

**KESKIVARTALOLIHASTEN HERMOSTOLLINEN AKTIIVISUUS ERI
HARJOITUSLIIKKEISSÄ TERVEILLÄ MIEHILLÄ**

Riku Hiirikoski, Jenni Sillantaka

Fysioterapian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2021

TIIVISTELMÄ

Hiirikoski, R. & Sillantaka, J. 2021. Keskivartalolihasen hermostollinen aktiivisuus eri harjoitusliikkeissä terveillä miehillä. Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 66 s., 6 liitettä.

Alaselkäkipu on maailmanlaajuisesti yksi yleisimmistä sairaspotilaiden syistä. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen FinTerveys 2017 -tutkimuksessa edellisten 30 päivän aikana alaselkäkipua oli kokenut naisista 48 % ja miehistä 44 %. Terapeuttisella harjoittelulla on todettu olevan vaikutusta toimintakyvyn parantumiseen sekä oireiden lievittymiseen alaselkäkipun hoidossa. Etenkin keskivartalon lihaksia ja toimintakykyä progressiivisesti kehittävä voimaharjoittelu on todettu tehokkaaksi menetelmäksi pitkittyneen alaselkäkipun hoidossa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä keskivartalon lihaksia vahvistavista harjoitteista oli tehokkaimpia eli aktivoi lihaksia eniten. Tutkimukseen osallistuneet vapaaehtoiset (n=9) olivat terveitä, keski-ikältään 28-vuotiaita miehiä. Tutkimuksessa tarkasteltiin kuuden eri keskivartalolihasen aktiivisuutta kymmenessä eri harjoitteessa pinta-elektromyografilla (EMG) mitattuna. Tuloksissa harjoitteiden lihasaktiivisuus suhteutettiin prosentuaaliseksi osuudeksi tutkittavien maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta (%MVIC). Tulokset esitetään keskiarvoina ja keskihajontana.

Tilastollisen analyysin päätuloksen perusteella harjoitteiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0.001$) kun tarkasteltiin yksittäisten lihasten tuottamaa lihasaktiivisuutta. Yksittäisiä lihaksia tarkastellessa m. rectus abdominikselle tehokkain harjoite oli lankku vartalon kierrolla (11.9 ± 4.7 %MVIC), kuten myös m. external obliquelle (20.8 ± 9.3 %MVIC). M. internal obliqueta eniten aktivoi ristitalja, jossa suurempi lihasaktiivisuus etummaisen eli vetävän käden puolella (16.7 ± 6.9 %MVIC). M. iliopsoakselle tehokkain harjoite oli jalan taakseviesti alataljassa, jossa tukijalan puoli tuotti suuremman lihasaktiivisuuden (26.7 ± 16.7 %MVIC). Maastaveto oli tehokkain harjoite niin m. lumbar erector spinaelle (47.7 ± 24.6 %MVIC) kuin m. multifidukselle (35.6 ± 16.5 %MVIC). Kaikkien lihasten aktiivisuustasojen keskiarvojen mukaan maastaveto oli tehokkain harjoite (19.6 ± 12.3 %MVIC).

Tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa on raportoitu maastavedon ja vaakapenkin olevan tehokkain harjoite selkälihaksille. Vatsan puolen lihaksille on useassa tutkimuksessa tehokkaimmaksi harjoitteeksi raportoitu lankun erilaiset variaatiot, erityisesti kylkilankku. Tämän tutkimuksen tulokset voivat olla hyödyllisiä fysioterapeuteille alaselkäkuntoutuksen ohjauksessa ja harjoitteiden valinnassa, kun edetään alhaisen kuormitustason harjoittelusta progressiivisesti lihaksia enemmän kuormittaviin harjoitteisiin, kuntoutujan yksilölliset tarpeet huomioiden.

Asiasanat: keskivartalon lihakset, elektromyografia, alaselkäkipu, terapeuttinen harjoittelu

ABSTRACT

Hiirikoski, R. & Sillantaka, J. 2021. Electromyographical activity of the core muscles during exercises in healthy male adults. University of Jyväskylä, Master's thesis, 40 pp., 2 appendices.

Low back pain is globally one of the most common reasons for sick leaves. In the last 30 days 48% of women and 44% of men had experienced low back pain according to the FinTerveys 2017 study done by the Finnish Institute for Health and Welfare. In treating low back pain, therapeutic exercise has been found to have an impact on physical performance and alleviating the symptoms. Especially progressive strength and functional training has been found to be an effective way to treat low back pain.

The purpose of this study was to determine and compare the activity levels of the core musculature during the exercises. The participants were voluntary, physically active (n=9) healthy adult males, aged 28 years on average. Muscle activity was measured by surface electromyography from six core muscles during ten different exercises, and it is presented as electrical muscle activity in relation to maximal voluntary isometric contraction (%MVIC). The values presented are means and standard deviations (SD).

According to the statistical analyses, the differences between the activity levels of the exercises were shown to be statistically significant ($p < 0.001$). The highest average EMG-value from all of the trunk muscles combined was observed during deadlift (19.6 ± 12.3 %MVIC). For m. rectus abdominis, the most efficient exercise was rotational plank (11.9 ± 4.7 %MVIC) as well as for m. external oblique (20.8 ± 9.3 %MVIC). M. internal oblique produced the highest average muscle activity in cable push and pull, in which the side that was pulling produced higher muscle activity (16.7 ± 6.9 %MVIC). For m. iliopsoas, the highest muscle activity was during the cable hip extension on the grounded supporting leg (26.7 ± 16.7 %MVIC). Deadlift was the most efficient exercise for m. lumbar erector spinae (47.7 ± 24.6 %MVIC) and m. multifidus (35.6 ± 16.5 %MVIC).

These results are in alignment with previous studies, where deadlift and lumbar extension bench were reported to produce the highest levels of muscle activity in the lumbar muscles. For abdominal muscles, different plank variations, especially side plank, has been reported to produce significantly higher muscle activation compared to other exercises. The results of this study might be used in progressive rehabilitation programs for treating low back pain, depending on the individual needs of the patient.

Key words: trunk muscles, core muscles, electromyography, low back pain, therapeutic exercise

KÄYTETYT LYHENTEET

aEMG	average EMG amplitude, keskiarvoinen EMG amplitudi
BMI	body mass index, kehonpainoindeksi
DOMS	delayed onset muscle soreness, viivästynyt lihaskipu
EMG	electromyography, elektromyografia
kHz	kilohertsi = 1000 Hz
maxEMG	maximum EMG amplitude, maksimaalinen EMG amplitudi
MVIC	maximal voluntary isometric contraction, maksimaalinen isometrinen voimantuotto
SD	standard deviation, keskihajonta
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 ALASELKÄKIPU JA TERAPEUTTINEN HARJOITTELU	3
2.1 Terapeuttinen harjoittelu.....	4
2.2 Hoitosuosituksset.....	5
3 ELEKTROMYOGRAFIA TUTKIMUSMENETELMÄNÄ	7
3.1 Alaselkävun vaikutus lihasaktivaatioon	8
3.2 Pinta EMG-mittausten luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	9
4 KESKIVARTALOLIHASTEN EMG-AKTIIVISUUS ERI HARJOITUSLIIKKEIDEN AIKANA	12
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	17
6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA MENETELMÄT	18
6.1 Tutkittavat.....	18
6.2 Mitattavat lihakset	19
6.3 EMG-mittaukset.....	22
6.4 Mitattavat keskivartaloharjoitteet.....	26
6.5 Aineiston analysointi ja raportointi	30
6.6 Eettisyys.....	31
7 TULOKSET.....	32
8 POHDINTA.....	38
8.1 Tulosten hyödynnettävyys	40
8.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	41
8.3 Jatkotutkimusehdotukset.....	42

8.4 Johtopäätökset.....	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Alaselkäkipu on maailmanlaajuisesti yleisin yksittäinen toimintakykyä rajoittava vaiva ja sillä on merkittävä kansantaloutta kuormittava vaikutus (Kent & Keating 2005; Steenstra ym 2005; Hoy ym. 2010; James ym. 2018). Vuonna 2012 Suomessa oli selkävun ja selkäsairauksien takia yli 2,1 miljoonaa sairauspäivärahaan oikeuttavaa poissaolopäivää ja työkyvyttömyyseläkkeellä 26 600 henkilöä (THL 2017; Käypä hoito 2017). Terveys 2011 - tutkimuksen mukaan selkävun oli edellisten 30 päivän aikana ollut 41 %:lla naisista ja 35 %:lla miehistä (THL 2012). FinTerveys 2017 -tutkimuksen tuloksissa tutkittavista naisilla kipua oli 48 %:lla ja miehillä 44 %:lla (THL 2017). Alaselkävun näyttää esiintyvän naisilla miehiä enemmän, mutta raportoidut erot esiintyvyydessä vaihtelevat (Bener ym. 2003; Picavet ym. 1999; Picavet & Schouten 2003). Lisäksi yksilöt, joilla on ollut aikaisemmin toimintakykyä rajoittava selkävunjakso, ovat todennäköisemmin alttiita uusiutuvalla alaselkävunille (Stanton ym. 2008; Wasiak ym. 2003).

Yleisin selkävun tyyppi on niin sanottu akuutti epäspesifi alaselkävun. Tällöin kivun aiheuttajaksi ei löydetä tarkkaa syytä kuten esimerkiksi kasvainta, tulehduksia, selkäytimen kompressiota, rangan murtumia tai selkärankareumaa (DeLitto ym. 2012). Akuutissa eli alle 6 viikkoa kestäneessä epäspesifin alaselkävun hoidossa pyritään lievittämään kipua, parantamaan toimintakykyä sekä ehkäisemään kivun uusiutumista ja kroonistumista (van Tulder ym. 2006). Kroonisessa eli yli 12 viikkoa kestäneessä alaselkävun tehokkaimpia hoitomuotoja ovat kognitiivinen käyttäytymisterapia, lääkkeellinen kivunhoito sekä terapeuttinen harjoittelu (Airaksinen ym. 2006; van Tulder ym. 2006; DeLitto ym. 2012).

Terapeuttisen harjoittelun on todettu vähentävän selkävun ja sairaspoissaoloja sekä parantavan toimintakykyä etenkin kroonisissa alaselän kiputiloissa (Hayden ym. 2005; Chou & Huffman 2007; Middelkoop ym. 2011). Fysioterapeutin ohjaaman terapeuttisen harjoittelun sisällöstä ja harjoittelutavasta ei kuitenkaan ole olemassa tarkkaa ohjeistusta. Systemaattisten kirjallisuuskatsausten ja meta-analyysien tuloksien perusteella ei voida luoda yhteistä konsensusta tehokkaista harjoitusmuodoista (Hayden ym. 2005; Choi ym. 2010; Middelkoop

ym. 2011; DeLitto ym. 2012; Smith ym. 2014; Qaseem ym. 2017). Keskivartalon lihasten voimaa vahvistavista harjoitteista on kuitenkin todettu olevan hyötyä pitkittyneen selkävivun hoidossa (Lindström 1992; Kuukkanen 1996; Carpenter 1999; Petersen 2002; Hayden ym. 2005; Norris & Matthews 2008; Freeman ym. 2010).

Lihasten hermostollista aktiivisuutta voidaan tutkia elektromyografian (EMG) avulla. Tekniikka havaitsee lihasten motoristen yksiköiden sähköisen aktiivisuuden eli aktiopotentiaalin, joka johtaa lihaksen supistumiseen. (Konrad 2005). Pinta-EMG mittaukset, joissa elektrodit asetetaan ihon pinnalle, soveltuvat hyvin urheilun ja kuntoutuksen tutkimuksiin, joissa halutaan selvittää lihasten/lihasryhmien toimintamalleja ja aktivoitumista (Trontelj ym. 2004, 28).

Tämä pro gradu -tutkielma on osa Keski-Suomen keskussairaalassa tehtyjä elektromyografia-tutkimuksia, joilla pyritään osoittamaan selkäkuntoutuksessa käytettyjen harjoitteiden tehokkuutta keskivartalolihasaktivoinnissa. Tässä tutkielmassa suoritettiin EMG-mittauksia, joilla tutkittiin kuuden eri keskivartalon lihaksen lihasaktiivisuutta kymmenen erilaisen harjoitteen aikana. Lihasaktiivisuus suhteutettiin prosentuaalisena osuutena jokaisen tutkittavan maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon (%MVIC). Tavoitteena oli löytää harjoitteista tehokkaimmat, eli mitattuja lihaksia eniten aktivoivat liikkeet.

2 ALASELKÄKIPU JA TERAPEUTTINEN HARJOITTELU

Alaselkäkivulla tarkoitetaan paikallista kipua, joka sijoittuu alimpien kylkiluiden ja pakarapöimujen väliseen anatomiseen alueeseen (Calvo-Munoz ym. 2018; Hartvigsen 2018). Alaselän kiputilat jaetaan vakaviin/spesifeihin selkäsairauksiin (kasvaimet, rangan tulehdustilat, murtumat, selkärankareuma, nikamasiirtymät), hermojuuren toimintahäiriöihin sekä epäspesifisiin selkävaivoihin (Bigos ym. 1995; Wadell ym. 1998; van Tulder ym. 2006). Alaselkävaikeuksista vain 5–15 % luokitellaan spesifiksi selkäsairaudeksi. Selvästi yleisempää on epäspesifi alaselkäkipu, joka kattaa 85–95 % tapauksista (Ehrlich 2003; Hoy ym. 2010). Epäspesifin alaselkävaikeuden määritelmä perustuu siihen, että kipua ei selitä mikään tunnistettavissa oleva selvä patologia kuten infektio, kasvain, osteoporoosi, murtuma, tulehdus, ääreishermoston tai selkäytimen sairaus (van Tulder ym. 2006; DeLitto ym. 2012). Alaselän kivun aiheuttaa pääasiassa lihasten jännittyneisyys, johon voivat myötävaikuttaa selän alueen rappeumat (spondyloosi), kulumat fasettinielissä tai äkilliset traumat kuten venähdykset. Myös selkäydinkanavan ahtautuminen (spinaalistenooosi) ja välilevytyrä, joka tarkoittaa nikamien välisen välilevyn ytimen työntymistä selkäydinkanavaan tai hermojuuriaukkoon, voivat olla alaselkävaikeuden taustalla (Anderson 1999; Hoy ym. 2010).

Alaselkäkipu voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan kestonsa perusteella. Lyhytkestoinen eli akuutti alaselkäkipu määritellään olevan kestoltaan alle 6 viikkoa, pitkittyvä kipu eli subakuutti on 6–12 viikkoa kestänyt alaselkäkipu ja pitkäaikainen eli krooninen alaselkäkipu on kestoltaan yli 12 viikkoa kestänyt kipujakso (van Tulder ym. 2006; Stanton ym. 2008; DeLitto ym. 2012).

Alaselkäkipujen hoidossa käytetään fysioterapian keinoina mm. manuaalista terapiaa sekä terapeuttista harjoittelua (Hayden ym. 2005; Chou ym. 2007; DeLitto ym. 2012). Eri menetelmät on todettu osiltaan vaikuttaviksi oireiden hoidossa, mutta terapeuttisella harjoittelulla on saavutettu useiden tutkimusten mukaan merkittävää toimintakyvyn paranemista ja oireiden lieventymistä. (Herbert 2001; Hanada 2003; Hayden ym. 2005; DeLitto ym. 2012;). Herbert (2001) meta-analyysissä tutkittiin fysioterapian eri hoitomenetelmien tehokkuutta ja tutkimuksien tulokset osoittivat, että terapeuttinen harjoittelu voi parantaa toimintakykyä kroonistuneessa alaselkävaikeudessa, kun taas hieronta ja fysikaaliset sähköhoidot

eivät (Herbert 2001). Verrattaessa tavanomaiseen leikkaus- ja lääkehoitoon, terapeutinen harjoittelu on muodostunut keskeiseksi osaksi alaselkävun hoitosuosituksia. Asteittain lisääntyvän ohjatun terapeutin harjoittelun on todettu lisäävän toimintakykyä ja vähentävän kipua (Hayden ym. 2005; Chou ym. 2007; DeLitto ym. 2012).

2.1 Terapeutin harjoittelu

Terapeutin harjoittelu on näyttöön eli tutkittuun tietoon perustuvaa, aktiivista ja toiminnallista harjoittelua, jota toteutetaan ammattilaisen ohjauksessa tai ohjeistuksen mukaisesti. Tavoitteena terapeutin harjoittelussa on elinjärjestelmien toiminnan palauttaminen normaaliksi sekä toimintakyvyn ylläpitäminen ja parantaminen vamman tai sairauden jälkeen. Terapeutista harjoittelua käytetään myös tuki- ja liikuntaelimestön vammojen ennaltaehkäisyssä sekä työ- ja toimintakyvyn ylläpitämisessä ja edistämässä. Harjoittelumuotoina voi olla tietyn lihaksen tai nivelen kohdistettu harjoittelu, mutta usein harjoitteluun yhdistetään myös yleiskuntaa ja toimintakykyä parantavia harjoitteita. Se sisältää aktiivisia ja toiminnallisia sekä kuormittavuudeltaan tai vaikeusasteeltaan progressiivisesti eteneviä menetelmiä, joita ovat mm. aerobinen harjoittelu, passiiviset ja aktiiviset liikkuvuusharjoitteet, progressiivinen vastus- ja lihasvoimaharjoittelu sekä stabiiliteettiharjoitteet (Hynynen ym. 2017). Harjoittelulla pyritään vaikuttamaan muun muassa lihasten, jänteiden ja faskioiden venyvyyteen, verenkierron vilkastumiseen, tasapainon ja koordinaation kehittymiseen, nivelten liikkuvuuteen ja lihasten erilaisiin voimaominaisuuksiin. Suurin hyöty saadaan yksilöllisesti laaditun harjoitteluohjelman avulla. (Hayden ym. 2005; Häkkinen, Sjögren & Heinonen 2016, 275-279.)

Terapeutin harjoittelun menetelmiä ovat myös kehotietoisuusharjoitukset, rentoutusmenetelmät sekä vuorovaikutusta vahvistavat harjoitteet. Harjoittelulla voidaan edistää mm. kehon hallintaa, motorisia taitoja, kivunhallintakeinoja sekä aktivoita asiakkaan tietoista suhdetta kuntoutumiseen. Terapeutista harjoittelua voidaan toteuttaa ryhmissä tai yksilöllisesti, kuntosalilla, fysioterapeutin vastaanotolla, allasharjoitteluna tai asiakkaan arkiympäristössä. Harjoittelussa voidaan käyttää apuna erilaisia laitteita ja välineitä. Terapeutin harjoittelun prosessiin kuuluu tavoitteiden määrittely, progressiivisen

harjoittelun suunnittelu, toteutus sekä tavoitteiden saavuttamisen arviointi (Savolainen & Partia 2018).

2.2 Hoitosuositukset

Terapeuttisen harjoittelun kliinisissä hoitosuosituksissa on variaatiota eri maiden välillä. Useat eurooppalaiset hoitosuositukset eivät pidä selän alueen harjoituksia (voima- ja liikkuvuusharjoittelu sekä venyttely) hyödyllisinä selkäkipujakson ensimmäisinä viikkoina (Malmivaara ym. 1999; Bekkering ym. 2001; van Tulder ym. 2006). Subakuutin alaselkävun hoidossa ohjatusta terapeuttisesta harjoittelusta on näyttöä, kun sitä toteutetaan osana moniammatillista, biopsykososiaalista kuntoutusta (Malmivaara ym. 1999; Karjalainen ym. 2003). Tanskalaiset hoitosuositukset mainitsevat erikseen McKenzie menetelmän akuutin alaselkävun hoidossa (Bekkering 2003). McKenzie menetelmä on näyttöön perustuva, ranka- ja raajaongelmista kärsivien potilaiden tutkimus- ja hoitomenetelmä, jonka diagnosointimenetelmällä potilaiden oireet voidaan luokitella eri mekaanisiin alaluokkiin. (Lam ym. 2018; Kilpikoski 2010). Machado ym. (2006) tekemässä kirjallisuuskatsauksessa, joka tarkastelee McKenzie -menetelmää alaselkävun hoidossa, on todettu menetelmästä olevan hyötyä, mutta erot passiiviseen hoitoon osoittavat, että menetelmä ei ole kliinisesti varteenotettava akuutin alaselkävun hoidossa. Näyttö on myös rajallista McKenzie menetelmän käytöstä kroonisen alaselkävun hoidossa (Machado ym. 2006).

Qaseem ym. (2017) tehdyssä hoitosuositusten katsauksessa, arvioitiin konservatiivisten hoitomenetelmien vaikuttavuutta alaselkäkipuihin. Tutkimukset osoittivat, että terapeuttisen harjoittelun eri muotojen välillä ei ole alaselkäkipun oireiden hoidossa merkittävää eroa. Smith ym. 2014 systemaattinen katsaus esittää, että stabiilisharjoitteet vaikuttavat positiivisesti alaselkäkipuisten oireisiin, mutta ne eivät ole siinä muita aktiivisia harjoittelutapoja vaikuttavampia. Katsauksen perusteella alaselkäkipuun ei ole tarkoituksenmukaista suositella pelkkiä stabilisaatioharjoitteita muiden terapeuttisen harjoittelun muotojen ylitse (Smith ym. 2014).

Asteittain lisääntyvän terapeuttisen harjoittelu on todettu vähentävän kipua ja parantavan toimintakykyä pitkittyvässä ja kroonisessa selkävussa. Hayden ym. (2005) tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa oli 61 satunnaistettua vertailututkimusta, joista 11 käsitteli akuuttia, kuusi subakuuttia ja 43 kroonista selkävua. Pitkittyntä selkävua tarkasteltaessa terapeuttinen harjoittelu vähensi kipua, kun vertailukohteena oli perinteinen hoito ja hoidotta jättäminen. Subakuutin vaiheen kohdalla näyttöä oli kahdessa tutkimuksessa, joissa se ilmeni sairauspoissaolojen vähenemisenä, kun interventiona oli asteittain lisääntyvä harjoittelu ja vertailuna hoidotta jättäminen. Kroonisessa kipuvaiheessa terapeuttinen harjoittelu osoittautui tehokkaaksi verrattuna muihin hoitoihin (Hayden ym. 2005). Macedo ym. (2010) ja Middelkoop ym. (2011) tukevat myös katsauksissaan näyttöä terapeuttisen harjoittelun vaikutuksista toimintakyvyn lisääntymiseen ja kivun vähentymiseen kroonisessa ja pitkittyneessä selkävussa (Macedo ym. 2010; Middelkoop ym. 2011). Lisäksi Käypä hoitosuositus sekä yhdysvaltalaiset hoitosuositukset ovat samansuuntaisia tämän näytön kanssa (Chou ym. 2007; DeLitto ym. 2012; Käypä hoito 2017).

3 ELEKTROMYOGRAFIA TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

Elektromyografia eli EMG on tekniikka, jolla voidaan mitata motoristen yksiköiden tuottamaa sähköistä aktiivisuutta eli aktiopotentiaalia, joka johtaa lihassyiden supistumiseen. EMG-elektrodit havaitsevat lihassyiden solukalvon pinnalla tapahtuvan biosähköisen toiminnan - aktiopotentiaalin. Sähköinen jännite syntyy, kun lihassolun solukalvon ionikanavien läpi kulkee kalium-, natrium-, kloridi- ja kalsiumioneja. (Moritani ym. 2004, 17). Normaalitilanteessa solun sisäpuoli on negatiivisesti varautunut ulkopuoleen verrattuna. Aktiopotentiaalissa jänniteherkät ionikanavat aukeavat ja positiivisesti varautuneita ioneja virtaa solun sisään muuttaen kalvojännitteen positiiviseksi (depolarisaatio). Kun depolarisaatio ylittää tietyn kynnsarvon, solussa laukeaa aktiopotentiaali. Kalvojännite muuttuu positiiviseksi ja aktiopotentiaali etenee pitkin solukalvoa. Noin tuhannesosasekunnin kuluttua kalvojännite palautuu takaisin normaaliin lepoarvoonsa (repolarisaatio). (Nienstedt ym. 2006, 69; Sand ym. 2013, 71-73). Tämä sähkövirta on EMG-laitteen havaitsemaa lihasaktivaatiota, jonka arvot esitetään voltteina (Clancy ym. 2001). Lihassupistus alkaa, kun hermoimpulssi etenee motoneuronia pitkin motorisen yksikön hermopäätteisiin lihassolun pinnalla. Hermolihaskliittoksen hermopäätteestä välittyä asetyylikoliinia, joka sitoutuu lihassolun kalvorseptoreihin. Tällöin natriumioneja pääsee solun sisään aiheuttaen aktiopotentiaalin, joka johtaa lihassupistukseen (Sand ym. 2014, 241).

Motorinen yksikkö koostuu selkäytimen alfa-motoneuroneista, niiden viejähaarakkeista eli aksoneista, motorisista päätelevyistä sekä hermotettavista lihassyistä (Moritani ym. 2004, 2-3; Konrad 2005). Motoristen yksikköjen määrä lihaksissa vaihtelee lihaksen koon, voimantuottokapasiteetin sekä lihassolun fysiologisten ominaisuuksien eli lihassolutyyppin mukaan. (Moritani ym. 2004, 2-3). Tahdonalaisissa liikkeissä motorisia yksiköitä rekrytoidaan käyttöön enemmän ja suuremmalla taajuudella, jos lihaksen supistuksen halutaan tapahtuvan nopeammin ja voimakkaammin. Näin ollen voidaan yleisesti olettaa, että EMG-amplitudin, eli sähkövirran värähdysliikkeen laajuuden, kasvu johtuu suuremmasta motoristen yksiköiden käytöstä ja niiden syttymisnopeudesta eli suuremmasta lihasaktivaatiosta. Tähän kuitenkin vaikuttavat yksilölliset ominaisuudet lihassyiden toiminnassa ja niiden toiminnan säätelyssä. (Moritani ym. 2004, 7-8).

EMG-mittauksia voidaan tehdä pintaelektrodeilla tai invasiivisilla neulaelektrodeilla. Neulaelektrodeilla voidaan tutkia hyvin pieniä ja paikallisia muutoksia motoristen yksiköiden toiminnassa sekä yhden motorisen yksikön aiheuttamia ei-tahdonalaisia lihassupistuksia. Neulaelektrodilla voidaan havaita muun muassa lihas- tai hermovaurio sekä poikkeamat motorisen yksikön toiminnassa. Pintaelektrodit sopivat tutkimuksiin, jossa halutaan selvittää lihasten toimintamalleja tai koko lihaksen/lihasryhmän aktivoitumista, sillä signaali on useiden motoristen yksiköiden aktiopotentiaalien summa. Pintaelektrodit soveltuvat käytännössä paremmin urheilun ja kuntoutuksen tutkimuksiin. (Trontelj ym. 2004, 28).

Syvien lihasten lihasaktiivisuuksien mittaamisesta pintaelektrodeilla on saatu ristiriitaisia tuloksia. Arokoski ym. (1999) ja Okubo ym. (2010) ovat tutkimuksissaan todenneet pintaelektrodeilla saatujen syvän multifidus-lihaksen EMG-arvojen vastaavan neulaelektrodeilla saatuja tuloksia. Toisaalta Stokes ym. (2003) ovat havainneet, että m. multifiduksesta mitatut pintaelektrodien arvot korreloivat vahvemmin samaan aikaan otettujen pinnallisten longissimus-lihasten EMG arvojen kuin m. multifiduksen neulaelektrodista saatujen arvojen kanssa, joten multifidus-lihasten EMG-mittauksissa tulisi käyttää neulaelektrodeja. Myös tuoreessa tutkimuksessa Hofste ym. (2020) havaitsivat multifidus-lihaksen pintaelektrodimittauksissa suurempaa korrelaatiota pinnallisen m. erector spinae lihaksen EMG-arvojen kanssa verrattuna neulaelektrodimittauksessa syntyneisiin eroihin. Tämä indikoi multifidusten lihasaktivaation todellisuudessa olevan pinnallisten lihasten aktivaatiota, kun mitataan pintaelektrodilla. Näin ollen syvien lihasten pinta-EMG mittauksiin tulisi suhtautua varauksella.

3.1 Alaselkävun vaikutus lihasaktivaatioon

EMG-mittauksia voidaan käyttää tutkimusmenetelmänä, diagnostisesti tai kuntoutuksessa arvioimaan rangan tukilihasten aktivoitumisnopeuksia, lihasten väsymistä sekä muutoksia lihaskoordinaatioissa. Näin voidaan tutkia rangan motorista kontrollia ja stabiiliteettia. Lisäksi saadaan tietoa, kuinka selkäkipu vaikuttaa lihasten aktivaatiosoihin. (Rainoldi ym. 2004, 404-405). EMG-mittauksia käytetään myös arvioimaan eri harjoitusliikkeiden tehokkuutta. Aihetta käsitellään laajemmin tutkielman kappaleessa numero neljä.

Tutkimusten mukaan alaselän kipu kasvattaa keskivartalolihasen EMG aktiivisuutta staattisten ja dynaamisten harjoitteiden aikana verrattuna terveisiin kontrolleihin. (Konrad 2005; Lamothe ym. 2005; Hemming ym. 2019; Ringheim ym. 2019). Tosin tähän vaikuttavat selkävun tyyppi (kipua selän koukistus- vai ojennussuunnassa) sekä erilaiset toiminnalliset harjoitteet (Hemming ym. 2019). Multifidus-lihasen aktivaation on tutkimuksissa todettu olevan alaselkävunpotilailla alhaisempi kuin terveillä kontrolleilla, jolloin voidaan ajatella muiden keskivartalolihasen kompensoivan suuremmalla aktivaatiolla heikkoja tukilihaksia (Danneels ym. 2002; Ng ym. 2002). Alaselkävunpotilailla, etenkin kroonisesta kivusta kärsivillä, on todettu multifidus-lihasen atrofiatumista ja osittaista lihaskudoksen korvautumista rasvalla, mikä voi selittää alhaisempia aktivaatiotasoja muihin lihaksiin verrattuna (Danneels ym. 2000; Kjaer ym. 2007; Beneck 2012).

EMG-mittauksilla voidaan tutkia lihasten ja lihasryhmien aktivaationopeuksia tai aktivoitumismalleja erilaisten liikkeiden aikana. Tutkimuksissa on havaittu alaselkävun hidastavan keskivartalon lihasten aktivoitumista niin kierto- kuin kävelyn eri vaiheissakin (Lamothe 2004; Osuka ym. 2019). Ristiriitaista tietoa kuitenkin on, sillä seisten ilman vastusta tehtävissä yläraajojen nopeissa liikkeissä keskivartalon lihasten aktivoitumisnopeudet olivat samankaltaiset selkävunpotilailla ja terveillä kontrolleilla (Mehta ym. 2017). Lihasten aktivoitumisnopeuksiin vaikuttaa liikkeen suunta ja kuormitustasot. Kaikissa liikesuunnissa aktivoituvan syvän tukilihaksen m. transversus abdominiksen on havaittu selkävunpotilailla aktivoituvan liikkeen alussa hitaammin kuin kivuttomilla henkilöillä. (Rainoldi ym. 2004, 406).

3.2 Pinta EMG-mittausten luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä

Vaikka EMG-mittaukset ovat tutkimuksissa paljon käytettyjä, elektrodien tarkka asettelu, elektrodien koko ja etäisyys toisistaan sekä ihon esivalmistelut (ihokarvojen poisto, ihon pinnan hionta sekä desinfiointi) vaikuttavat mittaustuloksiin ja voivat aiheuttaa ristiriitaisia ja heikosti toistettavia tuloksia (Merletti ym. 2004, 107). Pinta EMG:n on kuitenkin todettu olevan toistettava ja luotettava mittausten menetelmä keskivartalon lihaksia mitattaessa (ICC 0.77-0.95) (Ng ym. 1996; Yang ym. 2014). Tulee kuitenkin muistaa, että toistomittausten tulokset eroavat eri lihasten ja harjoitteiden osalta. (Ekström ym. 2008; Smoliga ym. 2009). On esimerkiksi raportoitu m. iliocostalis lumborumin toistomittaustulosten olevan heikkoja (ICC = 0.37-0.55)

(NG ym. 1996). Ekström ym. (2008) tutkimuksessa havaittiin eroja reliabiliteetissa eri harjoitteiden välillä, alhaisin toistettavuus oli kylkilankussa (ICC=0.60-0.75). EMG:n toistettavuusmittauksissa on havaittu saman mittajaan (intrarater) tulosten (k 0.61 CI 0.41-0.81) olevan luotettavampia kuin kahden eri mittajaan väliset tulokset (k 0.53 CI 0.35-0.71). Näin ollen suositellaan yhden mittajaan suorittavan mittaukset (Narayanaswami ym. 2016). Lisäksi mittaustulosten on havaittu olevan luotettavampia, kun ne suoritetaan saman päivän aikana (Dankaerts ym. 2004).

Pinta-EMG mittauksissa mittaustuloksiin voi vaikuttaa usea tekijä. Rungon hikoilu heikentää elektrodin stabiilia kontaktia ihoon ja muuttaa ihon ja elektrodin välistä impedanssia eli niiden aiheuttamaa sähkövirran vastusta. Tämän vuoksi elektrodit olisi hyvä kiinnittää teipillä, sekä huolehtia mittaolosuhteista ilmankosteuden ja lämpötilan osalta (Felici 2004, 366; Konrad 2005; Roy ym. 2006). Elektromyografian tuloksiin voi vaikuttaa lisäksi kehonkoostumus. Suurentunut ihonalainen rasvakerros ja alhaisempi kehon nestekoostumus heikentävät signaalin havaitsemista ja täten madaltavat EMG-arvoja (Kuiken 2003; Konrad 2005; Ptaszkowski ym. 2019), kuten myös harjoittelun jälkeinen lihaskipu (Felici 2004, 375). Erityisesti eksentrisen harjoittelun aiheuttamat lihasvauriot pienentävät EMG:n amplitudia (Hedayatpour ym. 2008). Tämän vuoksi tutkittavia ohjeistetaan välttämään raskasta liikuntaa ennen EMG-mittauksia.

Mitattaessa lihasaktiivisuuksia dynaamisten liikkeiden aikana, tulee ottaa huomioon mahdollinen elektrodien ja kaapeleiden liike, joka voi aiheuttaa häiriöitä signaalin. Häiriöitä voi aiheuttaa myös suora elektrodiin kohdistuva ulkoinen paine tai liikkeen aiheuttama värinä esimerkiksi hyppyjen ja juoksun aikana. (Felici 2004, 366; Konrad 2005). Lisäksi lihassupistuksen aikana lihas lyhenee, jolloin liikkeen lopussa elektrodi ei välttämättä ole kiinnittyneenä haluttuun kohtaan lihasrungossa (Felici 2004, 367).

Mittauksissa tulee ottaa huomioon mahdollinen "cross-talk" eli viereisten lihasten aiheuttama voimakas aktivaatio, jonka elektrodi havaitsee. Cross-talk on pinta-EMG-mittauksissa yleisin mittaustulosten virhelähde (Farina ym. 2004, 91). Yleensä ilmiö ei nosta mittaustuloksen arvoja 10–15 % prosenttia suuremmaksi, mutta tämä tulee huomioida etenkin mitta-alueilla, joissa lihasmassa sijaitsee kapealla alueella. (Konrad 2005). Cross-talk-ilmiöön vaikuttaa erityisesti

elektrodien sijainti ja etäisyys toisistaan. Ilmiötä lisää elektrodin kiinnittäminen lähelle lihaksen kiinnityskohtaa (Merletti ym. 2003) Tämän lisäksi elektrodien välinen etäisyys toisistaan vaikuttaa mittaustuloksiin. Yleinen suositus elektrodien väliselle etäisyydelle on 20 mm (Merletti ym. 2004, 114). De Luca ym. (2011) ovat kuitenkin tutkimuksessaan osoittaneet, että cross-talk ilmiö vähenee, mikäli elektrodit asetetaan 10 mm päähän toisistaan (De Luca ym. 2011).

Tiedonhakua aikaisempiin tutkimuksiin keskivartalolihasien harjoitteista tehtiin Medline Ovid, Pubmed, Sportdiscus ja Cinahl –tietokantoihin (liite 1). Haussa käytettiin PICO-strategiaa: P (patients) = kuntoutujaan ja lihaksistoon liittyvät hakusanat, I (intervention) = harjoitteluun liittyvät hakusanat, C (context) = kontekstiin liittyvät hakusanat, O (outcome) = elektromyografiaan liittyvät hakusanat. PICO-lauseen pohjalta muodostui hakupuu ja tämän haun ja ulkopuolisen lisäaineiston (n=9) perusteella nousi yhteensä 286 osumaa, joita oli kaksoiskappaleiden poiston jälkeen 212. Otsikon sekä tiivistelmän perusteella hylättyjen määrä oli 135, joka jätti 37 artikkelia koko tekstin perusteella tarkasteltavaksi. Koko tekstin perusteella hylättyjen jälkeen (n=7) katsaukseen hyväksytyjä artikkeleita oli 30 (liite 2). Valikoiduille artikkeleille suoritettiin laadunarviointi (liite 3) poikkileikkaustutkimuksiin sopivaksi sovelletun Newcastle-Ottawa Scale (NOS) –työkalulla, joka on alun perin kohorttitutkimuksia varten luotu tutkimuksien laadunarviointityökalu (Ma ym. 2020). Tämä laadunarvioinnin asteikko pisteyttää kriteerien mukaisesti tutkimukset laatuluokkiin, joissa laadultaan erittäin hyvä on 9-10 pistettä, hyvä 7-8 pistettä, tyydyttävä 5-6 pistettä ja heikko 0-4 pistettä. Haku suoritettiin 9.4.2020 ja haku rajattiin vuosille 2000-2020.

Tämän pro gradu -työn kirjallisuuskatsauksen perusteella viimeisen vuosikymmenen aikana keskivartalon voimaharjoittelun ja rankaa stabiloivien harjoitteiden vertailuun ja vaikuttavuuden arviointiin on kohdistunut paljon huomiota ja keskivartalon lihasten aktiivisuutta EMG:llä mitattuna on tutkittu runsaasti. Myös fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä, kuntoutuksessa sekä loukkaantumista ennaltaehkäisevässä toiminnassa on huomioitu keskivartalon toiminnan tärkeys (Tarnanen ym. 2014; Shigaki ym. 2018; Pereira ym. 2017; Nowotny ym. 2018).

Katsauksen tutkimuksissa esiintyi yhteensä 30 eri EMG:llä mitattua asetelmaa, joissa vertailtiin ja arvioitiin terapeuttisten harjoitteiden intensiteetin vaikutuksia sekä keskivartalon lihasaktiivisuuden vaikutusta voiman ja stabiliteetin kehittämiseen. Tässä katsauksen tarkastelussa on nostettu esiin niitä tutkimuksia, jotka ovat vertailtavissa tämän Pro Gradun

tutkimuskysymyksiin. Katsaukseen sopimattomissa, hylätyissä tutkimuksissa oltiin muun muassa tutkittu vain yhden liikkeen/harjoituslaitteen, ja siinä erilaisten aloitusasentojen ja suoritusvariaatioiden, vaikutusta keskivartalon lihasten aktiivisuuteen tai tutkimuksissa oli käytetty laitteistoa, jota ei yleisesti ole saatavilla (esim. robottiaivusteinen vatsalihaslaite). Yksi tutkimuksista hylättiin eriävän tutkimusasetelman vuoksi, sillä tutkimuksessa oli vertailtu terveiden ja selkäkipuisten selkälihasten väsymistä istuen selän ojennuksen aikana.

Tutkimuksien harjoitteluinterventiot jakautuivat viiteen eri harjoitetta kuvaavaan pääluokkaan: dynaaminen ja isometrinen yksittäiseen lihakseen tai lihasryhmään kohdistuva lihasvoimaharjoittelu, stabiiloharjoitteet, laitteilla tehdyt harjoitteet sekä toiminnallinen harjoittelu. Yhteistä konsensusta siitä mitkä harjoitteet ovat tehokkaimpia keskivartalon lihasten aktivoimisessa on haastavaa muodostaa, sillä asetelmat, käyttötarkoitukset ja tutkimuskohteet vaihtelevat, aivan kuin terapeuttisen harjoittelun ohjaamisessakin.

Voimaharjoitteluun keskittyvissä tutkimusasetelmissä keskivartalolihasaktiivisuutta on tutkittu vertaillen seisaaltaan tehtyjä harjoitteita konttausasennossa tai epävakaalla alustalla tehtyihin harjoitteisiin. Colado ym. (2011) toteuttamassa poikkileikkaustutkimuksessa selkälihasten aktiivisuus oli merkitsevästi ($p < 0.05$) aktiivisempi maastavedossa (88.1 % MVIC) kuin silta- ja stabiiloharjoitteissa (35.4–61.0 % MVIC) (Colado ym. 2011). Kun taas Comfort ym. (2011) tutkimus osoitti m. rectus abdominiksen lihasaktiivisuuden olevan merkitsevästi ($p < 0.01$) korkeampi isometrisissä lankkuharjoitteissa, kuin dynaamisissa voimaharjoitteissa (etu- ja takakyökky ja pystypunnerrus tangolla) (Comfort ym. 2011). Lankkuharjoitteiden variaatioita vertaillen Guo ym. (2012) osoittivat tutkimuksessaan, että saman puolen raajoja ojentava lankku tuotti korkeinta lihasaktiivisuutta m. erector spinaessa (41.6 % MVIC, $p < 0.05$) (Guo ym. 2012). Oliver ym. (2010) vertailivat lihasaktiivisuuksia (m. multifidus, m. gluteus maximus, m. gluteus medius ja m. external oblique) isometrisissä keskivartaloharjoitteissa (lankku, yhden jalan lankku, supermies ja vatsamakuulla käsien ja jalkojen samanaikainen nosto). Kaikki liikkeet olivat tehokkaita vahvistamaan keskivartalon ja m. multifiduksesta mitattiin isoimmat arvot muihin lihaksiin verrattuna kaikissa harjoitteissa ($p < 0.025$). Lisäksi yhden jalan lankku tuotti enemmän aktiivisuutta kuin perinteinen lankku (Oliver ym. 2010). Kong ym. (2013) tutkimuksen mukaan siltaharjoitteista eniten lihaksia (m. internal oblique, m. external oblique, m. rectus abdominis ja m. erector spinae) aktivoiva

variaatio oli lankku, kun sitä verrattiin selinmakuulla lantiota nostaviin harjoitteisiin (Kong ym. 2013).

Tutkimuksissa on myös vertailtu toisiinsa isometrisiä, lihaksia eristäviä keskivartaloharjoitteita, kuten vatsa- ja sivulankkua (Ekström ym. 2007; Jørgensen ym. 2010; Pereira ym. 2017). Yksittäisiin lihaksiin tai lihasryhmiin kohdentuvia harjoitteita on vertailtu kokonaisvaltaisempiin liikkeisiin, kuten kyykkyy. Esimerkiksi korkealla intensiteetillä tehty kyykky ja maastaveto (>70 % 1RM) tuottivat yhtä suurta tai jopa suurempaa lihasaktivaatiota verrattuna keskivartaloa eristäviin harjoituksiin, kuten sivu- ja vatsalankkuun. Hamlyn ym. (2007) tutkimuksessa maastaveto (80% 1RM) tuotti m. lumbar erector spinaessa merkitsevästi ($p < 0.0002$) suurempaa lihasaktiivisuutta kuin muut mitatut harjoitteet (kehonpainokyykky 66,7%, supermies 69.3% ja sivulankku 68.6% MVIC). M. external obliquessa ei esiintynyt merkitseviä eroja liikkeiden välillä (Hamlyn ym. 2007). Lihasaktivaation tasoa, joka ylittää 60 % maksimaalisesta tahdonalaisesta aktiviteetistä on yleisesti pidetty lihasvoimaa kehittävän toiminnan rajana (Ekström ym. 2008; Housh ym. 2009). Myös Koumantakis ym. (2005) osoittivat tutkimuksessaan, että integroidut, useamman nivelen ylittävät liikkeet kuten kyykky tuottavat yhtä suurta tai suurempaa lihasaktivaatiota kuin yksittäisiin lihaksiin tai lihasryhmiin kohdentuvat eristävät harjoitteet. Hamlyn ym. (2007) tutkimuksen mukaan dynaamisesti vastuksilla harjoittelevien (kyykky ja maastaveto) ei välttämättä tarvitse lisätä eristäviä keskivartalon harjoitteita keskivartalon stabiliteetin kehittämiseksi. Toisaalta ristiriitaista tutkimusnäyttöä on, sillä Saeterbakken ym. (2019) totesivat tutkimuksessaan, että eristetyn keskivartaloharjoitteet olivat tehokkaampia tuottamaan korkeampaa lihasaktivaatiota kuin erilaisilla variaatioilla tehdyt askelkyykyt. Lisäksi on osoitettu, että eristetty keskivartalon tukilihasten harjoittelu lisää tukilihasten aktivaationopeutta (Crow ym. 2011). Ekström ym. (2008) tutkimuksen mukaan ilman vastusta tehdyt harjoitteet eivät ole riittävän tehokkaita lisäämään alaselän lihasten voimaa. Tutkimuksissa on siis eriävää näyttöä siitä, miten keskivartalon lihaksia tulisi harjoittaa tehokkaimmin.

Jørgensen ym. (2010) ja Saeterbakken ym. (2019) osoittavat tutkimuksissaan, että toiminnallisella stabilaatio- ja koordinaatioharjoittelulla, riippuen harjoitteesta, kehon asennosta ja progressiosta, on mahdollista tuottaa riittävää aktiivisuutta voiman kehittämiseen. Kuitenkin Smith ym. (2014) sekä Koumantakis ym. (2005) osoittavat katsauksessaan, että

stabiilaatioharjoitteet eivät ole muita harjoittelumuotoja tehokkaampia pitkällä aikavälillä eikä keskivartalon stabiilaatioharjoitteista ole alaselkäkipuiselle lisähyötyä tavalliseen liikuntaan verrattuna (Koumantakis ym. 2005; Smith ym. 2014). Saeterbakken ym. (2019) ehdottavat, että eristäviä, yhtä lihasryhmää harjoittavia harjoitteita suositellaan käytettäväksi, kun tavoitteena on hypertrofia eli lihassolujen koon kasvu sekä voima. Kun tavoiteltu riittävä hypertrofia ja voimataso on saavutettu, voidaan harjoitteluun sisällyttää integroituja toiminnallisia harjoitteita (Saeterbakken ym. 2019).

Monia erilaisia fyysisiä harjoitteita ja liikkeitä on ehdotettu keskivartalon voiman ja stabiliteetin parantamiseksi. Erilaisia tutkimuksia harjoitteiden tehokkuuksista on dynaamisesta ja isometrisestä voimaharjoittelusta, stabiilaatioharjoittelusta, pilates- ja laiteharjoitteista sekä toiminnallisesta harjoittelusta (Comfort ym. 2011, Koumantakis ym. 2005, Stevens ym. 2006, Pereira ym. 2017, Jørgensen ym. 2010, Ekström ym. 2007, Kong ym. 2013). Cholewicki ja VanVlietin mukaan lannerangan stabiloinnissa mikään yksittäinen lihas ei ole toistaan tärkeämpi toiminnan kannalta, vaan lannerangan stabiliteetti koostuu lihasten yhteisestä toiminnasta ja aktivaatioista sekä eri kuormitustekijöistä (Cholewicki & VanVliet 2002). Lannerankaa stabiloivien lihasten funktioita tarkastelevassa tutkimuksessa Kavcic (2004) ehdottaa, että mikään yksittäinen lihas ei ollut hallitseva lihasaktiivisuudeltaan keskivartalon stabiliteetin harjoittamisessa. Lihasten yksilölliset roolit vaihtelivat liikkeiden ja harjoitteiden vaihtuessa. Lannerangan ja keskivartalon stabiliteetin kannalta motoriset, useita lihaksia aktivoivat harjoitteet ovatkin kliiniseltä käytettävyydeltään parempia, kuin yksittäisiä lihaksia aktivoivat harjoitteet (Kavcic 2004).

Vaikka tutkimuksia on useita, keskivartalon tukilihasten harjoittelu perustuu yleisesti vahvemmin henkilökohtaiseen mielipiteeseen ja kokemuksiin kuin tieteelliseen näyttöön (Martuscello ym. 2013). Yksimielisyyteen eri harjoitteiden vaikuttavuudesta ja siitä mitkä harjoitteet aktivoivat tehokkaimmin keskivartalon lihaksia ei ole päästy (Landow & Gregory 2012). Yhtenäinen näkökulma edistäisi vakioitujen, tehokkaiden keskivartaloharjoitteiden käyttöä, jolloin keskivartalon lihasten harjoittelu olisi tarkoituksenmukaisempaa niin urheilussa kuin kuntoutuksessakin.

Ristiriitaisesta näytöstä huolimatta katsauksen tutkimukset ehdottavat suurilta osin, että keskivartalolihashen voiman harjoittamisessa tulisi keskittyä enemmän vapailla painoilla tehtäviin, useampaa niveltä osallistaviin liikkeisiin spesifisti keskivartalolihasiin keskittyvien harjoitteiden sijasta. Vastustettujen, seisaalta tehtyjen harjoitteiden on todettu tuottavan korkeaa keskivartalon lihasaktiivisuutta ja tutkimuksien lihasaktiivisuudet olivat huomattavasti korkeampia aktiivisissa, dynaamisissa liikkeissä, kuten maastavedossa verrattaessa niitä eri stabilointi ja keuhohallintaharjoituksiin (Koumantakis 2005; Hamlyn ym. 2007; Colado ym. 2011; Tarnanen ym. 2011). Korkeita lihasaktiivisuuden arvoja on myös mitattu laitteilla tehdyissä keskivartalon harjoitteissa sekä lihaksia eristävässä harjoitteissa, joiden käyttöä ehdotetaan esimerkiksi silloin kun kuntoutujan ei ole vielä mahdollista tehdä integroituja dynaamisia harjoitteita, mutta päätavoitteena on silti hypertrofia ja mahdollisimman suuri lihasaktiivisuus (Stevens ym. 2006; Saeterbakken ym. 2019)

Isometristen keuhohallintaharjoitteiden sekä epävakaalla alustalla tehtyjen liikkeiden on todettu tuottavan voiman kehityksen kannalta riittävää lihasaktiivisuutta voiman kehityksen kannalta antaen lihaksille aikaa saavuttaa toiminnan kannalta riittävä taso, jotta on mahdollista siirtyä suoritukseltaan haastavimpiin dynaamisiin harjoitteisiin (Oliver ym. 2010; Jørgensen ym. 2010; Kong 2013). Lihasaktiivisuus ja sen tasot ovat kuitenkin vain yksi osa keuhon kompleksista toimintaa ja monet harjoitteet, jotka tuottavat pienempää lihasaktiivisuutta tietyissä lihaksissa ovat silti soveltuvia muiden osa-alueiden harjoittamiseen, kuten motoriseen kontrolliin, hieno- ja karkeamotoriikan harjoittamiseen, stabiliteettiin sekä nivelten liikelaajuuksiin.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on vertailla eri keskivartalolihasen aktiivisuutta erilaisissa keskivartalon lihaksia vahvistavissa harjoitteissa ja löytää tehokkaimmat harjoitteet. Lihaskäytävää mitataan EMG-mittalaitteella ja tulokset suhteutetaan prosentteina tutkittavan maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon. Tutkimuksen tarkoituksena on lisäksi tuottaa referenssidataa Keski-Suomen sairaanhoitopiiriin EMG-tutkimuksiin ja kliiniseen työhön.

Tutkimuskysymykset:

1. Mikä/mitkä harjoitteista ovat tehokkaimmat eli aktivoivat mitattuja lihaksia eniten
 - a. Mikä harjoitteista on tehokkain tarkasteltaessa kaikkia mitattuja lihaksia yhtäaikaista.
 - b. Mikä harjoitteista on tehokkain, kun tarkastellaan mitattuja lihaksia erikseen.

6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA MENETELMÄT

Tutkimus oli poikkileikkaustutkimus, jossa selvitettiin keskivartalolihasten hermostollista aktiivisuutta erilaisten harjoitusliikkeiden aikana EMG-mittauksilla. Harjoitusliikkeistä saadut aEMG arvot suhteutettiin prosentteina tutkittavan maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon nähden.

Tutkimuksen alussa aikaisempia selkäoireita, fyysistä aktiivisuutta ja taustamuuttujia kartoitettiin kyselylomakkeella (liite 4). Fyysisen aktiivisuuden mittarina oli Kasarin FIT-indeksi, jossa tutkittava arvioi kyselylomakkeella viikoittaisen fyysisen aktiivisuutensa useuden, keston ja rasittavuuden. Kokonaispisteityksessä näiden osa-alueiden pisteet kerrotaan keskenään. Kokonaispistemäärä vaihtelee tällöin välillä 0-100. (Kasari 1976). Lisäksi mittaushetkellä tutkittavat arvioivat harjoitteen aiheuttaman selkäkivun voimakkuutta suullisesti numeerisella kipuasteikolla eli NRS-asteikolla 0-10, jossa 0 tarkoittaa kivutonta ja 10 pahinta mahdollista kipua (Käypähoito 2017).

Tutkimusprotokollan suunnittelu aloitettiin kesällä 2019 ja mittauksen suoritusajankohta oli marraskuusta 2019 maaliskuuhun 2020, jolloin mittaukset jouduttiin keskeyttämään koronaviruspandemian aiheuttamien rajoitusten vuoksi. Tästä syystä alun perin tavoitteissa ollut 15 tutkittavan otos supistui yhdeksään tutkittavaan. Tutkielman teoriaa varten toteutettiin tiedonhaku eri tietokantoihin. Tietoperusta kerättiin ja rakennettiin tutkimusartikkeleiden sekä kirjallisuuden pohjalta ja sitä täydennettiin käyttäen käsihakua.

6.1 Tutkittavat

Tutkittavat rekrytoitiin pääsääntöisesti Jyväskylän yliopiston opiskelijoista sekä tutkijoiden lähipiiristä. Sisäänottokriteereinä oli halukkuus osallistua tutkimukseen, lisäksi tutkittavien tuli olla perusterveitä 18–60-vuotiaita miehiä, joilla BMI:n tuli olla alle 30 kg/m². Heillä ei saanut esiintyä poissulkukriteereissä mainittuja rangan alueen oireita.

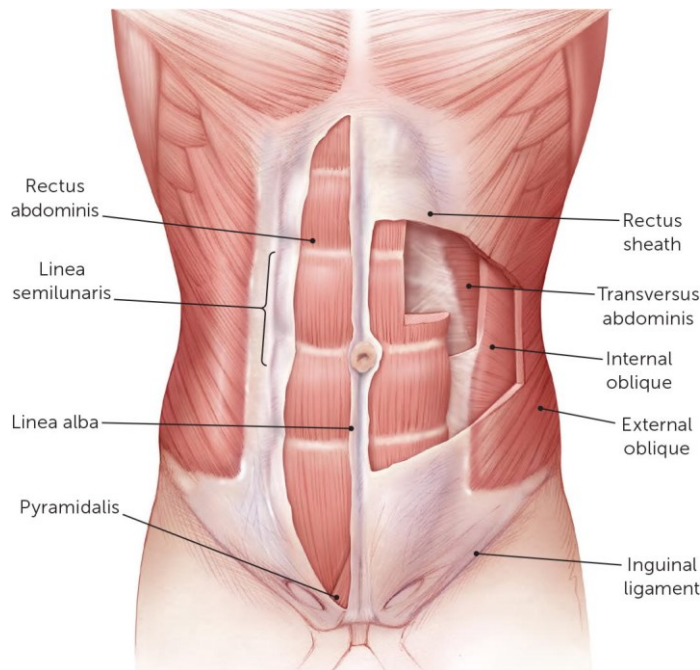
Poissulkukriteereinä olivat akuutti selkäkipu tai hermojuuriperäiset oireet 3kk ennen tutkimusta tai välilevyperäiset selkäkivut, spondylolyysi, -listeesi tai rangan murtumat 12kk ennen tutkimusta. Myös selkärankareuma tai muut rangan alueen krooniset sairaudet kuuluivat poissulkukriteereihin. BMI ei saanut olla 30kg/m² tai suurempi. Myös kykenemättömyys suorittaa tutkimuksen harjoitteita, esimerkiksi muut vammat, laskettiin poissulkukriteeriksi.

6.2 Mitattavat lihakset

Tutkimukseen tarkastelun kohteeksi valittiin kuusi keskivartalon alueen lihasta yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Keskivartalon lihakset eroavat toiminnaltaan ja tehtäviltään toisistaan, sillä ne voidaan jakaa selkärankaa stabiloiviin sekä sitä liikuttaviin lihasryhmiin. Rakenteellisten ja toiminnallisten ominaisuuksien vuoksi stabiloivat lihakset ovat tehokkaita ylläpitämään ja tukemaan asentoa, kun taas rankaa liikuttavat lihakset ovat toiminnaltaan parempia tuottamaan aktiivista ja nopeaa liikettä (Norris 2001). Tässä tutkimuksessa stabiloiviin lihaksiin kuuluvat m. multifidus, m. internal oblique sekä m. external oblique (mediaaliosa) ja rankaa liikuttaviin lihaksiin m. rectus abdominis, m. iliopsoas, m. lumbar erector spinae sekä m. external oblique (lateraaliosa). Lisäksi tulee muistaa, että liikkeiden suorittaminen vaatii monen lihaksen yhteistoiminnan ja yhden lihaksen funktio vaihtelee nivelten asennon sekä muiden lihasten toiminnan mukaan (Nienstedt ym. 2006, 146). Lihasten toiminnan kompleksisuus tulee siis pitää mielessä tämän työn tuloksia tarkastellessa.

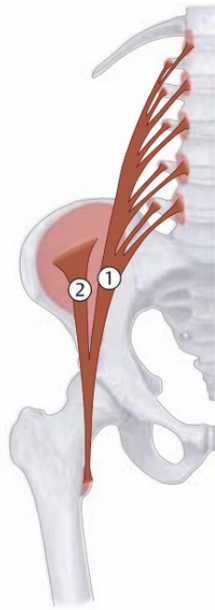
Vatsalihakset ovat osa vatsanpeitteitä ja vatsaontelon etuseinämää (kuva 1). Vatsalihakset koukistavat sekä kiertävät vartaloa. Lisäksi ne toimivat uloshengityslihaksina ja yhdessä pallean kanssa lisäävät vatsaontelon painetta esimerkiksi raskasta kuormaa nostettaessa (Nienstedt ym. 2006, 150). M. rectus abdominis eli suora vatsalihas kulkee suoraan rintalastasta ja alimmista kylkirustoista häpyluun yläreunaan. Vatsalihas supistuu vartalon koukistussuunnassa (Sand ym. 2013, 258). Suorasta vatsalihaksesta lateraalisesti sijaitsevat ulompi vino vatsalihas (m. external oblique) sekä sisempi vino vatsalihas (m. internal oblique). M. external oblique lähtee alimmista kylkiluista ja kulkee vinosti alas eteen kiinnittyen häpyluuhuun sekä suoliluun harjun etuosaan. M. internal obliquen lähtee suoliluun harjusta ja lannenikamien lähellä olevista sidekudoskalvoista kulkien vinosti ylös ja eteen kiinnittyen

alimpiin kylkiluihin sekä vatsalihasten kalvojänteiden jännesaumaan. Vatsalihasten erisuuntaisuus vahvistaa vatsan seinämää (Gilroy ym. 2013, 140; Sand ym. 2013, 258). Oblique-lihakset toimivat rangan sivutaivutuksessa samalle puolelle, sekä kiertävät rankaa lihaksista vastakkaiselle puolelle. Molemmin puolin toimiessaan ne koukistavat vartaloa ja stabiloivat lantiota (Gilroy ym. 2013, 140).



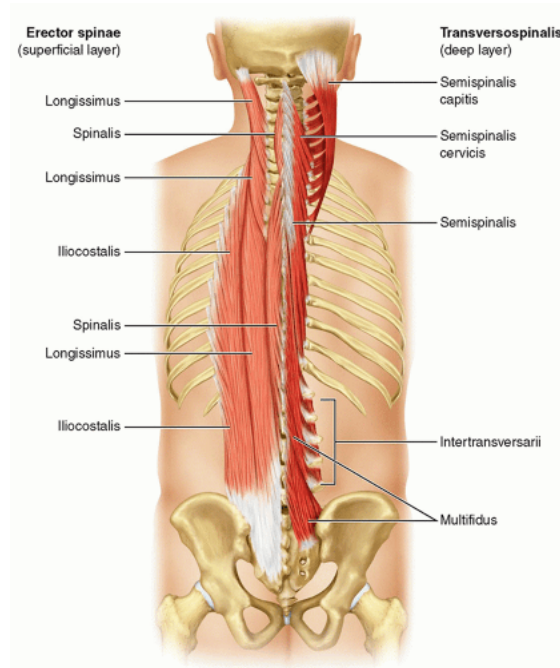
KUVA 1. Vatsalihakset (Shian & Larson 2018).

M. iliopsoas eli lanne-suoliluulihäs (kuva 2) koostuu m. psoas ja m.iliacus lihaksista. Psoas-lihakset (m. psoas minor ja m.psoas major) lähtevät lannenikamista, m. iliacus suoliluun sisäpinnalta ja yhdessä ne kiinnittyvät reisiluun pieneen sarvennoiseen. Lihäs kulkee nivussiteen alta ja lonkkanivelen edestä ollen tärkeä lonkan koukistajalihas (Sand ym. 2013, 263). Lonkan koukistuksen lisäksi lihäs toimii mukana vartalon koukistuksessa (Nienstedt ym. 2006, 156).



KUVA 2. Havainnollistava kuva m. iliopsoas lihaksesta, jossa eriteltynä 1. Psoas-lihakset ja 2. m.iliacus (Gilroy ym. 2013, 140).

Selkälihasten (kuva 3) tehtävänä on ojentaa ja tukea rankaa sekä ylläpitää pystyasentoa. Yhdessä vatsalihasten kanssa ne saavat aikaan selän sivutaivutus- ja kierto- liikkeitä (Nienstedt ym. 2006, 149; Sand ym. 2013, 257). Selän ojentajalihas (m. erector spinae) jakautuu kolmeen lihasryhmään (mm. iliocostales, mm. longissimi, mm. spinales), jotka lähtevät suoliluun harjusta, ristiluusta ja nikamien okahaarakkeista kiinnittyen takaraivoon, nikamien poikkihaarakkeisiin sekä kylkiluiden selkäpuolelle. Lihas kulkee leveänä juosteena selkärangan molemmin puolin (Gilroy ym. 2013, 32; Sand ym. 2013, 257). M. multifidus kuuluu selän alueen syviin lihaksiin. Lihas kulkee koko rangan mitalta toisesta niskaniikasta ristiluuhun asti (Gilroy ym. 2013, 34). Sen poikkipinta-ala on muita lannerangan alueen lihaksia noin kaksi kertaa suurempi ja lihassyiden pituus keskimääräistä lyhyempi. Nämä rakenteelliset seikat tekevät multifidus-lihaksesta vahvan rangan stabilaattorin, joka pystyy välittämään ja tuottamaan suurta voimaa (Ward ym. 2009).



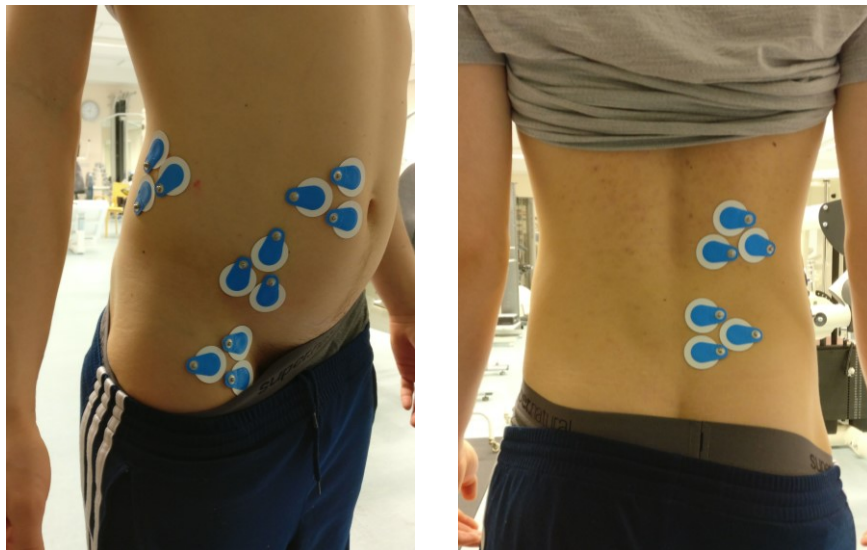
KUVA 3. Selän puolen lihaksia. Vasemmalla m. erector spinaen eri lihasryhmät kuvattuna. Oikealla alhaalla m. multifidus (Archer & Nelson 2013).

6.3 EMG-mittaukset

Mittaukset suoritettiin 8-kanavaisella langattomalla ME-6000 -laitteella (Mega Electronics Ltd, Kuopio, Suomi), näytteenottotaajuus 1kHz. Mittaukset olivat pinta-EMG mittauksia, elektrodeina pyöreät kertakäyttöiset Ag/AgCl BlueSensor-elektrodit (BlueSensor M, Ambu A/S, Ballerup, Tanska).

Mitattavat lihakset olivat m. rectus abdominis, m. external abdominal oblique, m. internal abdominal oblique, m. iliopsoas, m. erector spinae, m. multifidus. Elektrodien sijoittelut (kuva 4) sekä ihon valmistelut tehtiin Seniam (2020) sekä toimeksiantajan ohjeiden mukaan. Elektrodit haluttiin sijoittaa toimeksiantajan aiempia tutkimuksia vastaavalla tavalla, jotta tutkimuksen tuloksia voitaisiin vertailla keskenään. Elektrodien paikat vakioitiin kehon maamerkkien mukaisesti. Ennen elektrodien asettamista iholle mahdolliset ihokarvat poistettiin, ihon pinnasta poistettiin kuollut ihosolukko hiomalla hienolla hiekkapaperilla, jonka jälkeen ihon pinta puhdistettiin 80 % alkoholilla. Ihon esivalmisteluilla vähennetään elektrodin

ja ihon välistä impedanssia, pyritään luomaan molempien elektrodien alle samanlaiset mittaolosuhteet sekä parannetaan elektrodin kontaktia ihoon (Merletti ym. 2004, 110). Elektrodit asetettiin aina tutkittavan kehon oikealle puolelle ja niiden asetelusta vastasi vain yksi ja sama mittaaja. Elektrodien paikallaan pysyvyyden varmistamiseksi elektrodin päälle asetettiin pala urheiluteippiä. Ennen varsinaisia mittauksia, EMG-signaalin toimivuus varmistettiin tutkittavan ollessa lepoasennossa.



KUVA 4. EMG-elektrodien asettelu

Koska EMG-mittaustuloksiin, luotettavuuteen ja toistettavuuteen vaikuttaa moni yksilöllinen tekijä, eri koehenkilöiden tuloksia ei voida suoraan vertailla. Mittaustulokset tulee suhteuttaa prosentuaalisena osuutena mitattavan henkilön maksimaalisesta tahdonalaisesta lihassupistuksesta (%MVIC) isometrisessä suorituksessa (Konrad 2005). Absoluuttisten mittaustulosten sijasta tarkastellaan suhteellista tulosta. Tämän vuoksi aluksi suoritettiin EMG-mittaukset maksimaalisen isometrisen voimantuoton aikana rangan ojennuksessa ja koukistuksessa sekä kierrossa oikealle ja vasemmalle (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Maksimaalisten isometristen voimantuottotestien absoluuttiset tulokset (MVIC) sekä maksimaaliset EMG-arvot eri lihaksissa. Arvot esitetään keskiarvoina ja keskihajontana.

	MVIC	maxEMG amplitudi, μ V					
		RA	EO	IO	IP	LES	MF
Vartalon ojennus	100 (24) kg	75 (76)	101 (40)	405 (332)	84 (38)	514 (200)	490 (275)
Vartalon koukistus	81 (19) kg	552 (218)	345 (148)	517 (254)	250 (138)	108 (38)	103 (140)
Vartalon kierto oikealle	12 (4) Nm	250 (195)	225 (135)	689 (380)	313 (171)	184 (105)	56 (27)
Vartalon kierto vasemmalle	11 (3) Nm	224 (137)	310 (149)	375 (254)	278 (189)	60 (28)	130 (87)

Lihakset: RA = rectus abdominis; EO = external oblique abdominis; IO = internal oblique abdominis; IP = iliopsoas LES = lumbar erector spinae; MF = lumbar multifidus.
 μ V= microvoltti; Nm = Newtonmetri.

Selkälihasten isometristä voimantuottoa mitattiin Dr. Wolff BackCheck-laitteella (Dr. Wolff Sports & Prevention GmbH, Arnsberg, Saksa) (kuva 5), jolla voidaan pystyasennossa mitata keskivartalon, niskan sekä yläraajojen lihasten isometristä voimaa (Dr. Wolff Sports & Prevention 2014). Jokaisessa liikesuunnassa suoritettiin aluksi lämmittelysarjat (10 toistoa 20% 1RM sekä 6 toistoa 50% 1RM, tutkittava itse arvioi kuorman). Tämän jälkeen maksimaalisten suoritusten aikaiset mittaukset suoritettiin 3 kertaa. Jos kolmannella kerralla voimantuotto kasvoi edellisiin suorituksiin verrattuna yli 5%, suorituksia jatkettiin, kunnes tulokseen ei tullut enää yli 5% parannusta. Mittausten EMG-tulokset tallennettiin ja jokaisen tutkittavan lihaksen maksimaalista arvoa käytettiin vertailuarvona tutkimuksen tuloksissa.

Varsinaiset mittaukset harjoitteiden aikana suoritettiin noin viikon päästä isometrinen maksimivoimamittausten jälkeen. Näin varmistettiin lihasten palautuminen, sillä kirjallisuudessa mainitaan harjoittelun jälkeisen lihaskivun, erityisesti eksentrisen harjoittelun aiheuttaman lihasvaurion pienentävän EMG:n amplitudia (Felici 2004, 375; Hedayatpour ym. 2008). Varsinaisissa mittauksissa EMG-elektrodit asetettiin saman tutkijan toimesta vastaavalla tavalla kuin aikaisemmassa mittauksessa. Jokaista liikettä tehtiin 10 toistoa 3 sarjaa kuormaa portaittain nostaen. Ensimmäinen sarja noin 20% 10 toiston maksimista, toinen sarja noin 50% 10 toiston maksimista ja viimeinen sarja 10 toiston maksimi. Kuorma määritettiin tutkittavan subjektiivisen arvion mukaan nostamalla kuormaa portaittain. Liikkeiden suoritusnopeus oli vakioitu metronomin avulla - yhden toiston suoritus kesti 4 sekuntia. Sarjojen välissä 2 minuutin tauko, liikkeiden välissä 3-5 minuutin tauko tarpeen mukaan. Jokaisen suoritettun liikesarjan jälkeen EMG-mittaukset nimettiin ja tallennettiin. Lisäksi sarjojen kuormat sekä mahdollinen suorituksen jälkeinen selkäkipu VAS-janalla arvioituna merkattiin ylös mittauspöytäkirjoihin. Harjoitteiden suoritus ohjeistettiin tutkittaville suullisesti ennen liikkeen suorittamista. Ohjeistuksen suoritti aina sama tutkija. Suoritustekniikkaa pyydettiin korjaamaan, mikäli tutkija sen koki aiheelliseksi.



KUVA 5. Isometristä voimantuottoa mittaava Dr. Wolff BackCheck-laite.

6.4 Mitattavat keskivartaloharjoitteet

Tutkimuksen harjoitteet valittiin yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Harjoitteet ovat keskivartalolihasia vahvistavia liikkeitä, joita toimeksiantaja suosittelee ohjaamaan selkäkuntoutujille. Lisäksi referenssiliikkeenä maastaveto, joka on useassa tutkimuksessa todettu olevan tehokas liike selkälihaksille (Hamlyn ym. 2007; Colado ym. 2011). Tutkimuksessa haluttiin myös vertailla mahdollisia lihasaktiivisuuseroja vaaka- ja vinopenkissä sekä istuen tehtävässä selän ojennusliikkeessä.

Harjoitteiden suullinen ohjeistus oli kaikille tutkittaville vakio, ohjeistuksessa ei kerrottu mihin lihasryhmään kyseinen harjoitus vaikuttaa tai mitä lihaksia tulisi aktivoida. Suoritustekniikkaa saatettiin pyytää korjaamaan suullisesti harjoitteen aikana. Liikkeen suoritusnopeus vakioitiin metronomin avulla, niin että yhden toiston suoritus kesti 4 sekuntia.

1. Vastakkaisten raajojen ojennus (kuva 6): Vatsamakuulla raajat ojennettuna vartalon jatkeena. Nostetaan vuoron perään vastakkaisia raajoja ylöspäin kehottaen tutkittavaa myös pidentämään raajoja.
2. Step-laudalle nousu (kuva 6): Ote alataljasta niin että veto tulee mahdollisimman läheltä vartaloa. Vastakkaisen alaraajan johtaessa nouseaan molemmat jalat laudan päälle ja palataan takaisin lähtöasentoon. Vartalo pyritään pitämään mahdollisimman suorana.
3. Lankku vartalon kierrolla (kuva 6): Kyynärpäät maassa lankkuasennosta kierretään vartaloa puolelta toiselle. Ääriasennossa yläkäsi vartalon vierellä.
4. Ylätaljalla hartiatasoon alasveto (kuva 6): Hyvässä ryhdissä keskivartalolihasia aktivoiden yhdellä kädellä vedetään ylätaljan kahva hartiatasoon niin että kyynärpää koukistuu.
5. Alataljassa jalan taaksevienti (kuva 6): Alaraajaa viedään polvi suorana taaksepäin vain niin pitkälle, että alaselässä säilyy luontainen notko. Kontrolloitu palautus. Liikkeen aikana tuki laitteesta.

6. Ristitalja (kuva 7): Hyvässä seisoma-asennossa, toinen yläraaja vetää ja toinen työntää taljassa. Tutkittavan edessä olevasta taljasta vetoliike, takaa olevasta taljasta työntöliike.

7. Istuen selän ojennus laitteessa (kuva 7): kädet ristissä rintakehällä, tuki noin lapaluiden kohdalla. Ojennus hieman yli pystyasennon.

8. Maastaveto (kuva 7): Selkä mahdollisimman suorana, polvien koukistus sallittu.

9. ja 10. Vinopenkki ja vaakapenkki (kuva 7): Levypainon kannattelu kädet ristissä rintakehällä. Ojennus vaakatasoon/vartalonsuuntaisesti.



1. Vastakkaisten raajojen ojennus



2. Step-laudalle nousu



3. Lankku vartalon kierrolla



4. Ylätaljalla hartiatasoon alasveto



5. Alataljassa jalan taakse vierti

KUVA 6. Mitattavat harjoitteet 1-5.



6. Ristitalja



7. Istuen selän ojennus



8. Maastaveto



9. Vinopenkki



10. Vaakapenkki



KUVA 7. Mitattavat harjoitteet 6-10.

6.5 Aineiston analysointi ja raportointi

Raaka EMG-data käsiteltiin MegaWin-ohjelmalla (Mega Electronics Ltd, Kuopio), jossa data tasasuunnattiin sekä pehmennettiin keskiarvoistamalla raakadata 200ms aikaikkunalla. EMG-signaalin käsittely lisää aineiston luotettavuutta, sillä raakadata sisältää taustakohinaa, interferenssiä ja virtapiikkejä (Karlsson ym. 2009). Keskiarvoistus ja pehmennys pienentävät keskihajontaa madaltamalla huippuarvoja, jotka voivat johtua yllä mainituista syistä (Konrad 2005). Jokainen toisto oli mitattu ja tallennettu ohjelmaan erikseen. Tutkijat yhdessä arvioivat EMG-dataa silmäämääräisesti ja mahdolliset suorituksen ulkopuoliset lihasaktiivisuudet jätettiin analysoitavan datan ulkopuolelle. Datasta otettiin ylös jokaisen suorituksen keskiarvoinen EMG-aktiivisuus (aEMG) sekä huippuarvo (maxEMG).

EMG-arvot siirrettiin Excel-taulukkoon, jossa laskettiin mitattujen harjoitteiden lihasaktiivisuus prosentuaalisesti maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta (MVIC). Lisäksi laskettiin summamuuttuja, jossa yhdessä harjoitteessa kaikkien lihasten yhtäaikaista prosentuaalista aktiivisuutta tarkasteltiin keskiarvoina. Prosentuaaliset arvot siirrettiin SPSS-matriisiin analysoitavaksi. Analyysissa käytettiin vain kolmannen kuormitustason (noin 10RM) mittaustuloksia.

Tilastolliset analyysit, harjoitteiden parittaiset vertailut ja hypoteesin testaus suoritettiin IBM SPSS Statistics -ohjelmalla (versio 27). Aineiston pienen koon ($n=9$) vuoksi tilastollisissa analyyseissä käytettiin parametrittomia testejä. Lisäksi osa aineistosta ei ollut normaalisti jakautunutta (vinous ja huipukkuus $>|2|$ tai $<|-2|$, Shapiro-Wilk <0.05). Parametrittomat testit eivät olela muuttujien normaalijakautuneisuutta. Mittaukset olivat toisistaan riippuvaisia ja samaan havaintoon liittyi useampia mittauskertoja, joten tilastollisen analyysin testinä käytettiin Friedmanin-testiä (Karhunen ym. 2011). Testin avulla tehtiin harjoitteiden parittaiset vertailut jokaiselle tutkittavalle lihakselle erikseen. Analyyseissä käytettiin Bonferroni-korjattuja p-arvoja (adj.sig.) 5% luottamustasolla ($p<0.05$).

6.6 Eettisyys

Tutkimus kuului osana Keski-Suomen keskussairaalassa aiemmin tehtyihin EMG-tutkimuksiin, joihin oli saatu tutkimuslupa Keski-Suomen sairaanhoitopiirin tutkimuseettiseltä toimikunnalta (Diaari nro 11U/2014). Tutkimuksessa noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) hyvän tieteellisen käytännön mukaisia tutkimusohjeita (TENK 2012). Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja heillä oli oikeus keskeyttää osallistumisensa, milloin tahansa. Tutkittava sai allekirjoitettavaksi kirjallisen suostumuslomakkeen (liite 5), jossa oli selvitetty tutkittavan oikeudet, kerättävien tietojen tietosuoja sekä tulosten käyttö. Lisäksi tutkittavia informoitiin etukäteen tutkimuksen tarkoituksesta ja sen etenemisestä lähettämällä sähköpostitse tiedote tutkittavalle (liite 6). Tutkittavalle ei aiheutunut kuluja tutkimukseen osallistumisesta. Henkilötietoja ei käsitelty tutkimuksen aikana - jokaiselle tutkittavalle luotiin tunnistekoodi, jota käytettiin kaikissa tutkimuksen vaiheissa.

7 TULOKSET

Mittauksiin osallistui yhteensä yhdeksän henkilöä (taulukko 2). Tutkittavien keski-ikä oli 28-vuotta. Tutkittavien liikunnallisen aktiivisuuden keskiarvopistemäärä Kasarin FIT-indeksin mukaan oli 72, joka kuuluu mittarin neliportaisen luokituksen suurimman fyysisen aktiivisuuden luokkaan (>64 pistettä).

TAULUKKO 2. Tutkittavien demografiset tiedot (N = 9).

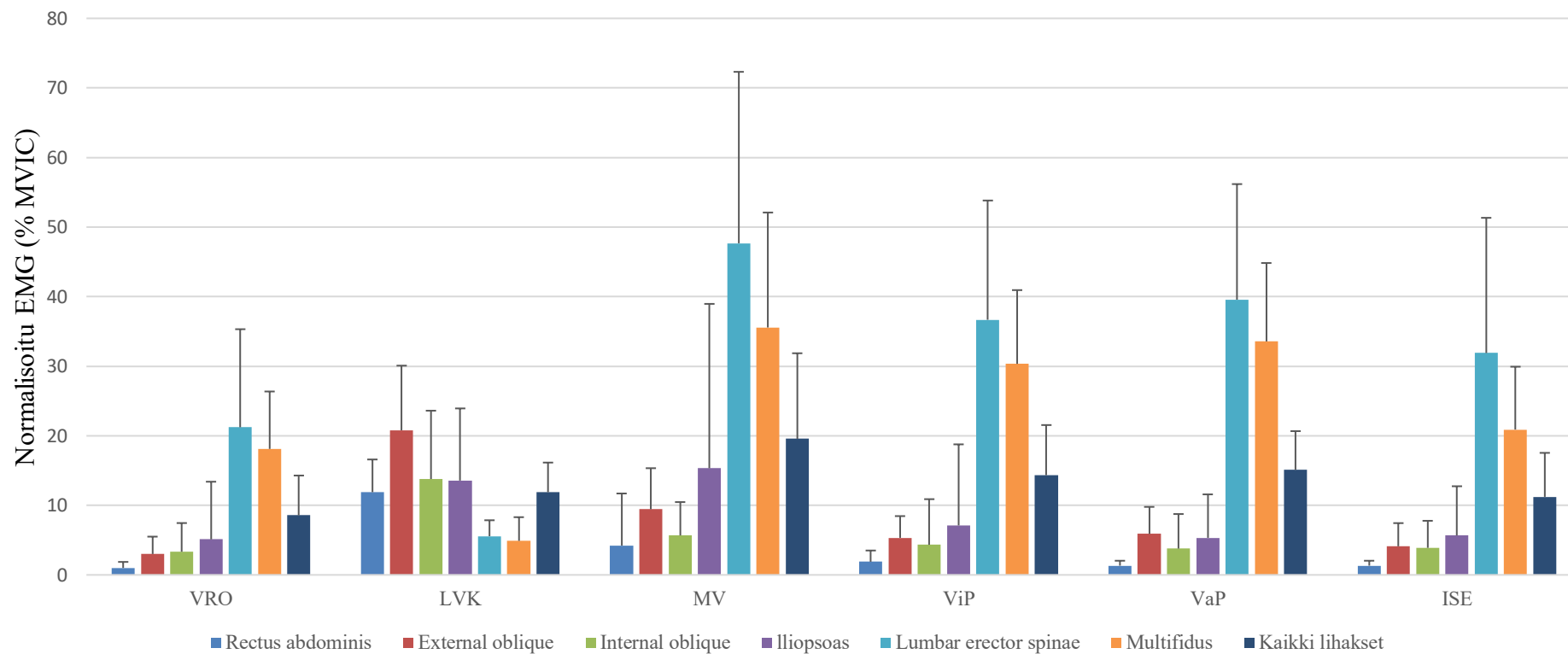
Taustamuuttujat	Min.	Max.	Ka.	SD
Ikä	24	36	27.8	3.8
Pituus (cm)	167	185	179	6
Paino (kg)	65.4	98.0	79.6	9.4
BMI (kg/m ²)	22.9	29.1	24.8	2.3
Kivun voimakkuus, mm (0-100)	0	3.0	0.4	1.0
Savuketta vuorokaudessa	0	0	0	0
Alkoholiannosta viikossa	1	10.0	4.0	4.1
Kasarin FIT-indeksin pistemäärä (0-100)	36.0	100.0	72.0	17.8

Friedmanin testin perusteella harjoitteiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja lihasaktiivisuudessa jokaisen kuuden lihaksen osalta ($p < 0.001$). Kuviot 1-3 kuvaavat liikkeiden aikaisten lihasaktiivisuuksien prosentuaaliset osuudet maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta ja taulukko 3 esittää arvot numeraalisesti. Friedmanin-testin päätulos oli kaikkien lihasten kohdalla merkitsevä ($p < 0.001$) eli harjoitteiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja.

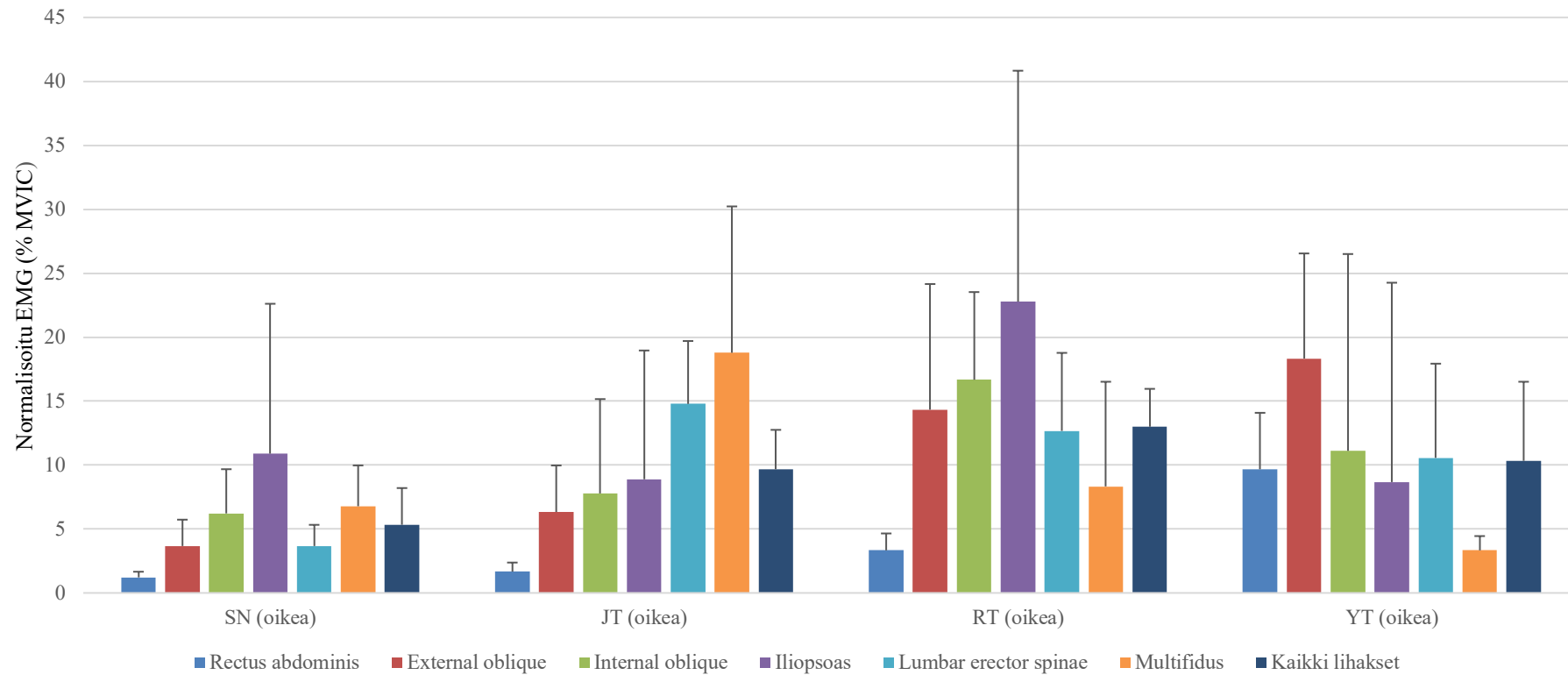
Kaikkien lihasten yhteenlasketun lihasaktivaation mukaan keskiarvoltaan korkeinta lihasaktiivisuutta tuotti maastaveto (19.6% MVIC) (kuvio 1), joka sisälsi myös korkeimmat yksittäisten lihasten m. lumbar erector spinaen (47.7% MVIC) ja m. multifiduksen (35.6% MVIC) lihasaktiivisuudet. Maastavedon jälkeen tehokkaimpia harjoitusliikkeitä olivat

vaakapenkki (15.1% MVIC), vinopenkki (14.3% MVIC) ja ristitalja oikea käsi edessä (13.0% MVIC). Lankku vartalon kierrolla (11.9% MVIC), istuen selän ojennus laitteessa (11.2% MVIC), vasemman puolen stepperille nousu (11.2% MVIC), vasemman jalan taaksevienti (11.1% MVIC) ja oikea ylätalja (10.3% MVIC) tuottivat toiseksi suurimmat lihasaktivaation tasot (kuvio 2). Alhaisimpia aEMG-arvoja tuottivat oikean jalan taaksevienti (9.7% MVIC), ristitalja vasen käsi edessä (9.1%), vastakkaisten raajojen ojennus (8.6% MVIC), oikean puolen stepperille nousu (5.3% MVIC), sekä vasemman puolen ylätalja (4.2% MVIC) (kuvio 3).

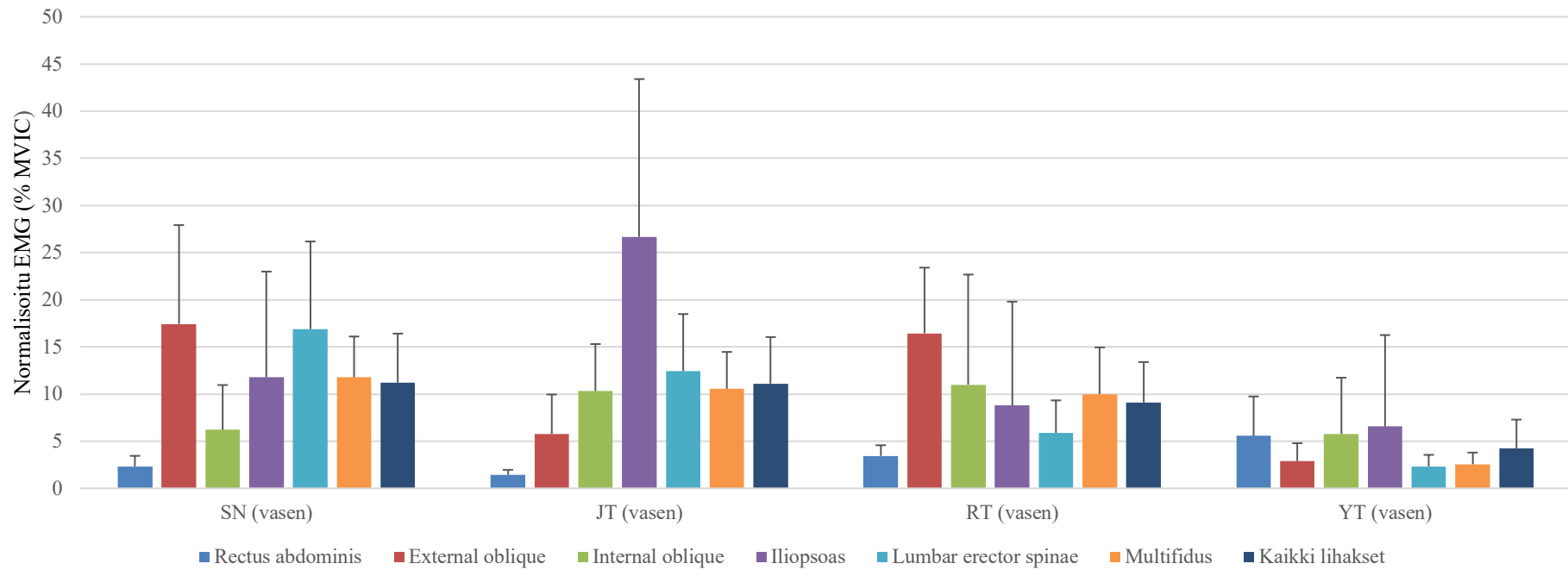
Yksittäisiä lihaksia tarkastellessa tehokkaimmat harjoitteet m. rectus abdominikselle olivat lankku vartalon kierrolla (11.9% MVIC) sekä ylätaljalla hartiatasoon alaspäin oikealla kädellä (9.7% MVIC). M. external oblique -lihakselle tehokkain harjoite oli lankku vartalon kierrolla (20.8% MVIC), toiseksi tehokkain harjoite oli ylätaljalla hartiatasoon alaspäin oikealla kädellä (18.3% MVIC). M. internal obliqueta tehokkaimmin aktivoiva harjoite oli ristitalja oikea käsi edessä (16.7% MVIC), toiseksi tehokkain lankku vartalon kierrolla (13.6% MVIC). M. iliopsoas lihaksen tehokkain harjoite oli vasemman jalan taaksevienti alataljassa (26.7% MVIC) sekä ristitalja oikea käsi edessä (22.8% MVIC). Selän puolen lihaksista m. lumbar erector spinaen tehokkain harjoite oli maastaveto (47.7% MVIC), toiseksi tehokkain vaakapenkki (39.6% MVIC). M. multifidus lihasta eniten aktivoivat harjoitteet olivat maastaveto (35.6% MVIC) sekä vaakapenkki (33.6% MVIC).



KUVIO 1. Liikkeiden VRO, vastakkaisten raajojen ojennus; LVK, lankku vartalon kierrolla; MV, maastaveto; ViP, vinopenkki; VaP, vaakapenkki; ISE, istuen selän extensio lihasaktiivisuuksien arvot prosentuaalisesti maksimaalisesta isometrisestä supistuksesta (%MVIC). Kaikki lihakset- sarake osoittaa kaikkien mitattujen lihasten aktivointiprosenttien keskiarvon. Pylväiden arvot ilmoitettu keskiarvoina hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. n=9



KUVIO 2. Liikkeiden SN, stepperille nousu; JT, jalan taaksevienti; RT, ristitalja; YT, ylätalja oikean puolen lihasaktiivisuuksien arvot prosentuaalisesti maksimaalisesta isometrisestä supistuksesta (%MVIC). Kaikki lihakset- sarake osoittaa kaikkien mitattujen lihasten aktivointiprosenttien keskiarvon. Pylväiden arvot ilmoitettu keskiarvoina hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. n=9



KUVIO 3. Liikkeiden SN, stepperille nousu; JT, jalan taaksevienti; RT, ristitalja; YT, ylätalja (vasen puoli) lihasaktiivisuuksien arvot prosentuaalisesti maksimaalisesta isometrisestä supistuksesta (%MVIC). Kaikki lihakset- sarake osoittaa kaikkien mitattujen lihasten aktiivointiprosenttien keskiarvon. Pylväiden arvot ilmoitettu keskiarvoina hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. n=9

TAULUKKO 3. Lihasktiivisuuksien keskiarvo ja keskihajonta prosentteina maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta (%MVIC).

Harjoitteet	Lihakset						
	Kaikki lihakset	Rectus abdominis	External oblique abdominis	Internal oblique abdominis	Iliopsoas	Lumbar erector spinae	Multifidus
Maastaveto	19.6 (12.3)	4.2 (7.5)	9.4 (5.9)	5.7 (4.8)	15.3 (23.6)	47.7 (24.6)	35.6 (16.5)
Vaakapenkki	15.1 (5.6)	1.3 (0.7)	5.9 (3.9)	3.8 (5.0)	5.3 (6.3)	39.6 (16.6)	33.6 (11.3)
Vinopenkki	14.3 (7.2)	1.9 (1.6)	5.3 (3.1)	4.3 (6.6)	7.1 (11.7)	36.7 (17.2)	30.3 (10.6)
Ristitalja (oikea)	13.0 (3.0)	3.3 (1.3)	14.3 (9.8)	16.7 (6.9)	22.8 (18.1)	12.7 (6.1)	8.3 (8.2)
Lankku vartalon kierrolla	11.9 (4.3)	11.9 (4.7)	20.8 (9.3)	13.6 (9.8)	13.6 (10.4)	5.6 (2.3)	4.9 (3.4)
Istuen selän ojennus	11.2 (6.3)	1.3 (0.7)	4.1 (3.3)	3.9 (3.9)	5.7 (7.1)	31.9 (19.4)	20.9 (9.0)
Stepperille nousu (vasen)	11.2 (5.2)	2.3 (1.1)	17.4 (10.5)	6.2 (4.7)	11.8 (11.2)	16.9 (9.3)	11.8 (4.3)
Jalan taaksevienti (vasen)	11.1 (4.9)	1.4 (0.5)	5.8 (4.2)	10.3 (5.0)	26.7 (16.7)	12.4 (6.0)	10.6 (3.9)
Ylätalja (oikea)	10.3 (6.2)	9.7 (4.4)	18.3 (8.2)	11.1 (15.4)	8.7 (15.6)	10.6 (7.4)	3.3 (1.1)
Jalan taaksevienti (oikea)	9.7 (3.1)	1.7 (0.7)	6.3 (3.6)	7.8 (7.4)	8.9 (10.1)	14.8 (4.9)	18.8 (11.4)
Ristitalja (vasen)	9.1 (4.3)	3.4 (1.1)	16.4 (7.0)	11.0 (11.7)	8.8 (11.0)	5.9 (3.4)	10.0 (5.0)
Vastakkaisten raajojen ojennus	8.6 (5.7)	1.0 (0.9)	3.0 (2.5)	3.3 (4.1)	5.1 (8.3)	21.2 (14.1)	18.1 (8.3)
Stepperille nousu (oikea)	5.3 (2.9)	1.2 (0.4)	3.7 (2.1)	6.2 (3.5)	10.9 (11.7)	3.7 (1.7)	6.8 (3.2)
Ylätalja (vasen)	4.2 (3.1)	5.6 (4.2)	2.9 (1.9)	5.8 (6.0)	6.6 (9.7)	2.3 (1.2)	2.6 (1.3)

8 POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää EMG-mittauksilla, mikä/mitkä tutkimuksen harjoitteista ovat tehokkaimpia eli aktivoivat mitattuja lihaksia eniten. Saadun tiedon avulla voidaan osoittaa harjoitteet, joita voidaan hyödyntää selkäkuntoutuksessa. Kaikkien lihasten aktiivisuusprosenttien yhteenlaskettuja keskiarvoja tarkasteltaessa maastaveto oli harjoitteista tehokkain, yksittäisiä lihaksia tarkasteltaessa tehokkaimpia harjoitteita olivat muun muassa lankku vartalon kierrolla (m. rectus abdominis, m. external oblique), ristitalja (m. internal oblique), jalan taaksevienti alataljassa (m. iliopsoas) sekä maastaveto (m. lumbar erector spinae, m. multifidus). Selvittämällä lihaksia eniten aktivoivia liikkeitä ei voida kuitenkaan päätellä, että harjoitteet, joissa lihasaktiivisuus oli matala, olisivat harjoitusliikkeinä tehottomia tai hyödyttömiä. Lisäksi tulee muistaa, että terapeutin harjoittelu vain yksi osa kroonisen alaselkävun hoitoa (Airaksinen ym. 2006). Alempaa lihasaktiivisuutta tuottavia harjoitteita voidaan silti pitää hyödyllisinä esimerkiksi koordinaatio- ja stabiiliteettiharjoituksissa tai selkäpotilaiden kuntoutuksen alkuvaiheissa. Hyvin suunnitellussa progressiivisessa harjoittelussa ja erityisesti alaselkävun kuntoutuksessa ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista kohdistaa harjoittelua suoraan suurinta lihasaktiivisuutta tuottaviin harjoitteisiin vaan progressiivisesti aktivoida myötävaikuttajalihasten kautta kuntoutettavaa lihaksistoa siirtyen isometrisistä harjoitteista enemmän dynaamisiin, voimaa kehittäviin harjoitteisiin. Tuloksia tulkitessa täytyy ottaa huomioon, että lihasaktiivisuus ja sen tasot ovat kuitenkin vain yksi osa kehon kompleksista toimintaa ja monet harjoitteet, jotka tuottavat pienempää lihasaktiivisuutta tietyissä lihaksissa soveltuvat silti muiden osa-alueiden harjoittamiseen, kuten motoriseen kontrolliin, hieno- ja karkeamotoriikkaan, stabiiliteettiin sekä nivelten liikelaajuuksiin.

Tutkimuksen tulokset olivat samansuuntaisia aikaisempien samoja harjoitteita mitanneiden tutkimusten kanssa. Colado ym. (2011) tutkimuksessa raportoitiin maastavedon olevan tehokkain harjoite, vaakapenkin toiseksi tehokkain, kun mitattiin rangan alueen lihaksia tasoilla Th9-L5. M. rectus abdominikselle ja m. external obliquelle tehokkaimmaksi harjoitteeksi on useassa tutkimuksessa raportoitu olevan lankku ja sen erilaiset variaatiot, erityisesti kylkilankku (Ekström ym. 2007; Youdas ym. 2008; Gretchen ym. 2010; Jørgensen ym. 2010; Comfort ym.

2011; Kong ym. 2013; Saeterbakken ym. 2019). Arokoski ym. (1999) olivat todenneet vaakapenkin tuottavan korkeinta lihasaktiivisuutta m. multifiduksella ja myös tässä tutkimuksessa vaakapenkki oli toiseksi tehokkain liike m. multifiduksen aktivoinnin kannalta maastavedon jälkeen. Arokoski ym. (1999) tutkimuksessa maastaveto ei lukeutunut tutkimuksen harjoitteisiin.

Tulokset vahvistavat ajatusta, että keskivartalon lihaksia vahvistettaessa tarvitaan lisäpainoa, jotta lihasaktiivisuus nousisi riittävän suureksi. Ekström ym. (2008) ovat tutkimuksessaan osoittaneet, että ilman lisäpainoa tehtävät keskivartalon alueen harjoitteet eivät ole riittäviä kasvattamaan keskivartalon lihasten voimaa. Voimaharjoittelussa kuormaa, joka ylittää 60 % maksimaalisen suorituksen kuormasta, on yleisesti pidetty lihasvoimaa kehittävän toiminnan rajana (Rhea ym. 2003; Housh ym. 2009). Tässä tutkimuksessa 10 RM kuormitustaso oli tutkittavan oma subjektiivinen arvio, joten todellisuudessa kuormitus on voinut jäädä liian pieneksi. Laskennallisesti 10 toiston maksimin painojen tulisi olla noin 75 % yhden toiston maksimin painoista (Haff 2010). 60% yhden toiston maksimista on osoitettu olevan selän ojentajalihasten EMG-aktiivisuutena noin 50%MVIC ja 80% 1RM noin 73%MVIC. (De Ridder ym. 2015). Tuloksia tarkastellessa kaikki arvot (%MVIC) jäävät alle 50%, joten voidaan olettaa, että osalla tutkittavista 10RM kuormitustaso ei ollut riittävä. EMG-arvoja tarkastellessa tulee kuitenkin ymmärtää lihasten funktio harjoitteen suorituksessa. Esimerkiksi selän ojennuksessa vatsanpuolen lihasten aktiivisuudet jäävät matalaksi.

Tutkimuksen tulosten raportoinnissa lihasten erilaisia funktioita rangan toiminnassa ei ole otettu huomioon. Keskivartalon lihakset voidaan jakaa fysiologisten, biomekaanisten ja anatomisten ominaisuuksien mukaan selkärankaa stabiloiviin sekä sitä liikuttaviin lihasryhmiin. Rakenteellisten ja toiminnallisten ominaisuuksien vuoksi stabiloivat lihakset ovat tehokkaampia ylläpitämään ja tukemaan asentoa, kun taas rankaa liikuttavat lihakset ovat toiminnaltaan parempia tuottamaan aktiivista ja nopeaa liikettä (Norris 2001). Keskivartalon lihasten harjoittaminen ja erityisesti vahvistaminen vaatii ymmärrystä lihasten funktioista ja siitä, millä intensiteetillä keskivartalon lihakset todellisuudessa osallistuvat eri harjoitteisiin ja liikkeisiin (Youdas ym. 2008). Tämän tutkimuksen lihaksista stabiloivia olivat m. multifidus sekä m. internal oblique. On havaittu, että rangan stabilaattoreiden aktivoituessa riittävästi pinnallisten rangan mobilisaattorilihasten aktiivisuus on pientä ja päinvastoin – jos syvien

stabiliaattorilihasten aktivaatio on heikkoa, pinnallisten lihasten toiminta on suurempaa (Richardson ym. 2001). Jos kuntoutuksen tavoitteena on harjoittaa syviä lihaksia, ei pinnallisten lihasten suuri lihasaktiivisuus ole tavoiteltavaa. Norris ym. (2008) ovat ehdottaneet, että tehokkaimmat tulokset selkäkipuisten kuntoutuksessa saavutetaan, kun harjoittelu aloitetaan matalatehoisilla, eristävillä syvien lihasten harjoitteilla siirtyen kohti toiminnallisempaa kehonpaino- tai voimaharjoittelua. Tämän työn tuloksia tulisikin tarkastella kriittisesti, ottaen huomioon lihasten erilaiset funktiot eri liikkeiden aikana. Esimerkiksi liike, joka EMG-mittausten perusteella aktivoi pinnallista vatsalihasta m. rectus abdominista heikosti, voi aktivoida syvää poikittaista vatsalihasta m. transversus abdominista runsaasti.

8.1 Tulosten hyödynnettävyys

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuuden eri lihaksen aktiivisuutta 10:ssä eri harjoitteessa. Tulokset antavat tietoa harjoitteista kuntoutusprosessin osana, kun ollaan kiinnostuneita niiden aiheuttamasta lihasaktiivisuudesta mitatuissa lihaksissa. Tulokset eivät käytännön tilanteissa ole täysin yhtäläisiä mittaustilanteen tulosten kanssa, sillä koetilanteessa pystytään minimoimaan häiriötekijät, jotka ovat koetilanteen ulkopuolella aina läsnä (Ketokivi 2015, 43). Mittaustilanteessa tauot vakioitiin, oikea suoritustekniikka varmistettiin ja tutkittavien keskittyminen ohjattiin harjoitteen tekemiseen. Toisaalta tutkimuksessa ei suorituksen aikana esimerkiksi kannustettu tai ohjeistettu, jotta tilanne vastaisi paremmin todellisuutta.

Tuloksia voidaan hyödyntää harjoitteiden määrittämisessä kuntoutujalle tai harjoittelijalle, kun tavoitteena on keskivartalon lihaksiston vahvistaminen. Tehokkaimmat tulokset selkäkipuisten kuntoutuksessa kuitenkin saavutetaan, kun harjoittelu aloitetaan matalatehoisilla, eristävillä syvien lihasten harjoitteilla siirtyen asteittain kohti toiminnallisempaa kehonpaino- tai voimaharjoittelua (Norris ym. 2008; Macedo ym. 2010). Matalatehoiset harjoitteet parantavat alaselkäkipuisten liikkeiden hallintaa tehokkaammin kuin voimaharjoittelu (Aasa ym. 2015). Alaselkäkipuisten kuntouttavat harjoitteet tulisi myös kohdentaa yksilöllisesti kivun tyyppin ja kuntoutujan toimintakyvyn mukaan (Fersum ym. 2010). Tämän tutkimuksen tuloksia tullaan käyttämään toimeksiannon mukaisesti sairaanhoitopiirin alueella kohdentamaan selkäpotilaille tehokkaita harjoitusliikkeitä kuntoutusta varten sekä arvioimaan liikkeiden

tarkoituksenmukaisuutta. Tuloksien tulkinnassa tulee ottaa huomioon ihmiskehon kompleksisuus ja motorisen toiminnan eri osatekijät kuten esimerkiksi lihasten eri funktiot, voima, nivelten liikelaajuudet, hieno- ja karkeamotoriikka ja näiden kaikkien kollektiivinen toiminta yhdessä. EMG-mittaukset ja niiden tulokset antavat vain rajatun näkökulman kehon toiminnasta, joten tuloksia tulee arvioida ja hyödyntää harjoittelijan tai kuntoutujan yksilöllisestä näkökulmasta.

8.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Mittaustilanteet pyrittiin vakioimaan mahdollisimman yksityiskohtaisen tutkimusprotokollan avulla, mikä lisää tulosten luotettavuutta. Tutkijoiden välinen työnjako pysyi mittaustilanteissa samana ja EMG-elektrodien asettelusta vastasi vain toinen tutkijoista. Tutkimusaineiston käsittely ja analysointi sekä tulosten raportointi suoritettiin huolellisesti ja tarkasti.

EMG-mittausten luotettavuutta tulee pohtia. Olivatko elektrodien paikat tarpeeksi tarkkoja, mittasivatko ne halutun lihaksen aktivaatiota. Lisäksi tutkittavien hikoillessa elektrodien kontakti ihon pintaan heikkeni. Osalla tutkittavista elektrodit jouduttiin uusimaan mittausten aikana, sillä myös selän suuri liikerata harjoitteita suorittaessa heikensi elektrodin paikallaan pysymistä. Dynaamisten liikkeiden tai ulkoisen paineen aiheuttamat muutokset elektrodin kiinnityskohdan ja tutkittavan lihasmassan välillä voivat aiheuttaa muutoksia mittaustuloksiin (Konrad 2005). Painetta elektrodeihin tuli esimerkiksi vatsamakuulla tehtävissä liikkeissä. Lisäksi m. iliopsoasta mittaava elektrodi joutui useassa liikkeessä puristukseen lonkan koukistuksen aikana. Tämän vuoksi haastavat elektrodien kiinnityskohdat teipattiin tiivisti urheiluteipillä ja mitattavia ohjeistettiin varomaan ylimääräistä hankausta tai tilanteita, joissa elektrodien kiinnitykset saattaisivat heikentyä tai irrota. Mittausten aikana irronneet tai heikosti kiinni olevat elektrodit vaihdettiin uusiin ja harjoitussarjat toistettiin, jos tästä oli aiheutunut epävarmuustekijöitä EMG-mittauksiin.

Vaikka elektrodeja ja EMG-dataa tarkkailtiin mittausten aikana, tulee yllä mainitut seikat ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa. Tämä voi myös osaltaan selittää mittaustulosten suuren keskihajonnan.

Tutkittavien joukko oli homogeeninen iän, fyysisen aktiivisuuden ja koulutuksen suhteen. Tutkittavien iän keskiarvo oli 28 vuotta, sisäänottokriteerien salliessa tutkittavat 60-ikävuoteen asti. Näin ollen tutkimuksen tulosten yleistettävyyttä normaaliin miesväestöön voidaan kyseenalaistaa. Kaikki tutkittavat olivat fyysisesti aktiivisia ja esimerkiksi tutkimuksen harjoitteista maastavedon on todettu hyödyttävän selkäkkipuisia vain, jos selän ja lonkan ekstensorilihasten voimataso sekä kestävyys ovat riittävällä tasolla (Berghlund ym. 2015). Lisäksi lähes kaikki tutkittavat olivat koulutukseltaan fysioterapeutteja, joille kuntosaliharjoittelu ja oikeat suoritustekniikat olivat ennestään tuttuja. Toisaalta tämä auttoi tutkittavia eri kuormitustasojen kuorman määrän arvioinnissa. Tutkimuksen tuloksissa ja analyyseissä käytettiin vain kolmannelta kuormitustasolta saatua aineistoa. Kuormituksen tuli vastata 10 toiston maksimia, jota ei kuitenkaan etukäteen mitattu vaan tutkittavat itse arvioivat kuorman määrän.

Osassa harjoitteista lihasaktiivisuuksien hajonta tutkittavien välillä oli suurta, joka tukee ajatusta, että harjoitusohjelmat tulisi aina luoda yksilöllisten tarpeiden mukaan (Ekström ym. 2008). Toisaalta esimerkiksi m. iliopsoas -lihaksen kohdalla suuren mittaustulosten hajonnan on voinut aiheuttaa yllä mainitut häiriöt mittaustilanteen aikana. Huolimatta mittaustulosten suuresta hajonnasta, tutkimuksessa saatiin yhteneviä tuloksia aikaisempien tutkimusten kanssa.

8.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksen analyyseissä käytettiin ainoastaan kolmannen kuormitustason (10 RM) mittaustuloksia. Koko tutkimuksessa kerätty aineisto kattaa myös muiden kuormitustasojen mittaukset, jolloin on mahdollista tutkia kuormitustasojen vaikutusta lihasaktiivisuuteen sekä lisääntyvän kuorman vaikutusta liikemalleihin - vaikuttaako kuorman nostaminen siihen, mitä lihaksia tietyssä harjoitteessa aktivoidaan. Lisäksi elektrodit voidaan asettaa kehon molemmille puolille, jotta saadaan tarkempaa tietoa lihasten aktivoitumisesta liikkeen aikana.

Tutkimuksen tulosten käyttö rajoittuu vain tutkittaviin lihaksiin ja harjoitteisiin. Samoja harjoitteita voidaan tutkia mittaamalla eri lihaksia tai tutkimuksissa voidaan tutkia samoja lihaksia erilaisten harjoitteiden aikana. Lisäksi tutkimusta voidaan suorittaa selkäkkipuisilla

tutkittavilla, jolloin tuloksia voidaan yleistää selkäkuntoutujiin paremmin. Alaselkäkivun on havaittu alentuneen proprioseptiikan vuoksi heikentävän liikkeiden kontrollia ja koordinaatiota, heikentävän asennon ylläpidon kontrollia sekä pienentävän liikkeiden suoritusnopeutta (Lamoth ym. 2005; Laird ym. 2014; van Dieen ym. 2019). Näin ollen voidaan olettaa, että lihaskohtaiset aktivaatiotasot ovat alaselkäkivun erillaisilla kivuttomiin ja fyysisesti aktiivisiin tutkittaviin verrattuna.

8.4 Johtopäätökset

Tehokkaimmat harjoitteet olivat lankku vartalon kierrolla (m. rectus abdominis, m. external oblique), ristitalja (m. internal oblique), jalan taaksevienti alataljassa (m. iliopsoas) sekä maastaveto (m. lumbar erector spinae, m. multifidus).

Kaikkien lihasten aktiivisuusprosenttien yhteenlaskettuja keskiarvoja tarkasteltaessa maastaveto oli harjoitteista tehokkain. Selän ojennussuuntaiset liikkeet aiheuttivat m. lumbar erector spinaen suurta lihasaktivaatiota muihin lihaksiin verrattuna, mikä nosti kaikkien lihasten aktiivisuusprosentin keskiarvoa maastavedon aikana. Tehokkaimmista harjoitteista lankku vartalon kierrolla oli ainoa harjoite, jossa ei käytetty lisäpainoa.

Tutkimus vertailee vain kymmenen harjoitetta ja niiden aikaisia kuuden lihaksen aktivaatiota. Näkökulma alaselän kuntoutukseen on siis hyvin suppea. Alaselkäkivun kuntoutuksessa ja harjoitteiden valinnassa tulee ottaa huomioon yksilöllisyys kivun tyypissä, kuntoutujan toimintakyvyssä sekä hänen tarpeissaan ja motivaatiossaan (Fersum ym. 2010). Lisäksi parhaimmat tulokset epäspesifin alaselkäkivun kuntoutuksessa saavutetaan, kun harjoittelu aloitetaan matalatehoisilla, eristävillä syvien lihasten harjoitteilla siirtyen asteittain kohti toiminnallisempaa kehonpaino- tai voimaharjoittelua (Norris ym. 2008; Macedo ym. 2010). Kuten tämän työn kirjallisuuskatsauksessa todettiin, ei ole pystytty osoittamaan tiettyjä harjoitteita, jotka olisivat muita harjoitteita tehokkaimpia alaselkäkivun hoidossa. Lihasaktiivisuus on vain yksi osa-alue ihmisen motorisista taidoista, joten tuloksia tulee arvioida ja hyödyntää harjoittelijan tai kuntoutujan yksilöllisestä näkökulmasta.

LÄHTEET

- Aasa, B., Berglund, L., Michaelson, P. & Aasa, U. 2015. Individualized low-load motor control exercises and education versus a high-load lifting exercise and education to improve activity, pain intensity, and physical performance in patients with low back pain: A randomized controlled trial. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 45 (2), 77-85.
- Airaksinen, O., Brox, J., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., Mannion, A., ym. 2006. Chapter 4 european guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *European Spine Journal* 15 (S2), s. 192-300.
- Alaselkäkipu. 2017. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Fysiatriryhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 10.2.202. www.kaypahoito.fi
- Andersson, G., B. 1999 Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet*. 354:581–585.
- Arab ym. 2011. Altered muscular activation during prone hip extension in women with and without low back pain. *Chiropractic & Manual Therapies* 19:18.
- Archer P. & Nelson L. 2013. *Applied Anatomy & Physiology for Manual Therapists*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins
- Arokoski, J., Kankaanpää, M., Valta, T., Juvonen, I., Partanen, J., Taimela, S., Lindgren, K. & Airaksinen O. 1999. Back and Hip Extensor Muscle Function During Therapeutic Exercises. *Arc Phys Med Rehabil* vol 80.
- Beneck, G & Kulig, K. 2012. Multifidus atrophy is localized and bilateral in active persons with chronic unilateral low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 93 (2), 300-306.
- Bener, A., Alwash, R., Gaber, T. & Lovasz, G. 2003. Obesity and low back pain. *Collegium antropologicum* 27 (1), 95-104.
- Berglund, L., Aasa, B., Hellqvist, J., Michaelson, P. & Aasa, U. 2015. Which patients with low back pain benefit from deadlift training? *Journal of Strength and Conditioning Association*, 29(7), 1803-1811.

- Bigos, S. J. 1995. Acute low back problems in adults: assessment and treatment. *Acute Low Back Problems Guideline Panel. Agency for Health Care Policy and Research. American Family Physician* 51 (2), 469.
- Carpenter, M., David 1999. Low back strengthening for the prevention and treatment of low back pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (1), 18-24.
- Calvo-Muñoz, I. 2018. Risk Factors for Low Back Pain in Childhood and Adolescence: A Systematic Review. *The Clinical journal of pain* 34 (5), 468.
- Choi, B. K. 2010. Exercises for prevention of recurrences of low-back pain. *The Cochrane database of systematic reviews*.
- Chou, R. Huffman L. H. 2007. American Pain Society. Nonpharmacologic therapies for acute and chronic low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society/American College of Physicians clinical practice guideline. *Ann Intern Med* 2007; 147:492-504
- Clancy, E., Bouchard, S. & Rancourt, D. 2001. Estimation and Application of EMG Amplitude during dynamic contractions. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*. November/December 2001.
- Cholewicki, J. & VanVliet IV, J. J. 2002. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clinical biomechanics (Bristol)* 17 (2), 99-105.
- Colado, J. C., Pablos, C., Chulvi-Medrano, I., Garcia-Masso, X., Flandez, J., & Behm, D. G., 2011. The progression of paraspinal muscle recruitment intensity in localized and global strength training exercises is not based on instability alone. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 92 (11), 1875-1883.
- Comfort, P., Pearson, S. J. & Mather, D. 2011. An electromyographical comparison of trunk muscle activity during isometric trunk and dynamic strengthening exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (1), 149-154.
- Crow, J., Pizzari, T. & Buttifant, D. 2011. Muscle onset can be improved by therapeutic exercise: A systematic review. *Physical Therapy in Sport* 12 (4), 199-209.
- Dankaerts, W., O'Sullivan, P. B., Burnett, A. F., Straker, L. M. & Danneels, L. A. 2004. Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14 (3), 333-342.

- Danneels, L. A., Vanderstraeten, G. G., Cambier, D. C., Witvrouw, E. E., De Cuyper, H. J. & Danneels, L. 2000. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal* 9 (4), 266-272.
- Danneels, L., Coorevits, P., Cools, A., Vanderstraeten, G., Cambier, D., Witvrouw, E. & De Cuyper, H. 2002. Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *European Spine Journal* 11 (1), 13-19.
- De Litto, A., George, S., Van Dillen, L., Whitman, J. & Sowa, G. 2012. Low Back Pain. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy* 42 (4), A1-A57.
- De Luca, C. J., Kuznetsov, M., Gilmore, L. D. & Roy, S. H. 2011. Inter-electrode spacing of surface EMG sensors: Reduction of crosstalk contamination during voluntary contractions. *Journal of Biomechanics* 45 (3), 555-561.
- De Ridder, E., Danneels, L., Vleeming, A., Vanderstraeten, G., Van Ranst, M. & Van Oosterwijck, J. 2015. Trunk extension exercises: How is trunk extensor muscle recruitment related to the exercise dosage? *Journal of Electromyography and Kinesiology* 25 (4), 681-688.
- Dionne, C., Von Korff, M., Koepsell, T., Deyo, R. A. & Barlow, W. 2001. Formal education and back pain: a review. *Journal of epidemiology and community health* (1979) 55 (7), 455-468.
- Dionne, C. E., Dunn, K. M. & Croft, P. R. 2006. Does back pain prevalence really decrease with increasing age? A systematic review. *Age and ageing* 35 (3), 229-234.
- Dr. Wolff Sports & Prevention. 2014. Workout Diagnostic – Analysis of motoric abilities as a basis of workouts. Viitattu 23.3.2021. https://www.dr-wolff.de/pdf/TD_Workout_Diagnostic_EN_2014.pdf
- Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A. & Carp, K. C. 2007. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 37 (12), 754-762.
- Ekstrom, R. A., Osborn, R. W. & Hauer, P. L. 2008. Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 38 (12), 736-745.
- Farina, D., Merletti, R. & Stegeman, D. 2004. Biophysics of the generation of EMG signals.

- Merletti, R & Parker, P. 2004. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- Felici, F. 2004. *Applications in Exercise Physiology*. Merletti, R & Parker, P. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- Fersum, K. V., W. Dankaerts, P. B. O’ullivan, J. Maes, J. S. Skouen, J. M. Bjordal & A. Kvale. 2010. Integration of subclassification strategies in randomised controlled clinical trials evaluating manual therapy treatment and exercise therapy for non-specific chronic low back pain: A systematic review *BMJ* 44.
- Freeman, M. D., Woodham, M. A. & Woodham, A. W. 2010. The Role of the Lumbar Multifidus in Chronic Low Back Pain: A Review. *P.M & R* 2 (2), 142-146.
- Gilroy, A., MacPherson, B. & Ross, L. 2013. *Atlas of Anatomy: Latin nomenclature*. 2. uudistettu painos. New York: Thieme.
- Guo, L., Wang, Y., Huang, Y., Yang, C., Hou, Y., ym. 2012. Comparison of the electromyographic activation level and unilateral selectivity of erector spinae during different selected movements. *International Journal of Rehabilitation Research* 35 (4), 345-351.
- Haff, G. 2010. Quantifying workloads in resistance training: A brief review. *UK Strength and Conditioning Association*. Issue 19, Syksy 2010.
- Hakulinen, K. 2004. *Avofysioterapiapalvelujen käyttö Suomessa. Terveys 2000 – tutkimus*. Helsinki: Hakapaino Oy
- Hamlyn, N., Behm, D. & Young, W. 2007. Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (4), 1108-1112.
- Hanada, E. Y. 2003. Efficacy of rehabilitative therapy in regional musculoskeletal conditions. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 17 (1), 151-166.
- Hartvigsen, J. 2018. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet* (London, England) 391 (10137), 2356.
- Hayden, J., van Tulder, M., Malmivaara, A. & Koes, B. 2005. Meta-Analysis: Exercise Therapy for Nonspecific Low Back Pain. *Annals of Internal Medicine* 142 (9), 765-775.

- Hedayatpour, N., Falla, D., Arendt-Nielsen, L. & Farina, D. 2008. Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (2), 326-334.
- Hemming, R., Sheeran, L., van Deursen, R. & Sparkes, V. 2019. Investigating differences in trunk muscle activity in non-specific chronic low back pain subgroups and no-low back pain controls during functional tasks: A case-control study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 20 (1), 459.
- Hynynen, P., Häkkinen, H., Hännikäinen, H., Kangasperko, M., Karihtala, T., Keskinen, M., Leskelä, J., Liikka, S., Lähteenmäki, M-L., Markkola, K., Mämmelä, E., Partia, R., Piirainen, A., Sjögren, T. & Suhonen, L. 2017. *Fysioterapeutin ydinosaaminen. Suomen fysioterapeutit.*
- Herbert, R. D. 2001. Effective physiotherapy. *British medical journal* 323 (7316), 788.
- Hofste, A., Soer, R., Salomons, E. L., Peuscher, J., Wolff, A., Hoeven, van der, Han MD, Oosterveld, F. G. J., Groen, G. & Hermens, H. J. 2020. Intramuscular EMG versus surface EMG of lumbar multifidus and erector spinae in healthy participants. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* 45 (20), E1319-E1325.
- Holm, I., Friis, A., Storheim, K. & Brox, J. I. 2003. Measuring self-reported functional status and pain in patients with chronic low back pain by postal questionnaires: A reliability study. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* 28 (8), 828-833.
- Hoy, D., Brooks, P., Blyth, F. & Buchbinder, R. 2010. The Epidemiology of low back pain. *Best Practice & Research: Clinical Rheumatology* 24 (6), 769-781.
- Housh, T. J., Alvar, B. A., Ratamess, N. A., Evetoch, T. K., Triplett, N. T., ym. 2009. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine and science in sports and exercise* 41 (3), 687-708.
- Häkkinen, A., Sjögren, T. & Heinonen, A. 2016. *Terapeuttinen harjoittelu fysioterapiassa. Teoksessa I. Autti-Rämö, A-L. Salminen, M. Rajavaara & A. Ylinen (toim.) Kuntoutumien. Tallinna: Printon Trükikoda, 275-280*
- James, S. L. G., Abate, D., Abate, K. H., Abay, S. M., Abbafati, C., 2018. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 392 (10159), 1789-1858.

- Jørgensen, M., Andersen, L., Kirk, N., Pedersen, M., Søgaard, K., 2010. Muscle Activity during Functional Coordination Training: Implications for Strength Gain and Rehabilitation. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (7), 1732-1739.
- Karhunen, V., Rasi, I., Lepola, E., Muhli, A. & Kanninen, A. 2011. IBM SPSS Statistics Perusteet. Oulun Yliopisto: Uniprint, Oulu.
- Karjalainen, K., Malmivaara, A., Van Tulder, M., Roine, R., Jauhiainen, M., Hurri, H. & Koes, B. 2003. Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for subacute low back pain among working age adults. *The Cochrane database of systematic reviews*.
- Karlsson, J., Roeleveld, K., Grönlund, C., Holtermann, A. & Östlund, N.. 2009. Signal processing of the surface electromyogram to gain insight into neuromuscular physiology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical, and Engineering Sciences* 367 (1887), 337-356.
- Kasari, D. 1976. Effects on exercise and fitness on serum lipids in college women. Unpublished Master's Thesis. University of Montana.
- Kavcic, M. 2004. Determining the Stabilizing Role of Individual Torso Muscles During Rehabilitation Exercises. *Spine* 29 (11), 1254-1265.
- Kent, P. M. & Keating, J. L. 2005. The epidemiology of low back pain in primary care. *Chiropractic & osteopathy* 13 (1), 13.
- Ketokivi, M. 2015. Tilastollinen päättely ja tieteellinen argumentointi. 2. laaj. laitos. Helsinki: Gaudeamus.
- Kilpikoski, S. 2010. The McKenzie method in assessing, classifying, and treating non-specific low back pain in adults with special reference to the centralization phenomenon. Väitöskirja. Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta: Jyväskylä.
- Kipu. 2017. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Yleislääketieteen yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 23.3.2021. www.kaypahoito.fi
- Kjaer, P., Bendix, T., Sorensen, J. S., Korsholm, L. & Leboeuf-Yde, C. 2007. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Medicine* 5 (1), 2.

- Kong, Y. S., Cho, Y. H. & Park, J. W. 2013. Changes in the Activities of the Trunk Muscles in Different Kinds of Bridging Exercises. *Journal of Physical Therapy Science* 25 (12), 1609-1612.
- Konrad, P. 2005. *The ABC of EMG - A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. Arizona, USA: Noraxon Inc.
- Koumantakis, G. A. 2005. Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Physical Therapy* 85 (3), 209.
- Kuiken, T. A., Lowery, M. M. & Stoykov, N. S. 2003. The effect of subcutaneous fat on myoelectric signal amplitude and cross-talk. *Prosthetics and Orthotics International* 27 (1), 48-54.
- Kuukkanen, T., Mälkiä E. 1996. Muscular performance after a 3 month progressive physical exercise program and 9 month follow-up in subjects with low back pain. A controlled study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 6 (2), 112-121.
- Laird, R., Gilbert, J., Kent, P. & Keating, J. 2014. Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: A systematic review and meta-analysis.
- Lam, O., Strenger, D., Chan-Fee, M., Pham, P. & Preuss, R. 2018. Effectiveness of the McKenzie Method of Mechanical Diagnosis and Therapy for Treating Low Back Pain: Literature Review with Meta-analysis. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy* 48 (6), 476-490.
- Lamoth, C. J. C., Daffertshofer, A., Meijer, O. G., Lorimer Moseley, G., Wuisman, P. I. J. M. & Beek, P. J. 2005. Effects of experimentally induced pain and fear of pain on trunk coordination and back muscle activity during walking. *Clinical Biomechanics* 19 (6), 551-563.
- Landow, L. & Haff, G. G. 2012. Use of Stability Balls in Strength and Conditioning. *Strength and conditioning journal* 34 (1), 48-49.
- Lindström, I. 1992. Mobility, strength, and fitness after a graded activity program for patients with subacute low back pain. A randomized prospective clinical study with a behavioral therapy approach. *Spine* 17 (6), 641.
- Ma, L., Wang, Y., Yang, Z., Huang, D., Weng, H., ym. 2020. Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary medical studies: what are they and which is better? Springer Science and Business Media LLC.

- Macedo, L., Smeets, R., Maher, C., Latimer, J., McAuley, J. 2010. Graded Activity and Graded Exposure for Persistent Nonspecific Low Back Pain: A Systematic Review. *Physical therapy* 90 (6), 860-879.
- Malmivaara, A., Kotilainen, E., Laasonen, E., Poussa, M., Rasmussen, M. 1999. *Clinical Practice Guidelines: diseases of the low back*. The Finnish Medical Association Duodecim.
- Martuscello, J., Nuzzo, J., Ashley, C., Campbell, B., Orriola, J., ym. 2013. Systematic Review of Core Muscle Activity during Physical Fitness Exercises. *Journal of strength and conditioning research* 27 (6), 1684-1698.
- Mehta, R., Cannella, M., Henry, S. M., Smith, S., Giszter, S. & Silfies, S. P. 2017. Trunk postural muscle timing is not compromised in low back pain patients clinically diagnosed with movement coordination impairments. *Motor Control* 21 (2), 133-157.
- Merletti, R., D. Farina & M. Gazzoni. 2003. *The linear electrode array: A useful tool with many applications* Elsevier BV 13.
- Merletti, R. & Hermens, H. 2004. *Detection and conditioning of the surface EMG signal*. Merletti, R & Parker, P. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- Middelkoop, M., Rubinstein, S., Kuijpers, T., Verhagen, A., Ostelo, R., 2011. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *European spine journal* 20 (1), 19-39.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, the PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097.
- Moritani, T., Stegeman, D. & Merletti, R. 2004. *Basic Physiology and Biophysics of EMG Signal Generation*. Merletti, R & Parker, P. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- Narayanaswami, P., Geisbush, T., Jones, L., Weiss, M., Mozaffar, T., Gronseth, G. & Rutkove, S. 2016. Critically re-evaluating a common technique: Accuracy, reliability, and confirmation bias of EMG. *Neurology* 86 (3), 218-223.
- Ng, J. K. & Richardson, C. A. 1996. Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 77 (3), 259-264.

- Ng, J. K., Richardson, C. A., Parnianpour, M. & Kippers, V. 2002. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: A comparison between back pain patients and matched controls. *Journal of Orthopaedic Research* 20 (1), 112-121.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S. 2006. Ihmisen fysiologia ja anatomia.15.-16-painos. Helsinki: WSOY.
- Norris, C. M. 2001. Functional load abdominal training: part 1. *Physical Therapy in Sport* 2 (1), 29-39.
- Norris, C. & Matthews, M. 2008. The role of an integrated back stability program in patients with chronic low back pain. *Complementary Therapies in Clinical Practice* 14 (4), 255-263.
- Nowotny, A. H., Calderon, M. G., de Souza, P. A., Aguiar, A. F., Léonard, G., ym. 2018. Lumbar stabilisation exercises versus back endurance-resistance exercise training in athletes with chronic low back pain: protocol of a randomised controlled trial. *British medical journal. J Open Sport & Exercise Medicine* 4 (1), e000452.
- Nuzzo, J., McCaulley, G., Cormie, P., Cavill, M. & McBride, J. 2008. Trunk Muscle Activity During Stability Ball and Free Weight Exercises. *Journal of strength and conditioning research* 22 (1), 95-102.
- Okubo, Y., Kaneoka, K., Imai, A., Shiina, I., Tatsumura, M., Izumi, S. & Miyakawa, S. 2010. Comparison of the activities of the deep trunk muscles measured using intramuscular and surface electromyography. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 10 (4), 611-620.
- Oliver, G., Stone, A. & Plummer, H. 2010. Electromyographic Examination of Selected Muscle Activation during Isometric Core Exercises. *Clinical Journal of Sport Medicine* 20 (6), 452-457.
- Osuka, S., Koshino, Y., Yamanaka, M., Miura, T., Saito, Y., Ueno, R., Ishida, T., Samukawa, M. & Tohyama, H. 2019. The onset of deep abdominal muscles activity during tasks with different trunk rotational torques in subjects with non-specific chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic Science* 24 (5), 770-775.
- Pereira, I. L. R., Queiroz, B., Loss, J., Amorim, C. & Sacco, I. C. N. 2017. Trunk muscle EMG during intermediate pilates mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics* 40 (5), 350-357.

- Petersen, T. 2002. The effect of McKenzie therapy as compared with that of intensive strengthening training for the treatment of patients with subacute or chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Spine* 27 (16), 1702.
- Picavet, H. S., Schouten J. S. 2003. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC (3)-study. *Pain*. 102:167–178.
- Picavet, H. S, Schouten, J. S., Smit, H.A. 1999. Prevalence and consequences of low back problems in The Netherlands, working vs non-working population, the MORGEN-Study. Monitoring Project on Risk Factors for Chronic Disease. *Public Health*. 113:73–77.
- Ptaszkowski, K., Wlodarczyk, P. & Paprocka-Borowicz, M. 2019. The relationship between the electromyographic activity of rectus and oblique abdominal muscles and bioimpedance body composition analysis - A pilot observational study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy* 12, 2033-2040.
- Qaseem, A., Wilt, T. J., McLean, R. M. & Forciea, M. A. 2017. Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians. *Annals of internal medicine* 166 (7), 514-530.
- Rainoldi, A., Casale, R., Hodges, P. & Jull, G. 2004. Applications in Rehabilitation Medicine and Related Fields. Merletti, R & Parker, P. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N. & Ball, S. D. 2003. A Meta-analysis to determine the Dose Response for Strength Development. *Medicine and science in sports and exercise* 35 (3), 456-464.
- Richardson, C. A., Jull, G. A., Hodges, P., Hides, J. 2001. Muscle function assessment apparatus and method. The University of Queensland, St. Lucia
- Ringheim, I., Indahl, A. & Roeleveld, K. 2019. Reduced muscle activity variability in lumbar extensor muscles during sustained sitting in individuals with chronic low back pain. *PloS One* 14 (3), e0213778.
- Roy, S., De Luca, M., Cheng, A., Johansson, L., Gilmore & De Luca, C. 2007. *Electromechanical stability of surface EMG sensors* Springer Science and Business Media LLC 45.
- Saeterbakken, A. H., Chaudhari, A., van den Tillaar, R. & Andersen, V. 2019. The effects of performing integrated compared to isolated core exercises. *PloS One* 14 (2), e0212216.

- Savage, R., Whitehouse, G. & Roberts, N. 1997. The relationship between the magnetic resonance imaging appearance of the lumbar spine and low back pain, age and occupation in males. *European spine journal* 6 (2), 106-114.
- Savolainen, T. & Partia, R. 2018. *Fysioterapianimikkeistö (toim.) Nimikkeistöt ja luokitukset.*
- Sand, O., Sjaastad, O., Haug, E. & Bjålie, J. 2013. *Ihminen – fysiologia ja anatomia.* 8-10. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- SENIAM - Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles. 2020. Saatavilla: <http://www.seniam.org>
- Shian, B. & Larson, S. 2018. Abdominal Wall Pain: Clinical Evaluation, Differential Diagnosis, and Treatment. *American Family Physician* 98 (7), 429-436.
- Shigaki, L., Araújo, C. G. A., Calderon, M. G., Costa, T. K. C., Aguiar, A. F., 2018. Effects of Volume Training on Strength and Endurance of Back Muscles: A Randomized Controlled Trial. *Journal of sport rehabilitation* 27 (4), 340-347.
- Smith, B. E., Littlewood, C. & May, S. 2014. An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis. *BMC musculoskeletal disorders* 15 (1), 416.
- Smoliga, J. M., Myers, J. B., Redfern, M. S. & Lephart, S. M. 2009. Reliability and precision of EMG in leg, torso, and arm muscles during running. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 20 (1), e1-e9.
- Stanton, T. R., Henschke, N., Maher, C. G., Refshauge, K. M., Latimer, J., 2008. After an episode of acute low back pain, recurrence is unpredictable and not as common as previously thought. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* 33 (26), 2923-2928.
- Steenstra, I. A., Verbeek, J. H. & Heymans, M. W. 2005. Prognostic factors for duration of sick leave in patients sick listed with acute low back pain: a systematic review of the literature. *BMJ*.
- Stevens, V. K., Parlevliet, T. G., Coorevits, P. L., Mahieu, N. N., Bouche, K. G., 2006. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 18 (3), 434-445.
- Stokes, I. A. F., Henry, S. M. & Single, R. M. 2003. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clinical Biomechanics* 18 (1), 9-13.

- Swieboda, P., Filip, R., Prystupa, A. & Drozd, M. 2013. Assessment of pain: types, mechanism and treatment. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine Spec no. 1*, 2-7.
- Tarnanen, S., Neva, M., Häkkinen, K., Kankaanpää, M., Ylinen, J., 2014. Neutral Spine Control Exercises in Rehabilitation after Lumbar Spine Fusion. *Journal of strength and conditioning research* 28 (7), 2018-2025.
- TENK (Tutkimuseettinen neuvottelukunta). 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausten käsitteleminen. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta.
- THL. 2012. Terveys 2011 -tutkimus. Koskinen, S. (toim.) Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa. Raportti 68/2012.
- THL 2017. FinTerveys. 2017. -tutkimus. Koskinen, S. (toim.) Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa.
- Traeger, A. C., Buchbinder, R., Elshaug, A. G., Croft, P. R. & Maher, C. G. 2019. Care for low back pain: can health systems deliver? *Bulletin of the World Health Organization* 97 (6), 423-433.
- Trontelj, J., Jabre, J. & Mihelin, M. 2004. Needle and wire detection techniques. Merletti, R & Parker, P. *Electromyography – Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- Van Dieën, J. H., Peter Reeves, N., Kawchuk, G., Van Dillen, L. R. & Hodges, P. W. 2019. Motor control changes in low back pain: Divergence in presentations and mechanisms. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 49 (6), 370-379.
- van Tulder, M., Becker, A., Bekkering, T., Breen, A., Gil del Real, M., Hutchinson, A., Koes, B., Laerum, E. & Malmivaara, A. 2006. Chapter 3 european guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *European Spine Journal* 15 (S2), s169-s191.
- Waddell G, Feder G, McIntosh A, Lewis M, Hutchinson A. 1996. Low back pain evidence review. Royal College of General Practitioners, London.
- Ward, S., Kim, C., Eng, C., Gottschalk, L., Tomiya, A., Garfin, S. & Lieber, R. 2009. Architectural Analysis and Intraoperative Measurements Demonstrate the Unique Design of the Multifidus Muscle for Lumbar Spine Stability. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2009; 91, 176-85.

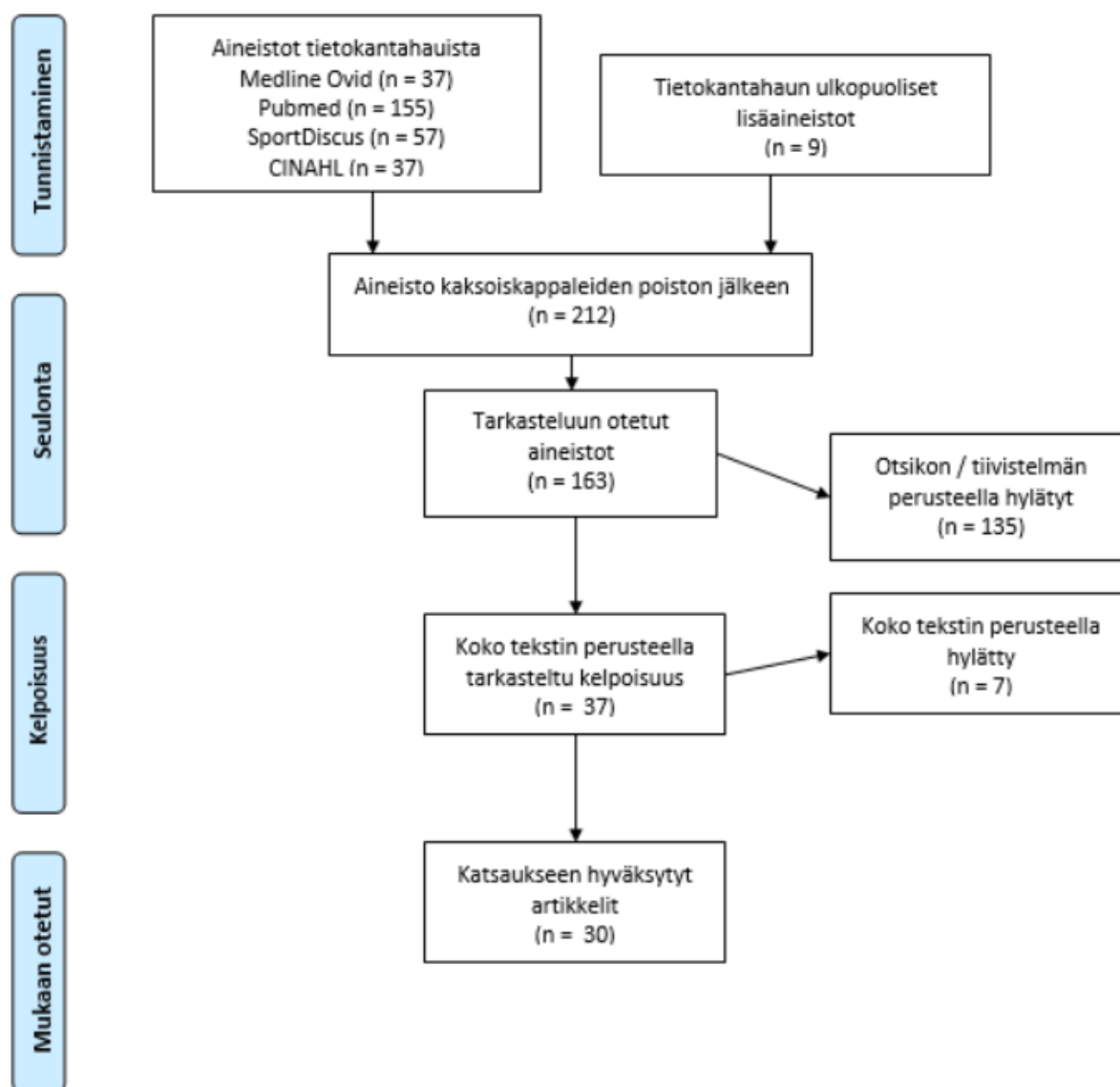
- Wasiak, R., Pransky, G., Verma, S. & Webster, B. 2003. Recurrence of low back pain: definition-sensitivity analysis using administrative data. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* 28 (19), 2283-2291.
- Yang, K. & Park, D. 2014. Reliability of ultrasound in combination with surface electromyogram for evaluating the activity of abdominal muscles in individuals with and without low back pain. *Journal of Exercise Rehabilitation* 10 (4), 230-235.
- Youdas, J., Guck, B., Hebrink, R., Rugotzke, J., Madson, T., Hollman. 2008. *John H Journal of strength and conditioning research*; 22, 6; SciTech Premium Collection pg. 1939.

LIITTEET

Liite 1. PICO-hakulauseke.

PICOS	HAKUSANAT	Hakuosumat: MEDLINE (Ovid) / Pubmed / SportDiscus / CINAHL
P: kuntoutujaan liittyvät hakusanat	hip muscle* OR core muscle* OR multifidus OR low-back OR abdominal* OR trunk muscles	337 058 / 382 035 / 17 720 / 92 828
I: interventioon liittyvät hakusanat	strength training OR resistance training OR weight training OR core training	17 679 / 91 596 / 32 009 / 14 643
C: kontekstiin liittyvät hakusanat	rehabilitat* OR therapeutic*	2 961 348 / 3 158 799 / 145 403 / 825 262
O: elektromyografiaan liittyvät hakusanat	electromyograp* OR surface electromyography OR EMG OR sEMG	85 370 / 86 816 / 15 140 / 21 650
Koko hakupuu yhdistettynä	1 and 2 and 3 and 4, rajattu englannin kieleen	37 / 155 / 57 / 37

Liite 2. PRISMA Flow diagram.



Liite 3. Laadunarviointi Newcastle-Ottawa Scale (NOS) –työkalulla.

Study	Selection		Non-respondents	Comparability		Outcome		Final score (0-10)
	Representativeness of the sample	Sample size		Ascertainment of the exposure	The subjects in different outcome groups are comparable	Assessment of the outcome	Statistical test	
Saeterbakken ym. 2019		*	*	**		**	*	7
Nowotny ym. 2018	*	*	*	**	*	**	*	9
Shigaki ym. 2018	*	*	*	**	*	**	*	9
Pereira ym. 2017	*	*	*	**	*	**		8
De Ridder ym. 2015	*	*	*	**		**		7
Tarnanen ym. 2014	*	*	*	**	**	**	*	10
Kong ym. 2013	*	*	*	**	*	**		8
Guo ym. 2012	*	*	*	**		**	*	8
Arab ym. 2011	*	*	*	**	*	**		8
Colado ym. 2011		*	*	**		**	*	7
Comfort ym. 2011			*	**		**	*	6
Crow ym. 2011	*	*	*	**	*	**	*	9

Marshall ym. 2011	*		*	**	*	**		7
Jørgensen ym. 2010	*			**		**	*	6
Oliver ym. 2010	*	*	*	**	*	**	*	9
Ekström ym. 2008	*	*	*	**	*	**		8
Norris & Matthews 2008	*	*	*	*	*	**	*	8
Nuzzo ym. 2008	*		*	**		**		7
Stevens ym. 2008	*	*	*	**	*	**	*	9
Youdas ym. 2008								
Ekström ym. 2007	*	*	*	**		**	*	8
Hamlyn ym. 2007	*	*	*	**	*	**		8
Koumantakis ym. 2005	*	*	*	*	*	**	*	8
Arokoski ym. 1999			*	**		**	*	6

Erittäin hyvä: 9-10 pistettä Hyvä: 7-8 pistettä Tyydyttävä: 5-6 pistettä Heikko: 0-4 pistettä

Tämä laadunarvioinnin asteikko on sovellettu poikkileikkaustutkimuksiin sopivaksi Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale pohjalta.

Liite 4. Kyselylomake



Lomakkeen täyttöpvm: _____

HENKILÖTIEDOT

Syntymäaika _____

Sukunimi _____ Etunimi _____

Puhelin, josta tavoittaa päivisin _____

TERVEYDENTILA

Pituus _____ cm Paino _____ kg

Sairaudet, leikkaukset ja vammat _____

Lääkitys (nimi ja annos) _____

Merkittävä poikkiviiva (I) viivalle kohtaan, joka parhaiten vastaa kokemaan selkäkipua viimeisen viikon aikana?

Ei lainkaan Pahin mahdollinen

Onko teillä ollut akuuttia selkäkipua viimeisen 3kk aikana? ei kyllä

Onko teillä ollut viimeisen 12kk aikana välilevyperäisiä selkäkipuja, nikamasiirtymiä tai rangan murtumia? ei kyllä

Tupakointi ei kyllä, keskimäärin _____ savuketta/päivä

Alkoholin käyttö ei kyllä, keskimäärin _____ pñä/viikko, _____ annosta /käyttökerta
(Yksi alkoholiannos vastaa yhtä ns. ravintola-annosta = pullo keskiolutta, 12 cl mietoa viiniä tai 4cl väkeviä).

TOIMEENTULO

- | | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> työssä | <input type="checkbox"/> vuorotteluvapaa | <input type="checkbox"/> osaeläke |
| <input type="checkbox"/> sairauspäiväraha | <input type="checkbox"/> opiskelija | <input type="checkbox"/> eläke |
| <input type="checkbox"/> kuntoutusraha | <input type="checkbox"/> työtön | |

FYYSINEN AKTIIVISUUS

1. Kuinka usein harrastat liikuntaa? Huomioikaa myös työmatkat	Ympyröikää oikeat luvut
Vähintään 6 kertaa viikossa	5
3-5 kertaa viikossa	4
1-2 kertaa viikossa	3
Muutaman kerran kuukaudessa	2
Kerran kuukaudessa tai vähemmän	1

2. Kuinka rasittavaa harrastamanne liikunta tavallisesti on?	
Erittäin rasittavaa, kovatehoista liikuntaa. Hengästyminen ja hikoilu on runsasta, esim. kilpaurheilu	5
Selvästi rasittavaa liikuntaa, joka aiheuttaa hengästymistä ja hikoilua	4
Kohtalaisen rasittavaa liikuntaa esim. reipas kävely	3
Kevyttä liikuntaa	2
Hyvin kevyttä liikuntaa	1

3. Kuinka kauan liikuntasuorituksenne tavallisesti kestää?	
Pidempään kuin 30 minuuttia	4
20-30 minuuttia	3
10-19 minuuttia	2
Alle 10 minuuttia	1

Liite 5. Suostumuslomake.



Keski-Suomen sairaanhoitopiiri

Suostumus tutkimukseen

Minua on pyydetty osallistumaan **EMG-tutkimukseen**

Olen saanut, lukenut ja ymmärtänyt tutkimuksesta kertovan tiedotteen. Tiedotteesta olen saanut riittävän selvityksen tutkimuksesta ja sen yhteydessä suoritettavasta tietojen keräämisestä, käsittelystä ja luovuttamisesta. Minulla on ollut riittävästi aikaa harkita osallistumistani tutkimukseen.

Annan luvan itseäni koskevien, tutkimuksen kannalta tarpeellisten tietojen keräämiseen Keski-Suomen keskussairaalan hallinnoimaan tutkimusrekisteriin.

Kaikki minusta tutkimuksen aikana kerättävät tiedot käsitellään luottamuksellisina. Tutkimuksessa kerätyt tiedot koodataan siten, ettei henkilöllisyyden selvittäminen ole mahdollista.

Ymmärrän, että osallistumiseni tähän tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Olen tietoinen, että voin milloin tahansa sekä keskeyttää tutkimuksen, että peruuttaa suostumukseni. Jos peruutan suostumukseni, minulla on oikeus pyytää, että siihen mennessä kerättyjä tietoja ei käytetä enää tutkimuksessa. Mikäli suostumuksen peruuttamisen sijaan keskeytän tutkimuksen, minusta keskeyttämiseen asti kerättyjä tietoja ja näytteitä käytetään osana tutkimusaineistoa. Suostumuksen peruuttaminen tai tutkimuksen keskeyttäminen ei vaikuta hoitooni nyt tai tulevaisuudessa.

Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni tähän tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkimushenkilöksi.

Allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Syntymäaika

Suostumus vastaanotettu

Tutkijan allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Liite 6. Tiedote tutkittavalle



Tiedote tutkittavalle

EMG-tutkimus

Pyyntö osallistua tutkimukseen:

Pyydämme teitä osallistumaan keskivartalon lihasten aktiivisuutta kartoittavaan Pro Gradu -tutkimukseen. Tämä tiedote kuvaa tutkimusta ja Teidän osuuttanne siinä. Pehdyttyänne tähän tiedotteeseen, voitte esittää lisäkysymyksiä tutkimuksen tekijöille Riku Hiirikoski (riku.t.hiirikoski@student.jyu.fi) & Jenni Sillantaka (jenni.w.sillantaka@student.jyu.fi). Haemme tutkimukseen mukaan terveitä vapaaehtoisia miehiä, joilla ei ole ollut aiempia selän sairauksia. Ennen tutkimukseen ottamista sopivuutenne tutkimukseen varmistetaan kyselylomaketiöjen perusteella.

Vapaaehtoisuus:

Ymmärrän, että osallistumiseni tähän tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Jos peruutan suostumukseni, minulla on oikeus pyytää, että siihen mennessä kerättyjä tietoja ei enää käytetä tutkimuksessa. Mikäli suostumuksen peruuttamisen sijaan keskeytän tutkimuksen, minusta keskeyttämiseen asti kerättyjä tietoja käytetään osana tutkimusaineistoa.

Tutkimuksen tarkoitus:

Pro Gradu työme tavoitteena on selvittää lannerankaa tukevien keskivartalolihasien tehokkaita harjoitusliikkeitä elektromyografiämittauksen (EMG) eli lihassähkökäyrän avulla. Keski-Suomen keskussairaala hyödyntää tutkimuksen tuloksia.

Tutkimuksen kulku:

Tutkimukseen sisältyy kaksi käyntikertaa Keskussairaalan sekä Jyväskylän yliopiston Liikunnan kuntosalilla. Ensimmäisellä kerralla Teitä kerätään taustatiedot ja mitataan vartalon lihasten maksimaaliset isometriset voima- ja aktiivisuustasot. Vartalon ojentaja-, koukistaja- ja kiertäjähästen voimaa mitataan staattista vastusta vastaan seisoma- ja istuma-asennossa voimadynamometrillä. Vartaloa eri suuntiin liikuttavien lihasten aktiivisuutta mitataan ihon pinnalta tehtävällä EMG-mittauksella. Elektrodit sijoitetaan vatsan, alavatsan, nivusen, kyljen sekä alaselän alueelle. Ihokarvat joudutaan mahdollisesti poistamaan elektrodien alueelta ennen niiden asettamista. Noin viikon kuluttua tehtävällä toisella käyntikerralla Teille tehdään EMG-mittaukset harjoitusliikkeiden aikana. Jokaista liikettä tehdään kymmenen toistoa kuormaa portaittain lisäten, kunnes saavutetaan kymmenen toiston maksimikuorma.

Tutkimusaineisto muodostuu esitietoja, terveydentilaa sekä selän oireita ja toimintakykyä kartoittavasta kyselylomakkeesta, sekä mittauksista saatavista kipua sekä lihasvoimaa ja –aktiivisuutta kuvaavista tiedoista.

Vuorokausi ennen mittauksia Teitä suositellaan välttämään kovaa fyysistä rasitusta, jos se on mahdollista. Lisäksi mittauskerroille suositellaan urheiluun sopivaa vaatetusta.

Tiedote tutkittavalle

Tutkimukseen liittyvät hyödyt ja riskit:

Tutkimus antaa tietoa, jota käytetään sekä terveiden että selkäkipupotilaiden harjoittelun ja hoidon kehittämiseen. Tutkimuksessa käytettävät voima- ja EMG-mittaukset ovat olleet jo vuosia kliinisessä käytössä ja niiden on todettu olevan turvallisia, eikä niillä ole todettu mahdollista lievää lihasarkuutta lukuun ottamatta haittavaikutuksia.

Esitietojanne käsitellään vain siinä vaiheessa, kun tutkimusryhmän jäsen arvioi soveltuvuuttanne tutkimukseen. Mikäli sovellutte tutkimukseen ja päätätte osallistua siihen, niin henkilötietojanne ei enää tämän jälkeen käytetä missään vaiheessa, vaan kaikki tutkimukseen liittyvät tiedot ja mittaustulokset käsitellään tutkimushenkilönumeroiden avulla ilman tunnistetietoja. Tutkijoilla on kuitenkin tarvittaessa mahdollisuus yhdistää tutkimushenkilönumerot tunnistetietoihin esimerkiksi myöhemmin tapahtuvaa puuttuvien tietojen täydentämistä varten. Tutkimuksesta ei aiheudu Teille kustannuksia, eikä osallistumisesta makseta palkkiota. Sairaalassa tutkimukseen osallistuvat vapaaehtoiset henkilöt rinnastetaan terveydenhuollon potilaiksi, jolloin he kuuluvat sairaanhoitopiirin potilasvakuutuksen piiriin. Potilasvakuutus korvaa potilasvahinkolain mukaisesti terveyden- ja sairaanhoidon yhteydessä aiheutuneita henkilövahinkoja laissa tarkemmin säädellyin edellytyksin. Potilasvakuutuskeskus huolehtii potilasvahinkojen korvauskäsittelystä.

Luottamuksellisuus, tietojen käsittely ja säilyttäminen

Kaikkia Teistä kerättäviä tietoja (tutkimukseen liittyvät kyselytiedot ja mittaustulokset) käsitellään koodattuna siten, ettei yksittäisiä tietojanne pystytä tunnistamaan tutkimukseen liittyvistä tutkimustuloksista, selvityksistä tai julkaisuista. Tutkimusrekisteriin talletetaan vain tutkimuksen tarkoituksen kannalta välttämättömiä tietoja. Teidän nimeänne tai henkilötunnustanne ei tallenneta tutkimusrekisteriin. Tutkimustuloksissa ja muissa asiakirjoissa teihin viitataan vain tunnistekoodilla. Tutkimuksen tekijät säilyttävät tutkimusrekisteriä ja tuloksia niin, etteivät ulkopuoliset pääse käsiksi tietoihin.

Tutkimustuloksista tiedottaminen

Tämän tutkimuksen toimeksiantajana toimii Keski-Suomen keskussairaala, ja siellä fysiatrian ylilääkäri Jari Ylinen. Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettinen toimikunta on arvioinut tutkimussuunnitelman ja antanut siitä puoltavan lausunnon.

Tuloksia käytetään sairaanhoitopiirin alueella löytämään selkäpotilaille turvallisia ja tehokkaita harjoitusliikkeitä kuntoutusta varten. Tutkimustuloksista julkaistaan Pro Gradu –tutkielma ja mahdollisia tieteellisiä julkaisuja. Raportoitme myös myöhemmin kaikille tutkimuksessa mukana olleille tutkimuksen päätulokset.



Keski-Suomen sairaanhoitopiiri

Tiedote tutkittavalle

Lisätiedot

Mikäli Teillä on kysyttävää, voitte olla yhteydessä tutkimuksen tekijöihin Riku Hiirikoski (riku.t.hiirikoski@student.jyu.fi) ja Jenni Sillantaka (jenni.w.sillantaka@student.jyu.fi). Mikäli päätätte osallistua tutkimukseen, pyydämme ensimmäisellä käyntikerralla Teitä allekirjoittamaan liitteenä olevan suostumuslomakkeen sekä täyttämään oheisen kyselyn.

Jenni Sillantaka & Riku Hiirikoski
Jyväskylän yliopisto: Fysioterapian maisteriohjelma