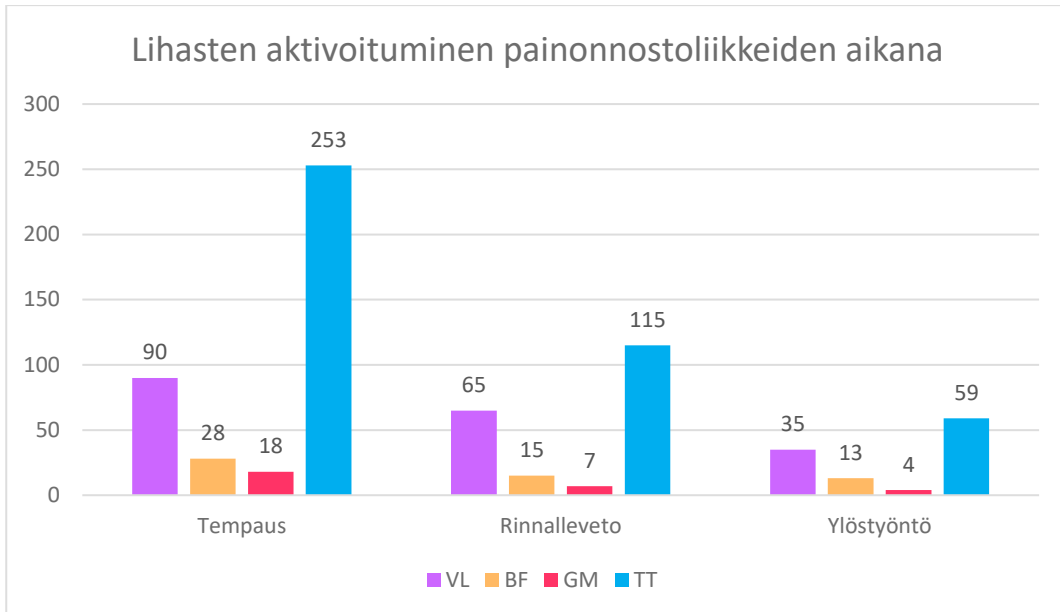
Kuvio 4. Lihasten aktivoituminen rinnallevedon aikana

Kuviosta 5. nähdään yhteenveto lihasten aktivoitumisesta ylöstyönnön aikana. Kuviosta 5. käy ilmi, että GM:n aktivaativolyymi pysyy samana kaikilla kuormilla, ja BF:n aktivaativolyymi laskee kuorman kasvaessa. TT:n aktivaativolyymi on korkein ja VL:n matalin 70 prosentin kuormalla suoritetuissa nostoissa.



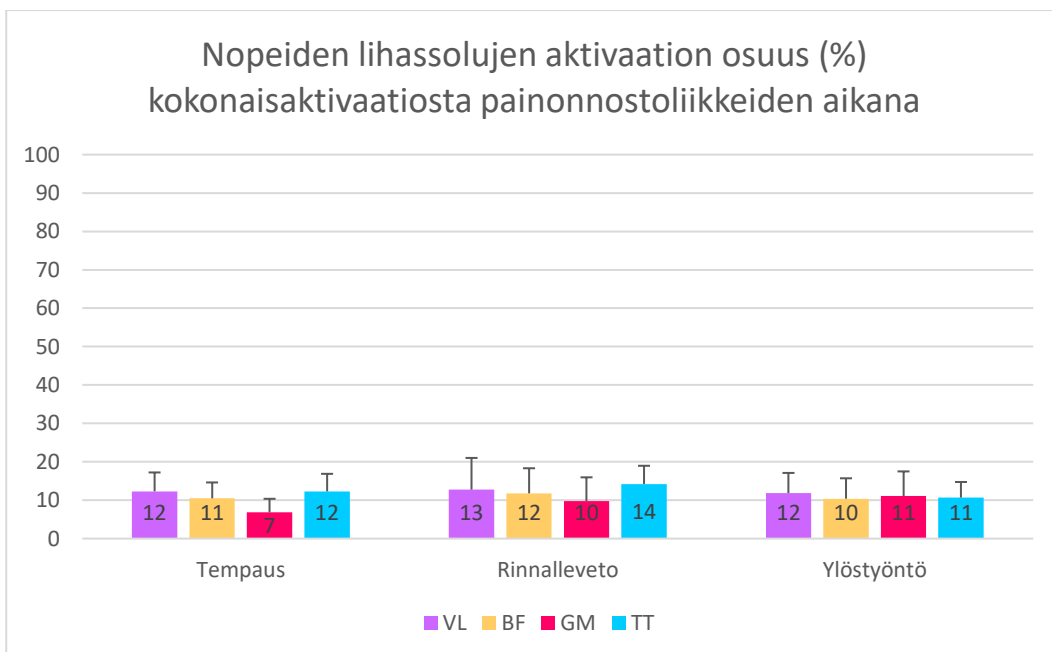
Kuvio 5. Lihasten aktivoituminen ylöstyönnön aikana

Kuviossa 6. esitetään yhteenveto lihasten aktivoitumisesta painonnostoliikkeiden aikana. Kuviosta 6. havaitaan, että kaikkien mitattujen lihasten aktivaativolyymi on korkeimmillaan tempauksessa ja matalimmillaan ylöstyönnössä.



Kuvio 6. Lihasten aktivoituminen painonnostoliikkeiden aikana

Kuviossa 7. esitetään nopeiden lihassolujen aktivaation prosentuaalinen osuus kokonaisaktivaatiosta painonnostoliikkeiden aikana. Kuviossa 7. nähdään, että nopeiden lihassolujen aktivoitumisen osuus eri painonnostoliikkeiden välillä on tasaista ja keskihajonta nopeiden lihassolujen aktivaatioiden prosentuaalisten osuuksien välillä on pientä.



Kuvio 7. Nopeiden lihassolujen aktivaation osuus (%) kokonaisaktivaatiosta painonnostoliikkeiden aikana

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tulosten mukaan lihasten aktivoitumisessa painonnostoliikkeiden aikana on suurta vaihtelua yksilöiden välillä. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että kaikkien mitattujen lihasten (m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. trapezius pars transversa) aktivoituminen on suurinta tempauksen aikana ja pienintä ylöstyönnön aikana. M. gluteus maximus aktivoituu kaikissa painonnostoliikkeissä keskimäärin muita mitattuja lihaksia vähemmän. Keskihajonnat liikekohtaisissa yhteenvedoissa ovat suurempia m. vastus lateraliuksen ja m. trapezius pars transversan kohdilla kuin m. biceps femoriksen ja m. gluteus maximuksen kohdilla. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että nopeiden lihassolujen aktivoitumisen osuus painonnostoliikkeiden välillä on melko tasaista. Keskihajonta nopeiden lihassolujen aktivaatioiden prosentuaalisten osuuksien välillä on pientä, jolloin tuloksia voidaan pitää melko luotettavina.

Ylöstyönnön saksiasennossa koehenkilöllä A, B ja C m. biceps femoris aktivoituu etujalassa enemmän. Koehenkilöllä D puolestaan m. biceps femoris aktivoituu enemmän takajalassa. Koehenkilöillä havaitaan puolieroja vasemman ja oikean puolen välillä. Esimerkiksi koehenkilöillä A, C ja D havaitaan tempauksen aikana vasemmassa m. vastus lateraliuksessa suuremmat arvot kuin oikealla. Koehenkilöllä B aktivoituminen on tempauksen aikana suurempaa oikeassa m. vastus lateraliuksessa kuin vasemmassa.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lihasten aktivoitumista painonnostoliikkeiden aikana Mpower-lihasaktivaatiomittaria hyödyntäen. Opinnäytetyömme on ensimmäinen Theseuksesta löytyvä opinnäytetyö, jossa käsitellään lihasten aktivoitumista painonnostoliikkeiden aikana. Tutkittua tietoa painonnostoliikkeiden aikaisesta lihasten aktivoitumisesta on löydettävissä vähän, joten jouduimme soveltamaan opinnäytetyöhömmme tutkimuksia, joissa oli tarkasteltu painonnostoliikkeiden osasuorituksia, kuten valakyykyä ja etukyykyä. Myös tutkimuksia Mpower-laitteesta on eri tietokannoissa löydettävissä hyvin vähän, kun taas yleisesti pinta-elektromyografiaan liittyviä tutkimuksia on saatavilla runsaasti. Lisäksi Mpower-sovellus ilmoittaa lihasten aktivoitumisen omana yksikkönään eli aktivaativolyymina, kun useimmiten EMG-pohjaiset analyysit ilmoitetaan mikrovoltteina ( $\mu\text{V}$ ) tai hertseinä (Hz) (Kauranen 2014, 274, 278). Liikesuoritusten eroavaisuuden ja eri yksiköiden vuoksi tutkimuksestamme saadut tulokset eivät ole suoraan verrattavissa aiempiin aiheeseen liittyviin tutkimuksiin.

Opinnäytetyön tuloksissa havaittiin lihasten aktivoitumisen olevan suurinta tempausnostoissa. Tämä saattaa johtua siitä, että tempauksessa tanko nostetaan yhtäjaksoisella liikkeellä maasta suorille käsille. M. trapezius pars transversa aktivoitui kaikilla koehenkilöillä pääsääntöisesti tempauksessa enemmän kuin rinnallevedossa ja ylöstyönnessä. Myös Bautista ym. (2020) havaitsivat tutkimuksessaan, että valakyykyssä m. trapezius pars transversa oli aktiivisempi kuin etukyykyssä. Tempauksessa oteleveys oli kaikilla koehenkilöillä huomattavasti leveämpi kuin rinnallevedossa ja ylöstyönnessä, jolloin voidaan pohtia, onko muun muassa otteen leveydellä vaikutusta m. trapezius pars transversan aktivoitumiseen.

Pienen näytteen ( $n=4$ ) vuoksi tässä opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää. Tuloksissa havaitaan suurta yksilöllistä vaihtelua lihasten aktivoitumisessa koehenkilöiden välillä. Pienen näytteen vuoksi yksilöiden tulokset vaikuttavat saatuihin keskiarvoihin merkittävästi. Esimerkiksi 90 prosentin kuormalla tehdyissä rinnallevedoissa koehenkilöllä B oikean m. vastus lateraliuksen aktivaativolyymien keskiarvo on 463 ja vasemman 290, kun koehenkilöllä C vastaavat lukemat ovat 0 ja 0. Suuren vaihteluvälin vuoksi tuloksissa tehtyihin yhteenvetoihin on hyvä suhtautua kriittisesti.

Tuloksista nähdään, että yksilölliset erot mitattujen lihasten osalta ovat eri koehenkilöiden välillä suuria, jonka vuoksi keskihajonta nousee korkeaksi. Esimerkiksi 90 prosentin kuormalla tehdyissä tempaussuorituksissa aktivaatiovolyymien keskiarvot ovat koehenkilöllä C m. vastus lateraliksessa oikealla 0 ja vasemmalla 29 ja m. trapezius pars transversassa oikealla 23 ja vasemmalla 47. Vastaavassa suorituksessa koehenkilön A lukemat ovat m. vastus lateraliksessa oikealla 75 ja vasemmalla 169 ja m. trapezius pars transversassa oikealla 678 ja vasemmalla 259. Koska aktivaatiovolyymien lukemat eri koehenkilöiden välillä ja myös saman koehenkilön eri suoritusten välillä ovat hyvin erilaisia, ei aktivaatiovolyymien lukemia varmastikaan voida yleistää. Edellä mainituissa tuloksissa kuitenkin huomataan, että sekä koehenkilöllä C että koehenkilöllä A lihasten aktivoituminen on voimakkaampaa m. trapezius pars transversassa suhteessa m. vastus lateralikseen, jolloin voidaan ajatella, että lihasten aktivoitumisen suhde toisiinsa olisi mahdollisesti paremmin yleistettävissä.

Podien asettelu pyrittiin tekemään mahdollisimman huolellisesti SENIAM-ohjeistuksen mukaan. On kuitenkin mahdollista, että podien asettelu on vaikuttanut aktivaatiovolyymeihin koehenkilöiden välillä, sillä tutkittavan lihaksen ympäröivistä lihaksista saattaa tulla EMG-laitteeseen häiriösignaaleja mittauksen aikana (Kauranen 2014, 270). Mittausten reliabiliteettia pyrittiin lisäämään sillä, että molemmat testaajat osallistuivat podien paikoilleen asettamiseen. Podin paikka merkittiin tussilla ihoon, jolloin se voitiin asettaa tietyn koehenkilön kohdalla uudelleen samalle paikalle. Koehenkilöiden välillä oli eroja lihasten erottuvuudessa, jolloin joidenkin koehenkilöiden kohdalla esimerkiksi m. biceps femoriksen podin oikea sijoituskohta oli hieman haasteellisempi paikantaa.

Kaikki koehenkilöt aloittivat tempaus- ja rinnallevetonostot valmistavalla liikkeellä ja mittaus käynnistettiin ennen liikettä. Tämän vuoksi valmistavalla liikkeellä, joka ei vielä ole osa varsinaista nostoa, voi olla vaikutusta suorituksen aktivaatiovolyymiin. Rinnalleveto- ja ylöstyöntönostojen mittaaminen toteutettiin niin, että koehenkilö suoritti rinnallevedon, jonka jälkeen käynnissä oleva sarja keskeytettiin ja uusi sarja aloitettiin. Uuden sarjan alettua koehenkilö sai luvan suorittaa ylöstyönnön. Tämän vuoksi rinnallevedon ja ylöstyönnön välinen aika oli koehenkilöillä hieman pidempi kuin normaalissa kilpailusuorituksessa, jolloin



ylöstyönnössä koehenkilö saattoi olla normaalia väsyneempi. Väsymys on saattanut mittauksissa vaikuttaa ylöstyönnön aikaisiin aktivaatiovolyyymeihin.

EMG-mittauksissa häiriöitä voivat aiheuttaa elektrodien ja lihasten liikkuminen (Kauranen 2014, 269). Työn edetessä pohdimme, onko Mpower sopiva mittari painonnostoliikkeiden aikaisen lihasaktivaation tutkimiseen. Mietimme, mittaako Mpower riittävän tarkasti räjähtäviä ja nopeita painonnostosuorituksia ja antaako se luotettavia tuloksia. Opinnäytetyön tulosten perusteella SM-tasolla kilpailevien koehenkilöiden nopeiden lihassolujen aktivaation prosentuaalinen osuus on keskimäärin vain noin 11 prosenttia lihasten kokonaisaktivaatiosta. Ludahlin (2016, 419) mukaan painonnostoliikkeet ovat räjähtävää voimaa vaativia suorituksia, jonka vuoksi tämä 11 prosentin osuus kuulostaa melko pieneltä lukemalta.

Ennen mittauksia jokainen koehenkilö allekirjoitti tutkittavan suostumuslomakkeen. Täytimme myös tutkimuksen tietosuojaselosteen. Mittaukset suoritettiin jokaisen koehenkilön kanssa erikseen hänen valitsemassaan harjoitteluympäristössä. Työn edetessä jouduimme pohtimaan, miten tuomme esille koehenkilöiden tiedot niin, että he eivät ole tunnistettavissa. SM-tason painonnostajien määrä ei toistaiseksi ole kovin suuri, joten jos yksittäisen koehenkilön ikä, sukupuoli, paino, pituus ja nostotulokset tuodaan ilmi, voi nostaja olla näiden tietojen perusteella tunnistettavissa. Anonymiteetin säilyttämiseksi esitimme koehenkilöiden tiedot keskiarvojen ja keskihajontojen avulla.

Opinnäytetyöprojektin aikana nousi esille ajatuksia erilaisista jatkotutkimusten aiheista. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin työnnön kahta liikettä, rinnallevetoa ja ylöstyöntöä, erillisinä liikkeinä. Painonnoston kilpailusuorituksessa työntö tehdään kuitenkin aina kokonaisuutena. Tähän liittyen olisi mielenkiintoista selvittää, miten lihasten aktivoituminen tapahtuisi työnnön aikana kokonaisuudessaan. Mittausten aikana koehenkilöt saivat käyttää halutessaan varusteita, kuten painonnostovyötä ja polvitukia. Koska osa koehenkilöistä käytti polvitukia ja osa ei, emme pysty sanomaan, onko polvitukien käytöllä vaikutusta henkilökohtaiseen lihasaktivaatioon ja tätä kautta saatuihin yhteenvetoihin. Mielenkiintoista olisi jatkossa selvittää, millainen vaikutus esimerkiksi polvitukien käytöllä voi lihasaktivaatioon olla.

Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla useamman lihaksen aktivoitumisen selvittäminen painonnostoliikkeiden aikana. Sandströmin & Ahosen (2016, 248) mukaan vatsalihakset ja selän lihakset tukevat selkärankaa nostosuorituksen aikana. Tässä opinnäytetyössä keskivartalon lihakset eivät valikoituneet mitattaviksi lihaksiksi, joten niiden aktivoitumisesta olisi mielenkiintoista saada lisää tutkimustietoa tulevaisuudessa. Tässä opinnäytetyössä mm. quadriceps femoriksen lihaksista mittauksen kohteena oli ainoastaan m. vastus lateralis. Jatkokutkimuksena voisi selvittää, miten muut mm. quadriceps femoriksen lihakset suoritusten aikana aktivoituvat, ja aktivoituuko toisilla nostajilla esimerkiksi m. rectus femoris painonnostosuoritusten aikana m. vastus lateralista voimakkaammin.

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti oma mielenkiinto lajia kohtaan, jolloin opinnäytetyön tekeminen pysyi mielekkäänä alusta loppuun saakka. Painonnostoon liittyviä opinnäytetöitä on toistaiseksi tehty melko vähän. Suomen Painonnostoliiton edustajan kanssa keskustellessamme meille selvisi, että Painonnostoliitolla on tilausta nimenomaan lihasten aktivoitumista käsittelevälle opinnäytetyölle.

Opinnäytetyön toteutus eteni aikataulusuunnitelman mukaan. Mittausten onnistuneen toteutuksen kannalta oli tärkeää, että harjoittelimme mittarin käyttöä ja teimme testimittauksia etukäteen. Testimittausten perusteella pystyimme antamaan koehenkilöille ohjeet sopivan vaatetuksen suhteen, jotta voitiin edesauttaa podien pysymistä iholla nostojen aikana. Käytännön testaus osoitti, että esimerkiksi m. rectus femoriksen mittaaminen Mpower-lihasaktivaatiomittarilla painonnostoliikkeiden aikana olisi tangon vetolinjan vuoksi haastavaa. Testimittausten perusteella pystyimme myös arvioimaan mittaustilanteisiin kuluvan ajan ja ilmoittamaan sen etukäteen koehenkilöille.

Opinnäytetyön tavoite täyttyi ja saimme selvitettyä lihasten aktivoitumista painonnostoliikkeiden aikana. Tehdyillä mittauksilla saimme myös vastauksen tutkimuskysymykseemme. Koehenkilöille annettiin henkilökohtaiset palautteet saaduista tuloksista mittausten jälkeen, jolloin he valmentajiensa kanssa pystyvät halutessaan hyödyntämään tuloksia harjoittelun suunnittelussa. Yhteistyökumppanin kanssa yhteydenpito oli sujuvaa ja vastavuoroista. Työn edetessä opimme paljon uutta tietoa tutkimuksen toteuttamisesta ja eettisistä

periaatteista. Opinnäytetyöprosessin myötä kehityimme tiedonhaussa ja lähteiden luotettavuuden arvioinnissa. Opinnäytetyön toteuttaminen parityöskentelynä oli sujuvaa ja antoisaa.

## LÄHTEET

- Aasa, U., Svartholm, I., Andersson, F. & Berglund, L. 2016. Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review. [Verkkolehtiartikkeli]. *British Journal of Sports Medicine* 51, 211–220. [Viitattu 6.10.2020]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/bjsports/51/4/211.full.pdf>
- Bautista, D., Durke, D., Cotter, J. A., Escobar, K. A. & Schick, E.E. 2020. A Comparison of Muscle Activation Among the Front Squat, Overhead Squat, Back Extension and Plank. [Verkkolehtiartikkeli]. *International Journal of Exercise Science* 13 (1), 714-722. [Viitattu 15.10.2020]. Saatavana: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7241624/#\\_ffn\\_sectitle](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7241624/#_ffn_sectitle)
- Borg, F., Laxåback, G. & Sandström, L. 2015. Simultaneous EMG measurements with Mpower (Fibrux) and Telemyo G2 (Noraxon): Comparing amplitude. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 2.3.2021]. Saatavana: <http://www.mpower-bestrong.com/fi/img/science/Chydenius.pdf>
- Bousquet, B. & Olson, T. 2018. Starting at the Ground Up: Range of Motion Requirements and Assesment Procedures for Weightlifting Movements. [Verkkolehtiartikkeli]. *Strength and Conditioning Journal* 40 (6), 56–67. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavana: [https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2018/12000/Starting\\_at\\_the\\_Ground\\_Up\\_Range\\_of\\_Motion.9.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2018/12000/Starting_at_the_Ground_Up_Range_of_Motion.9.aspx)
- Delavier, F. 2013. Lihaskuntoharjoittelu ja venyttely. 4. p. Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Felici, F. & Del Vecchio, A. 2020. Surface Electromyography: What Limits Its Use in Exercise and Sport Physiology? [Verkköartikkeli]. *Frontiers in Neurology*. [Viitattu 3.3.2021]. Saatavana: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2020.578504/full>
- Hedrick, A. ja Wada, H. 2008. Weightlifting Movements: Do the Benefits Outweigh the Risks? [Verkköartikkeli]. *Strength and Condition Journal* 30 (6), 26–35. [Viitattu 6.10.2020]. Saatavana: [https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2008/12000/Weightlifting\\_Movements\\_Do\\_the\\_Benefits\\_Outweigh.3.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2008/12000/Weightlifting_Movements_Do_the_Benefits_Outweigh.3.aspx)
- Ho, L. K. W., Lorenzen, C., Wilson, C. J., Saunders, J. E. & Williams, M. D. 2014. Reviewing Current Knowledge in Snatch Performance and Technique: The Need for Future Directions in Applied Research. [Verkkolehtiartikkeli]. *The Journal of Stength and Conditioning Research* 28 (2), 574-586. [Viitattu 25.1.2021]. Saatavana: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/02000/Reviewing\\_Current\\_Knowledge\\_in\\_Snatch\\_Performance.33.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/02000/Reviewing_Current_Knowledge_in_Snatch_Performance.33.aspx)

- Isolehto, J. 2016. Nopeusvoimaharjoittelu. Teoksessa: A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) Huippu-urheiluvalmennus: Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus Oy. 265–271.
- Julin, M. 2020. Tasapainoa teknologian avulla. Fysioterapia (2) 2020, 35–39.
- Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2017. Tutkimus hoitotieteessä. [Verkkokirja]. Sanoma Pro Oy. [Viitattu 28.1.2021]. Saatavana Ellibs-e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Kauranen, K. 2014. Lihas – rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.
- Lundahl, K. 2016. Maksimivoimalajit: Painonnoston lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Teoksessa: A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) Huippu-urheiluvalmennus: Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus Oy. 411–422.
- Martín-Fuentes, I., Oliva-Lozano, J.M. & Muyor, J.M. 2020. Electromyographic activity in deadlift exercise and its variants. A systematic review. [Verkkolehtiartikkeli]. PLOS ONE. [Viitattu 28.1.2021]. Saatavana: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0229507>
- Mpower – lihasaktivaatiomittari. Käyttöohje. Suomi, Versio 1.0 [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.10.2020]. Fibrux Oy. 2016. Saatavana: [http://www.mpower-bestrong.com/fi/manual/MPOWER\\_kayttoohje.pdf](http://www.mpower-bestrong.com/fi/manual/MPOWER_kayttoohje.pdf)
- MPOWER. Ei päiväystä. FYSIOTERAPEUTTI. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.10.2020]. Saatavana: <http://mpower.fi/physiotherapist.html>
- MPOWER. Ei päiväystä. MPOWER. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.3.2021]. Saatavana: <https://mpower.fi/product.html>
- Olympiakomitea. Ei päiväystä. Painonnosto. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.1.2021]. Saatavana: <https://www.olympiakomitea.fi/huippu-urheilu/olympiahistoria/olympialajit/kesalajit/painonnosto/>
- Painonnostoliitto. 2018. Vuosikertomus. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.10.2020]. Saatavana: <https://painonnosto.fi/wp-content/uploads/2019/04/Vuosikertomus-2018.pdf>
- Painonnostoliitto. Ei päiväystä. Punttikoulu. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.3.2021]. Saatavana: <https://painonnosto.fi/kilpailu/nuoret/punttikoulu/>

- Painonnostoliitto. Ei päiväystä. Painonnosto. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.5.2021]. Saatavana: <https://painonnosto.fi/lajit/painonnosto/>
- Roininen, T. 2019. Painonnosto osana voimaharjoittelua. Teoksessa: Mäennenä, J., Olli, J., Puputti J., Roininen, T., Haverinen, M., Kuukasjärvi, K. & Parkkinen, J. 2019. Voimaharjoittelu - Teoriasta parhaisiin käytäntöihin. Lahti: VK-Kustannus Oy. 227–245.
- Sandström, M. & Ahonen, J. 2016. Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Keuruu: VK-Kustannus Oy.
- SENIAM. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.3.2021]. Saatavana: <http://www.seniam.org/>
- Väyrynen, P. 2016. Terveet jalat: Alaraajojen lihaskunnan harjoittaminen. [Verkkoartikkeli]. Kustannus Oy Duodecim. [Viitattu 10.5.2021]. Saatavana: <https://www.terveyskirjasto.fi/tju00208>
- Walisiewicz, M., Dye, K., Abbott, L., Sampson, R. & Tomley, S. 2011. Voimaharjoittelu & kehonmuokkaus. Suomentaja Jouni Virtamo. 2. p. Jyväskylä: WSOYpro Oy.

## LIITTEET

Liite 1. Esitietolomake

## Esitietolomake

Nimi \_\_\_\_\_

Nainen [ ] Mies [ ]

Ikä \_\_\_\_\_

Harrastusvuodet \_\_\_\_\_

Pituus (cm) \_\_\_\_\_

Paino (kg) \_\_\_\_\_

Tempaus 1 RM \_\_\_\_\_

Työntö 1 RM \_\_\_\_\_