

**KESKIVARTALOLIHASTEN EMG-AKTIIVISUUS ERI
KESKIVARTALOHARJOITTEISSA – VERTAILUSSA LAITE-, KUNTOSALI-
JA KOTIHARJOITTEET**

Konola Ville-Markus, Manninen Eeva-Maria

Fysioterapian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2022

TIIVISTELMÄ

Konola, V-M. & Manninen, E-M. 2022. Keskivartalolihashsten EMG-aktiivisuus eri keskivartaloharjoitteissa – vertailussa laite-, kuntosali- ja kotiharjoitteet. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 50 s., 10 liitettä.

Kroonisen epäspesifin alaselkäkivun hoidossa terapeutin harjoittelun on todettu vähentävän kipua ja lisäävän toimintakykyä. Tärkeää olisi, että keskivartalolihashsten tehokkaasti aktivoivat harjoitteet olisivat toteutettavissa ihmisten arkielämässä, jolloin harjoittelu todennäköisemmin toteutuisi selkäkipujen lievittämisen ja ehkäisemisen kannalta riittävän säännöllisesti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä harjoitteet tuottavat suurimmat keskivartalon lihasaktivaatiot ja verrata laiteharjoitteiden, kuntosaliharjoitteiden sekä kotiharjoitteiden eroja niiden tuottamien lihasaktiivisuuksien osalta.

Tässä poikkileikkaustutkimuksessa koehenkilöiden keskivartalolihashsten aktiivisuutta mitattiin pintaelektromyografialla (EMG) valittujen harjoitusliikkeiden aikana. Tutkittavat olivat 25-57-vuotiaita terveitä miehiä (n = 12, ikä 33.4 ± 9.2 v, pituus 174.8 ± 5.6 cm, paino 78.8 ± 7.6 kg, painoindeksi 25.8 ± 2.1 kg/m²). Mittaukset toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisellä mittauskerralla selvitettiin tutkittavien keskivartalolihashsten maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto (MVIC) keskivartalon koukistuksessa, ojennuksessa ja kiertosuunnissa. Ensimmäisellä mittauskerralla harjoitettiin myös tutkimuksessa suoritettavat harjoitteet ja määritettiin mittauksissa käytettävät kuorma-, kesto- ja toistomäärät maksimisuorituksiin perustuen. Toisella mittauskerralla mitattavat harjoitteet suoritettiin aiemmin määritetyllä intensiteetillä. Tutkimukseen oli valittu laiteharjoitteista selän ojennus istuen laitteessa, vartalon kierto seisten laitteessa ja lonkan koukistuslaite, kuntosaliharjoitteista taljassa työntö-veto, Pallof-työntö ja BodyBow-harjoite sekä kotiharjoitteista kiertolankku, keppikierto ja neljän raajan nosto. Lihasaktiivisuutta mitattiin pinta-EMG:n avulla kehon oikealta puolen seuraavista keskivartalon lihaksista: m. rectus abdominis, m. external oblique, m. internal oblique, m. iliopsoas, m. lumbar erector spinae, m. multifidus ja m. thoracic erector spinae. Harjoitteiden välisiä eroja tarkasteltiin Friedmanin testillä. Parittaisia vertailuja erityisen mielenkiinnon kohteena olevien ja samankaltaisten harjoitteiden välillä tehtiin myös Wilcoxonin testillä.

Harjoitteiden ($p < 0.001$) ja harjoiteluokkien ($p < 0.01$) väliltä löytyi merkitseviä eroja keskimääräisten lihasaktiivisuustasojen kohdalla kaikkien lihasten osalta. Suurimpia keskimääräisiä pinta-EMG-aktiivisuustasoja tuottivat neljän raajan nosto m. thoracic erector spinaelle (62.8 % MVIC), neljän raajan nosto ja selän ojennuslaite m. lumbar erector spinaelle (43.9 % MVIC; 43.6 % MVIC) ja m. multifidukselle (47.7 % MVIC; 44.2 % MVIC), lonkankoukistuslaite oikealla alaraajalla m. iliopsoakselle (46.8 % MVIC) sekä vartalonkiertolaite oikealle m. internal oblique abdominikselle (46.0 % MVIC). Tämän tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että kliinisessä työssä on perusteltua käyttää harjoitteita kaikista tutkimuksen harjoiteluokista asiakkaan resurssit ja mieltymykset huomioiden.

Asiasanat: elektromyografia, keskivartaloharjoitteet, alaselkäkipu

ABSTRACT

Konola, V-M. & Manninen, E-M. 2022. EMG activity of trunk muscles in different core exercises – comparing device exercises, gym exercises and home exercises. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 50 pp., 10 appendices.

Exercise therapy has been found to decrease pain and improve function in the treatment of chronic nonspecific low back pain. It would be important that exercises effectively activating trunk muscles could be implemented in people's everyday lives so that exercising would more likely be regular enough to relieve and prevent low back pain. The aim of this study was to assess which exercises produce the greatest muscle activations of trunk muscles, and secondly to compare the differences of muscle activity levels between device exercises, gym exercises and home exercises.

This cross-sectional study assessed surface electromyography activity (EMG) from seven different trunk muscles during selected core exercises. The participants were healthy males aged 25-57 ($n = 12$, age 33.4 ± 9.2 y, height 174.8 ± 5.6 cm, weight 78.8 ± 7.6 kg, body mass index 25.8 ± 2.1 kg/m²). The measurements were conducted in two parts. During the first session, the maximum voluntary isometric contraction (MVIC) of the trunk muscles in the flexion, extension and rotation was determined. Also, the selected exercises were practiced and the amounts of load, duration, and repetition to be used in the measurements were determined based on maximum performance on each exercise. During the second session, the selected exercises were performed at the previously determined intensity. The device exercises selected to this study were back extension device, trunk rotation device and hip flexion device, gym exercises were push-pull on the pulley, Pallof press and BodyBow exercise, and home exercises were plank with rotation, trunk rotation with a broom stick and Superman exercise. Muscle activity was measured by surface EMG from the following trunk muscles on the right side of the body: m. rectus abdominis, m. external oblique abdominis, m. internal oblique abdominis, m. iliopsoas, m. lumbar erector spinae, m. multifidus, and m. thoracic erector spinae. Differences between exercises were examined with the Friedman test. Pairwise comparisons between exercises of special interest were made using the Wilcoxon test.

Significant differences for average muscle activity were found between the exercises ($p < 0.001$) and the exercise groups ($p < 0.01$) for all muscles. The highest average EMG activities were produced by Superman exercise for m. thoracic erector spinae (62.8% MVIC), Superman exercise and back extension device for m. lumbar erector spinae (43.9% MVIC; 43.6% MVIC) and for m. multifidus (47.7% MVIC; 44.2% MVIC), hip flexor device on the right leg for m. iliopsoas (46.8% MVIC), and trunk rotation device for right m. internal oblique abdominis (46.0% MVIC). As a conclusion, it is justified to use exercises from all exercise classes used in this study, taking into consideration resources and preferences of the client.

Keywords: electromyography, core exercises, low back pain

KÄYTETYT LYHENTEET

BMI	body mass index, kehon massaindeksi
EMG	elektromyografia
EO	m. external abdominal oblique
ILIO	m. iliopsoas
IO	m. internal abdominal oblique
LES	m. lumbar erector spinae
MF	m. multifidus
MVIC	maximal voluntary isometric contraction, maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto
RA	m. rectus abdominis
TES	m. thoracic erector spinae
ICC	Intra-class correlation

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
2. ALASELKÄKIPU.....	3
3. LIHASVOIMAHARJOITTELU.....	5
4. ELEKTROMYOGRAFIA.....	7
4.1 Elektromyografian toimintaperiaate.....	7
4.2 Pintaelektromyografian toistettavuus.....	8
4.3 Alaselkävivun vaikutus pintaelektromyografiaan.....	10
5. SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS.....	13
5.1 Kirjallisuushaun tulokset.....	14
5.2 Pinta-EMG-aktiivisuus keskivartalon lihaksissa eri harjoitteiden aikana.....	16
6. TUTKIMUSAIHE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	24
7. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	25
7.1 Tutkittavat.....	25
7.2 Mitattavat harjoitteet.....	26
7.3 Pinta-EMG-mittaukset.....	30
7.4 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät.....	33
7.5 Tutkimuksen eettisyys.....	34
8. TULOKSET.....	35
9. POHDINTA.....	45
LÄHTEET.....	51

LIITTEET

Liite 1: PRISMA Flow Diagram.

Liite 2: Kuvailtava taulukko kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista.

Liite 3: JBI Tarkistuslista poikkileikkaustutkimuksille.

Liite 4: Kirjallisuuskatsaukseen sisällytettyjen poikkileikkaustutkimusten laadunarviointi.

Liite 5: JBI Tarkistuslista systemaattisille katsauksille.

Liite 6: Tutkittavien tiedote.

Liite 7: Tietosuojailmoitus.

Liite 8: Suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Liite 9: Kyselylomake tutkittaville.

Liite 10: Vastusharjoitteissa käytetyt kuormat kilogrammoina.

1. JOHDANTO

Alaselkäkipu on hyvin yleinen terveysongelma maailmanlaajuisesti, aiheuttaen elämänlaadun ja työkyvyn heikentymistä sekä merkittäviä kansantaloudellisia kustannuksia. Yleisin alaselkäkipun tyyppi on epäspesifinen alaselkäkipu (85-95 %), jossa oireelle ei löydy selkeää syytä (Duthey 2013; Hartvigsen ym. 2018). Epäspesifistä alaselkäkipua sairastaa elämänsä aikana arviolta 60-70 % teollisuusmaissa asuvista ihmisistä (Duthey 2013). Vuoden seurannassa alaselkäkipun ilmaantuvuus on keskimäärin 18.8 % (Hoy ym. 2010). Alaselkäkipu jaotellaan oireilun keston perusteella akuuttiin (<6 viikkoa), subakuuttiin (6-12 viikkoa) ja krooniseen (>12 viikkoa) alaselkäkipuun. Akuutin epäspesifisen alaselkäkipun hoidossa terapeuttinen harjoittelu ei ole vaikuttavaa, vaan hoitosuosituksissa korostuu potilaan informointi alaselkävaivan luonteesta, aktiivisena pysyminen sekä vuodelevon välttäminen (Käypä hoito 2017). Subakuutin alaselkäkipun kohdalla näyttö terapeuttisen harjoittelun hyödyistä on vähäistä, mutta kroonisen alaselkäkipun hoidossa terapeuttisen harjoittelun on todettu vähentävän kipua ja lisäävän toimintakykyä (Hayden ym. 2005; Van Middelkoop ym. 2010). Hoitajakson jälkeen jatkuva terapeuttinen harjoittelu myös ehkäisee alaselkäkipun uusiutumista (Choi ym. 2010).

Alaselkäkipun hoidossa tai ehkäisyssä ei kuitenkaan ole havaittu selkeitä eroja tehokkuudessa eri harjoittelumuotojen välillä (Choi ym. 2010; van Middelkoop ym. 2010). Haydenin, van Tulderin ja Tomlinsonin (2005) katsauksessa, jossa selvitettiin alaselkäkipun hoidon kannalta tehokkaimpia harjoittelumuotoja, havaittiin, että yksilöllisesti suunniteltu harjoitteluohjelma, säännöllisesti toistuva ohjaus sekä kannustus harjoitusohjelman noudattamiseen ovat yhteydessä parempiin hoitotuloksiin. Epäspesifistä alaselkäkipua sairastavien henkilöiden harjoittelun on myös todettu olevan tehokkaampaa, kun se suoritetaan korkealla intensiteetillä (Verbrugghe ym. 2019). Selkäongelmien kuntoutus voi siten vaatia harjoitusliikkeitä, jotka aktivoivat tehokkaasti selän toiminnan kannalta keskeisiä lihaksia. Tärkeää olisi, että selkää tukevia lihaksia tehokkaasti aktivoivat harjoitteet olisivat toteutettavissa ihmisten arkielämässä, jolloin harjoittelu todennäköisemmin toteutuisi selkäkipujen lievittämisen ja ehkäisemisen kannalta riittävän usein. Kaikilla ei ole mahdollisuutta tai halua harjoitella kuntosalilla, jolloin olisi tärkeää tietää, ovatko kotiympäristössä toteutettavat harjoitteet

tehokkaita selkää tukevien lihasten aktivoimiseksi. Näin ollen lisätietoa tarvitaan eri ympäristöissä suoritettavista tehokkaista harjoitusliikkeistä ja -ohjelmista, jotta harjoittelua voidaan mukauttaa ihmisten mieltymysten ja elämäntilanteen mukaan.

Pintaelektromyografia on objektiivinen ja noninvasiivinen mittausmenetelmä, jonka avulla voidaan selvittää lihasten sähköistä aktiivisuutta (Geisser 2005; Konrad 2005). Pinta-EMG:tä on hyödynnetty alaselän lihasten hermolihäsjärjestelmän tutkimuksessa kroonisen epäspesifin alaselkävun ymmärtämiseksi selvittämällä pitkittyneen alaselkävun vaikutuksia hermolihäsjärjestelmän toimintaan (Gouteron ym. 2021). Pinta-EMG-mittauksia voi myös hyödyntää tutkittaessa lihasten aktiivisuustasoja eri liikeharjoitteissa. Liikeharjoitteet, jotka tuottavat suurempia lihaksen pinta-EMG-aktiivisuustasoja, voivat aiheuttaa enemmän haastetta hermolihäsjärjestelmälle ja siten olla tehokkampia lihaksen voiman ja stabiliteetin kehittämisessä (Martuscello ym. 2013).

Tutkimus on jatkumoa kahdelle samankaltaiselle pinta-EMG-tutkimukselle, jotka on tehty lähivuosina Keski-Suomen keskussairaalassa ja Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisessä tiedekunnassa. Tarnanen (2014) selvitti väitöskirjatutkimuksessaan pinta-EMG-mittauksen avulla pystyasennossa toteutettujen taljaharjoitteiden soveltuvuutta lannerangan jäykistysleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa ja Hiirikosken ja Sillantaan (2021) pro gradu -tutkielmassa kartoitettiin keskivartalolihas pinta-EMG-aktiivisuutta eri harjoitusliikkeissä terveillä miehillä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitkä selän liikeharjoitteet tuottavat suurimmat keskivartalon lihasaktivaatiot ja verrata keskivartalolihasiin kohdistuvien laiteharjoitteiden, kuntosaliharjoitteiden ja kotiharjoitteiden eroja niiden tuottamien lihasaktiivisuuksien osalta. Tutkimuksen tavoite on tuottaa tietoa harjoitteiden tehokkuudesta ja täten edesauttaa selkäkuntoutustutkimusta sekä havaita harjoitteita, jotka saattavat olla tehokkaita selkäkuntoutuksessa.

2. ALASELKÄKIPU

Alaselkävullalla tarkoitetaan alimpien kylkiluiden ja pakarapöimujen väliselle alueelle paikantuvaa kipua, johon voi liittyä myös alaraajakipuoireilua (Duthey 2013; van Tulder ym. 2006). Alaselkäkipu jaotellaan esitietojen ja kliinisen tutkimuksen perusteella kolmeen pääluokkaan, jotka ovat spesifiset selkäsairaudet, hermojuuren toimintahäiriöt sekä epäspesifiset selkävaivat. Spesifisiä selkäsairauksia, joissa oireilulle on tunnistettavissa selkeä patologinen syy, ovat esimerkiksi selkärankareuma ja oireileva nikamasiirtymä. Spesifiseen alaselkäkipuun lukeutuu myös vakavat selkäsairaudet, kuten kasvaimet, rangan infektiot ja kompressiomurtumat. Hermojuuren toimintahäiriöissä oireiluun liittyy tyypillisesti alaraajaoireita, kuten iskiasoireilua tai katkokävelyä. Epäspesifisiksi alaselkäkipuiksi luokitellaan ne pääosin selän alueella ilmenevät kipuoireet, jotka eivät viittaa vakavaan sairauteen tai hermojuuren vaurioon (Käypä hoito 2017; van Tulder ym. 2006).

Alaselkäkipu voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan myös oireilun keston perusteella. Akuutin eli lyhytkestoisen selkäkipujakson kesto on alle kuusi viikkoa ja subakuutti eli pitkittyvä selkäkipu on kestoaltaan 6–12 viikkoa. Yli 12 viikkoa jatkuva selkäkipu määritellään krooniseksi eli pitkäaikaiseksi selkäkipuiksi (Käypä hoito 2017; van Tulder ym. 2006). Valtaosa alaselkäkipuista lievittyy akuuttivaiheen aikana (Duthey 2013; Hartvigsen ym. 2018). Menezes Costan ym. (2012) systemaattisessa katsauksessa (33 kohorttitutkimusta, 11166 osallistujaa) selvitettiin akuutin ja pitkittyneen selkäkipun ennustetta koetun kivun ja toimintarajoituksen suhteen. Tutkimuksen perusteella sekä akuutista että kroonisesta alaselkäkipusta kärsivien kohdalla koettu kipu ja toimintarajoitus lievittyi merkittävästi ensimmäisen kuuden viikon aikana, jonka jälkeen paraneminen jatkui hitaampana. Vuoden kohdalla koettu kipu ja toimintarajoitus oli akuutista selkäkipusta kärsineillä hyvin vähäistä, mutta kroonista alaselkäkipua sairastaneilla vielä kohtalaisella tasolla. Alaselkäkipu myös uusiutuu herkästi (Duthey 2013; Hartvigsen ym. 2018). Da Silvan ym. (2017) systemaattisen katsauksen (seitsemän tutkimusta, 1780 osallistujaa) tuottaman parhaan arvion mukaan 33 %:lla alaselkäkipusta toipuneista henkilöistä oireilu uusiutui vuoden kuluessa.

Alaselkävivun yleisyys nousee ikävuosien myötä kurvilineaarisesti ollen korkeimmillaan (25 %) 80–89-vuoden iässä. Maailmanlaajuisessa tautitaakassa alaselkäkipu on merkittävin sairaana elettyjen elinvuosien (years lived with disability, YLD) aiheuttaja. Haittapainotettuja elinvuosia (disability-adjusted life year, DALY) tarkasteltaessa alaselkävivusta aiheutuva tautitaakka on korkeimmillaan työikäisten keskuudessa (Wu ym. 2020). Hoyn ym. (2010) systemaattisen katsauksen mukaan alaselkäkipujakson ilmaantuvuus vuoden seurannassa oli keskimäärin 18.8 %, tosin hajonta eri maissa tehtyjen tutkimusten välillä oli suuri (1,5–36 %).

Alaselkävivulle on tunnistettu useita mahdollisia riskitekijöitä, mutta minkään yksittäisen tekijän syy-seuraussuhteesta ei ole vahvaa näyttöä (Käypä hoito 2017). Alaselkävivulle altistavia tekijöitä ovat fyysisesti selkää kuormittava työ, perintötekijät, psykososiaaliset tekijät ja elintapatekijät, kuten lihavuus ja tupakointi (Käypähoito 2017; Duthey 2013; Hartvigsen 2018). Alaselkävivun taustalla on tyypillisesti monen eri tekijän yhteisvaikutus, jotka vaikuttavat sekä koettuun kipuun että siihen liittyvän toimintarajoituksen voimakkuuteen (Hartvigsen 2018). Alaselkävivun ehkäisyssä terveelliset elämäntavat, kuten riittävä fyysinen aktiivisuus ja tupakoimattomuus, ovat tärkeässä roolissa (Käypä hoito 2017).

Eri maiden alaselkävivun hoitoa käsittelevissä suosituksissa korostuu tiedonanto ja neuvonta alaselkävaivan luonteeseen liittyen, aktiivisena pysyminen sekä ensisijaisesti lääkkeettömien hoitomuotojen suosiminen. Suositeltavia lääkkeettömiä hoitumuita ovat liikunta, kylmä- ja lämpöhoito sekä tarvittaessa muihin hoitumuitoihin yhdistettynä myös manuaalinen terapia, kuten hieronta ja akupunktio (Foster ym. 2018; Käypä hoito 2017). Lääkehoitoa kehoitetaan hoitosuosituksissa käytettäväksi, mikäli ensisijaisista lääkkeettömistä hoitumuitoista ei ole ollut apua. Psykososiaaliset tekijät kehoitetaan myös ottamaan huomioon alaselkäkipupotilaan hoidossa tarvittaessa psykologikäyntien muodossa. Hoitosuosituksissa kehoitetaan välttämään vuodelepoa, sillä se voi jopa pitkittää oireilua. Myöskään elektroterapiaa ja muita fysikaalisia hoitumuita sekä ortoosien käyttöä ei suositella, koska näiden hoitumuitojen vaikuttavuudesta ei ole näyttöä (Foster ym. 2018; Corp ym. 2021). Selkäoperaatioita pidetään hyödyllisenä hoitumuitona vain tietyissä spesifeissä selkäsairauksissa ja tapaturmissa (Käypä hoito 2017).

3. LIHASVOIMAHARJOITTELU

Lihassoimoharjoittelu jaetaan tässä työssä kolmeen eri luokkaan, jotka ovat keskivartalolihasiin kohdistuva laiteharjoittelu, kuntosaliharjoittelu sekä kotiharjoittelu. Yleisen määritelmän mukaan kuntosaliharjoittelu käsittää vapailla painoilla, vastuslaitteilla ja muilla harjoitusvälineillä tehtävät liikeharjoitteet, joiden avulla voidaan progressiivisesti kuormittaa ja vahvistaa lihaksia, mikä usein johtaa hypertrofisiin adaptaatioihin (Phillips & Winett 2010). Tässä tutkimuksessa keskivartalolihasiin spesifisti kohdistuvat laiteharjoitteet ja monikäyttöisillä harjoitusvälineillä suoritettavat kuntosaliharjoitteet erotellaan toisistaan kahdeksi eri harjoiteluokaksi. Kolmannen harjoiteluokan muodostaa kotiharjoittelu, joka käsittää oman kehon painolla toteutettavat liikeharjoitteet.

Lihassoimoharjoittelulla voidaan saavuttaa lukuisia erilaisia adaptaatioita. Näitä ovat mm. lihasmassan kasvu (Ahtiainen ym. 2003; McCall ym. 1996; Schoenfeld ym. 2017), voiman kehittymiselle suotuisat neuraaliset adaptaatiot (Škarabot ym. 2021) ja kivun lievittyminen mm. selkäkipuisilla (O'Connor ym. 2010). Lihassoimoharjoittelu voi myös parantaa kardiovaskulaarista terveyttä (Braith & Stewart 2006; Phillips & Winett 2010).

Harjoitusohjelmaa suunniteltaessa tulee varmistua, että siinä otetaan huomioon harjoittelun peruseriaatteen: ylikuormitus, spesifisyys, yksilöllisyys ja palautuvuus (McArdle ym. 2015, 462–464). McArdlen ym. (2015) mukaan ylikuormittaessa harjoitteita saadaan tehostettua harjoittelun vasteita. Ylikuormitus voidaan toteuttaa käyttäen harjoittelufrekvenssiä, intensiteettiä ja kestoä tai yhdistelmää näistä muuttujista. Spesifisyydellä tarkoitetaan spesifin harjoittelun aiheuttavan spesifejä adaptaatioita. Esimerkiksi spesifi voimaharjoittelu aiheuttaa spesifejä voima-adaptaatioita, muttei juurikaan aerobisia adaptaatioita. Yksilöllisyydellä tarkoitetaan, ettei sama harjoittelustimulus tuota kaikille ihmisille samoja harjoitusvasteita. Palautuvuudella tarkoitetaan, että saavutetut adaptaatiot menetetään, mikäli säännöllistä fyysistä aktiivisuutta ei jatketa (McArdle ym. 2015, 462–464).

Tanin (1999) mukaan lihasvoimaharjoittelun yhteydessä harjoittelun intensiteetillä tarkoitetaan käytettyä kuormaa tai vastusta. Intensiteettiä voidaan mitata absoluuttisesti kilogrammoina tai suhteellisesti esimerkiksi RPE-asteikon avulla (Tan 1999). ACSM (2009) mukaan lihasvoimaharjoittelun tulee tapahtua tarpeeksi suurella intensiteetillä, jotta optimaaliset adaptaatiot saadaan aikaan. Tosin, vähäisen ja kohtuullisen voimaharjoittelutaustan omaavat vaikuttavat kehittyvän myös pienemmällä intensiteetillä (ACSM 2009). Rhea ym. (2003) havaitsivat meta-analyysissään harjoittelemattomilla 60 % 1RM ja voimaharjoitelleilla 80 % 1RM johtavan suurimpaan lihasvoiman kasvuun. Myös kroonisesta epäspesifistä alaselkävivusta kärsivillä korkealla intensiteetillä tapahtuva terapeuttinen harjoittelu vaikuttaisi olevan tehokkaampaa toimintakyvyn sekä harjoittelukapasiteetin kehittämisessä (Verbrugghe ym. 2019).

Van Middelkoopin ym. (2010) mukaan terapeuttinen harjoittelu on tehokasta kroonisen alaselkävivun kuntoutuksessa, mutta ei akuutin alaselkävivun kohdalla. Heidän katsauksessaan mikään tietty harjoittelumuoto ei noussut muita tehokkaammaksi. Hayden, van Tulder ja Tomlinson (2005) selvittivät systemaattisessa katsauksessaan, millainen harjoittelustrategia on hyödyllisin kroonisen epäspesifisen alaselkävivun hoidossa. Katsauksen perusteella liikkuvuus- ja lihasvoimaharjoittelua sisältävä yksilöllisesti suunniteltu harjoitusohjelma, jonka toteutusta ohjataan ja kannustetaan, on tehokkain harjoittelumuoto alaselkävivun lievittämiseksi ja toimintakyvyn kohentamiseksi. Myös muiden konservatiivisten hoitomuotojen noudattaminen säännöllisen terapeuttisen harjoittelun lisäksi parantaa hoidon tehokkuutta (Hayden, van Tulder & Tomlinson 2005). Harjoitteluinterventioiden on havaittu pitkällä aikavälillä olevan tehokkaita myös työkyvyttömyyden vähentämisessä subakuutissa ja kroonisessa epäspesifissä alaselkävivussa (Oesch ym. 2010). Havainnoivissa tutkimuksissa fyysisen aktiivisuuden ja toimintakyvyn, kivun sekä terveystalvelujen käytön välillä ei ole juuri havaittu yhteyttä (Hendrick ym. 2011).

4. ELEKTROMYOGRAFIA

Criswellin (2010) mukaan pintaelektromyografia on ala, joka on erikoistunut käyttämään elektronisia laitteita mittaamaan lihasten energiaa, analysoimaan tätä dataa sekä esittämään siitä saatuja tuloksia. Pinta-EMG:llä on useita käyttökohteita, kuten erilaisten tilojen arviointi, hoidon suunnittelu, kehityksen ja tulosten arviointi, kuntoutus, ergonomiasuunnittelu, urheilu sekä tutkimus (Criswell 2010). Kuntoutuksen alalla Pinta-EMG:tä käytetään yleisesti tutkimuksissa, mutta sen käyttö kliinisenä työkaluna kuntoutuksessa on vähäistä sen selvästä kliinisestä potentiaalista huolimatta (McManus ym. 2020).

4.1 Elektromyografian toimintaperiaate

Elektromyografinen signaali koostuu järjestäytyneiden lihassolujen eli motoristen yksiköiden tuottamista aktiopotentiaaleista (De Luca ym. 2006). Criswellin (2010) mukaan motorisella yksiköllä tarkoitetaan alfa-motoneuronin ja sen hermottavien lihassolujen muodostamaa kokonaisuutta. Motorisen yksikön sisältämien lihassolujen määrä vaihtelee suuresti lihakselta vaadittujen ominaisuuksien mukaan. Kun aktiopotentiaali kulkee aksonia pitkin neuromuskulaariseen synapsiin vapautuu asetyylikoliinia, joka aiheuttaa ionisten porttien aukeamisen lihaskudoksessa, ja näin lähettää signaalin T-tubuluksien kautta koko systeemiin. Näin syntyy aktiopotentiaali, joka johtaa lihaksen supistumiseen (Criswell 2010). De Lucan ym. (2006) mukaan tämä signaali voidaan havaita iholle asetettavilla sensoreilla tai lihaskudokseen asetettavilla neula- tai lankasensoreilla. Nämä sensorit keräävät aktivaation määrän ja pintaelektromyografialaitteisto vahvistaa signaalin (Criswell 2010). Criswell (2010) kuvaakin pinta-EMG:n olevan perimmiltään erittäin herkkä volttimittari. Signaalin vahvuus riippuu mm. lihassolujen läheisyydestä elektrodiin sekä elektrodin ja lihassolun välisen rasvamassan määrästä (Criswell 2010). Lihaksen voimantuoton kasvaessa motoristen yksiköiden aktiopotentiaalien syntymisnopeuden tulee kasvaa ja lisää motorisia yksiköitä tulee ottaa käyttöön (McManus ym. 2020).

Pinta-EMG:ssä käytetään yleisesti kahta eri konfiguraatiota, joita ovat bipolaarinen ja monikanavainen järjestys (McManus ym. 2020). Criswellin (2010) mukaan differentiaalivahvistuksessa käytetään kolmea elektrodia, kahta mittaavaa elektrodia ja yhtä referenssielektrodia. Mittaavat elektrodit asetetaan mitattavien lihasten päälle ja myös referenssielektrodin tulee olla hyvässä kontaktissa keholla. Mittaavien elektrodien vastaanottamaa energiaa verrataan referenssielektrodiin ja vain jokaisen elektrodin uniikki energia välitetään signaalina eteenpäin. Asetettaessa elektrodit lihaksen suuntaisesti ja myös aktiopotentialin kulkiessa lihaksen suuntaisesti, saavuttaa aktiopotentiali elektrodit eri aikaan tuottaen näin uniikit energiat elektrodeille. Kun pinta-EMG-signaali on vahvistettu, se prosessoidaan eri tavoin, kuten eri suodattimin, keskiarvottaen ja pehmentäen. On tärkeää huomioida, että eri valmistajien laitteiden arvot eroavat toisistaan niiden erilaisesta signaalin vahvistamisesta, suodattamisesta ja kvantifioinnista johtuen, eivätkä ole täten suoraan verrattavissa toisiinsa (Criswell 2010).

4.2 Pintaelektromyografian toistettavuus

Pinta-EMG-mittausmenetelmän toistettavuutta keskivartalolihasen kohdalla on tutkittu useissa toistettavuustutkimuksissa, joissa mittausprotokolla on suoritettu uudestaan joko saman päivän aikana tai eri päivinä. Mittauskertojen välistä reliabiliteettia kuvaava intra-class korrelaatio (ICC) on osoittautunut samana päivänä suoritetuissa mittauksissa olevan keskivartalolihasen osalta erinomaisella tasolla (ICC keskiarvo 0.91; vaihteluväli 0.75–0.98) (Dankaerts ym. 2004). Eri päivinä suoritetuissa mittauksissa toistettavuus on havaittu niin ikään hyväksi tai erinomaiseksi (ICC keskiarvo 0.82–0.95; vaihteluväli 0.74–0.99) mitattaessa terveitä koehenkilhöitä submaksimaalisissa ja maksimaalisissa suorituksissa (Ng ym. 2003; Pitcher ym. 2008; Yang ym. 2014). Myös Dankaertsin ym. (2004) tutkimuksessa eri päivinä suoritettujen submaksimaalisten suoritusten (ICC 0.86; 0.78–0.93) toistettavuus oli hyvällä tasolla, mutta eri päivinä suoritettujen maksimaalisten lihasjännitysten kohdalla hajonta oli suurempi (ICC 0.68; 0.32–0.97) ja etenkin selkälihasten osalta toistettavuus oli terveillä koehenkilöillä heikompaa (ICC 0.52; 0.32–0.69). Kuitenkin Ng ym. (2003) saivat tutkimuksessaan eri päivinä suoritetuille mittauksille hyvät ICC-arvot (ICC 0.86; 0.75–0.97) sekä submaksimaalisten että maksimaalisten lihasjännitysten osalta. Tutkijat arvioivat, että

suullinen kannustus ja visuaalinen palaute maksimaalisten ponnistusten aikana auttaa koehenkilöitä saavuttamaan maksimaalisen lihasjännityksen ja siten saamaan toistettavampia tuloksia (Ng ym. 2003).

Pinta-EMG-signaalin laatuun ja mittaustulokseen vaikuttavat monet ulkoiset tekijät, kuten laitteistoon ja valmisteluihin sekä mitattavan henkilön anatomisiin, geometrisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin liittyvät tekijät. Tämän vuoksi mittaustulokset saattavat olla toisistaan eriäviä, mikä voi heikentää mittausten luotettavuutta. Joitakin pinta-EMG-signaalin laatuun vaikuttavia häirtatekijöitä voidaan merkittävästi vähentää elektrodien sopivalla asettelulla ja huolellisella ihovalmistelulla (Farina, Merletti & Enoka 2004; Konrad 2005, 11). Ihon valmistelulla (ihokarvojen poisto, kuolleen ihosolukon poisto, puhdistaminen) varmistetaan elektrodin kiinnittyminen ihoon sekä alennetaan ihon imbedanssia riittävän matalalle tasolla (5–50 kOhm), jotta signaali välittyy häiriöttäen (Criswell 2010, 37; Konrad 2005, 14). Koehenkilön runsas hikoilu mittausrupeaman aikana voi haitata elektrodin ihokontaktia tai häiritä pinta-EMG-amplitudia, mutta näitä vaikutuksia voidaan ehkäistä kiinnittämällä elektrodit ihoon teippaamalla tai iholiimalla (Abdoli-Eramaki ym. 2012; Criswell 2010, 67). Ihonalaisen rasvakudoskerroksen paksuus vaikuttaa pinta-EMG-signaalin voimakkuuteen, sillä rasvakudos heikentää sähkövirran kulkua (Criswell 2010, 37). Criswellin (2010, 37) mukaan rasvakudoksen pinta-EMG-signaalia vaimentava vaikutus on suurempi levossa kuin dynaamisissa liikkeissä tehdyissä mittauksissa.

Myös elektrodien koko, muoto ja elektrodiparin välinen etäisyys vaikuttavat EMG-rekisteröintiin (Farina, Merletti & Enoka 2004). Pinta-EMG-mittauksissa tyypillinen virhelähde on “cross-talk” eli viereisten lihasten aiheuttamat signaalit, jotka elektrodi havaitsee (Farina, Merletti & Enoka 2004; Konrad 2005, 11). Konradin (2005) mukaan cross-talk muodostaa korkeintaan 10–15 % kokonaissignaalmäärästä. Cross-talk-ilmiötä esiintyy erityisesti kapeiden lihasten muodostamien lihasryhmien kohdalla, jolloin elektrodien asettelu tulee suorittaa erityisen huolellisesti (Konrad 2005, 11). Elektrodi tulee sijoittaa mitattavan lihaksen lihasrungon päälle lihassyiden suuntaisesti, huomioiden lihasrungon liike ja erityisesti keskivartalolihasien kohdalla myös ihon liike dynaamisen harjoitteen aikana. Kaksi mittaavaa elektrodia on hyvä sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan selektiivisyyden parantamiseksi, korkeintaan 20 mm etäisyydelle elektrodien keskipisteistä katsottuna (Konrad

2005, 17–18). Tosin DeLucan ym. (2011) tutkimuksen mukaan 10 mm etäisyys elektrodiparin välillä voi auttaa vähentämään cross-talk-ilmiötä. Referenssielektrodi sijoitetaan mittaavien elektrodien läheisyyteen. (Konrad 2005, 20).

Fysiologisia tekijöitä, jotka vaikuttavat pinta-EMG-signaaliin, ovat lihassolukalvojen ominaisuuksiin ja motoristen yksiköiden toimintaan liittyvät tekijät (Farina, Merletti & Enoka 2004). EMG-signaali muodostuu motoristen yksiköiden aktiopotentiaalien summasta, joten eri motoristen yksiköiden aktiopotentiaalit voivat kumota toisensa ja pienentää signaalin amplitudia, jos yhden aktiopotentiaalinen positiivinen vaihe tapahtuu samanaikaisesti toisen aktiopotentiaalisen negatiivisen vaiheen kanssa. Mittausalueen motoristen yksiköiden eriaikaiset aktiopotentiaalit voivat siis johtaa lihasaktiivisuuden määrän aliarviointiin (Yao ym. 2000). Lisäksi kuormittavan harjoittelun aiheuttama viivästynyt lihaskipu alentaa pinta-EMG-signaalia, joka Hedayatpourin ym. (2010) mukaan johtuu lihassolukalvon toiminnan muutoksista.

4.3 Alaselkävun vaikutus pintaelektromyografiaan

Pinta-EMG:n on katsottu tarjoavan objektiivisen ja noninvasiivisen mittausmenetelmän alaselkävun tutkimisen tueksi (Dankaerts ym. 2003; Geisser ym. 2005). Valtaosassa kroonistuneissa alaselkävun tapauksissa oireilulle ole löydettävissä mitattavaa patologiaa ja sen etiologia jää epäselväksi, mutta pinta-EMG:tä on hyödynnetty alaselän lihasten hermolihasjärjestelmän tutkimuksessa kroonisen epäspesifin alaselkävun mekanismien ymmärtämiseksi (Gouteron ym. 2021; Geisser ym. 2005). Gouteronin ym. (2021) systemaattisessa katsauksessa havaittiin, että eteentaivutusliikkeen äärikoukistusasennossa tapahtuva selkälihasten rentoutuminen (flexion-relaxation phenomenon, FRP) oli häiriintynyt 55 %:lla kroonisesta epäspesifistä alaselkävusta kärsivistä henkilöistä ja selkälihasten rentoutuminen oli alaselkävunpotilailla merkitsevästi heikompaa kuin terveillä koehenkilöillä.

Geisserin ym. (2005) systemaattisessa katsauksessa huomioitiin 34 tutkimusta, jotka selvittivät pinta-EMG-mittauksissa ilmeneviä eroja alaselkävasta kärsivien ja terveiden koehenkilöiden välillä. Katsauksessa havaittiin, että pinta-EMG-mittausten tuloksissa voi olla paljon vaihtelua alaselkävasta kohdalla, sillä alaselkävasta kärsivien joukko on hyvin heterogeeninen. Myös alaselkävasta kesto vaikuttaa Geisserin ym. (2005) mukaan lihasaktiivisuuden muutoksiin, sillä kroonista alaselkävasta sairastavilla on todennäköisemmin havaittavissa merkkejä kunnan heikkenemisestä, joka voi johtua kipua aiheuttavaksi koettujen liikkeiden välttelystä. Geisser ym. (2005) havaitsivat meta-analyysissä, että osassa tutkimuksissa selkälihasten pinta-EMG-aktiivisuuslukemat olivat staattisissa asennoissa, kuten seisossa ja istuessa, korkeampia kroonisesta alaselkävasta kärsivillä henkilöillä kuin terveillä koehenkilöillä. Isometrisessä lihasjännityksessä alaselkävastalla mitattiin matalampia pinta-EMG-tasoja kuin terveillä verrokeilla, ja viidessä tutkimuksessa havaittiin myös merkkejä nopeammasta lihasväsämyksestä alaselkävasta kohdalla. Dynaamisissa liikkeissä tehtävissä mittauksissa havaittiin Geisserin ym. (2005) katsauksessa eroavaisuuksia tutkimustulosten välillä.

Larivière ym. (2010) eivät havainneet kroonisesta alaselkävasta kärsivien ja terveiden verrokkien välillä eroa pinta-EMG-arvoissa laitteessa tehtävän selän ojennuksen aikana. Myöskään Pereiran ym. (2017) tutkimuksessa ei tullut esille eroja pinta-EMG-arvoissa kroonista alaselkävasta sairastavien ja terveiden verrokkien välillä erilaisissa keskitason pilatesharjoitteissa. Balasch-Bernat ym. (2021) sen sijaan havaitsivat selän ojennuksen konsentrisessa ja isometrisessä vaiheessa suurempia pinta-EMG-tasoja m. erector spinaessa ja m. multifiduksessa kroonisesta alaselkävasta kärsivillä verrattuna terveisiin ja toistuvasta selkävasta kärsiviin. Tosin, Danneelsin ym. (2002) tutkimuksessa tuli esille, että selkälihasten EMG-tasot jäivät voimaharjoitteissa alaselkävastalla pienemmiksi kuin selkävastuttomilla, vaikka stabilaatioharjoitteissa ei havaittu eroja ryhmien välillä. Tämän arveltiin johtuvan kivusta, kivun välttelystä ja kunnan heikentymisestä (Danneels ym. 2002). Myös Larivière ym. (2010) havaitsivat selkävasta kärsivien kokevan harjoitteen rasittavammaksi ja arvioivat, että selkävastalla voi olla hankaluuksia erottaa kipua ja harjoitteesta johtuvaa epämukavuutta toisistaan.

Pinta-EMG-mittausten toistettavuutta alaselkikipuisten kohdalla selvittävässä tutkimuksessa on havaittu, että submaksimaalisessa lihastyössä toistettavuus eri päivinä oli Dankaertsin ym. (2004) tutkimuksessa erinomaisella tasolla (ICC keskiarvo 0.90; vaihteluväli 0.82–0.97) ja Pitcherin ym. (2008) tutkimuksen mukaan hyvällä tasolla (ICC 0.81; 0.72–0.88), mutta maksimaalisessa lihasjännityksessä toistettavuus oli molemmissa tutkimuksissa heikompaa (ICC 0.69–0.70; 0.19–0.99). Pitcherin ym. (2008) tutkimuksessa arvioitiin, että alaselkikipu voi vaikuttaa keskivartalolihasen maksimivoiman tuottoon hermolihajärjestelmän estoista, motivaatiotekijöistä ja pelko-välttämiskäyttäytymisestä johtuen, jonka vuoksi alaselkikipuisten kohdalla toistettavuus on maksimivoimamittauksissa heikommalla tasolla kuin terveillä koehenkilöillä. Toisaalta Dankaertsin ym. (2004) tutkimuksessa havaittiin, että maksimaalisen lihasjännityksen toistettavuus on matalammalla tasolla sekä alaselkävasta kärsivien että terveiden koehenkilöiden kohdalla, joten heikomman toistettavuuden ei katsottu johtuvan alaselkikipuisten kiputilanteen vaihtelusta. Myös Geisser (2007) huomioi artikkelissaan, että erityisesti alaselkävasta kärsivillä henkilöillä on usein haasteita maksimaalisten ponnistusten suorittamisessa, mikä voi aiheuttaa harhaa maksimivoimamittaukseen perustuvassa pinta-EMG-signaalin normalisoinnissa.

5. SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS

Elektroninen kirjallisuushaku aikaisemmista aiheeseen liittyvistä tutkimuksista suoritettiin Ebsco, Cinahl, Medline Ovid, Cochrane, ProQuest ja Medic -tietokantoihin. Haussa hyödynnettiin PICO-strategiaa, jonka osioiden mukaiset hakulausekkeet on esitetty taulukossa 1. Osassa tietokannoista haku rajattiin PICO-osa-aluekohtaisesti otsikko- ja abstraktitasolle, jotta hakutulokset olisivat mahdollisimman tarkoituksenmukaisia. Joissakin tietokannoissa kontekstiin liittyvät hakusanat jätettiin lisäksi pois, jotta haku ei rajautuisi liikaa. Tutkimukset arvioitiin itsenäisesti molempien tutkijoiden toimesta ja konfliktien esiintyessä tutkijat neuvottelivat, kunnes konsensus oli muodostettu. Tutkimuksiin tarkemmin perehdyttäessä käytiin manuaalisesti läpi artikkeleiden viittaukset mahdollisten lisätutkimusten löytämiseksi.

TAULUKKO 1. Hakulausekkeet PICO-osa-alueittain ryhmiteltynä.

P = lihaksistoon liittyvät hakusanat	I = harjoitteluun liittyvät hakusanat	C = kontekstiin liittyvät hakusanat	O = elektromyografiaan liittyvät hakusanat
core muscle* OR trunk muscles OR multifidus OR low- back OR abdominal*	strength training OR resistance training OR core training OR weight training OR home based exerc* OR device OR high intensity	therapeutic* OR rehabilitat*	EMG OR sEMG OR electromyography OR surface electromyography OR effectiveness OR muscle activity OR neuromuscular activity

Sisäänottokriteerit olivat: englannin- tai suomenkielinen, artikkeli alle 5 vuotta vanha, tulosmuuttujana käytetty pinta-EMG:tä, pinta-EMG mitattu keskivartalon lihaksista lihaskuntoharjoitteiden aikana, EMG ilmoitettu osuutena lihasten maksimaalisesta tahdonalaisesta voimantuotosta, joka mitattu lihasryhmäkohtaisesti vastusta vasten.

Poissulkukriteerit olivat: muun kuin englannin- tai suomenkielinen, artikkeli yli 5 vuotta vanha, muu tulosmuuttuja kuin pinta-EMG, pinta-EMG mitattu muista kuin keskivartalon lihaksista tai muun kuin lihaskuntoharjoitteiden aikana, maksimaalinen tahdonalainen voimantuotto mitattu muulla tavalla kuin lihasryhmäkohtaisesti vastusta vasten.

5.1 Kirjallisuushaun tulokset

Kirjallisuushaun myötä löytyi yhteensä 995 artikkelia, joista kaksoiskappaleita oli 320. Seulontavaiheessa 675 artikkelin joukosta suljettiin otsikon perusteella pois 621 artikkelia. Näin ollen 54 hakukriteerit täyttävää tutkimusta päätyi abstraktitason tarkasteluun, jonka seurauksena hylättiin 22 tutkimusta. Koko tekstin perusteella hylättiin vielä kahdeksan artikkelia, jolloin kirjallisuuskatsaukseen valikoitui lopulta 24 kriteerit täyttävää tutkimusta. Tämän lisäksi manuaalisella haulla valittiin 14 tutkimusta, joten yhteensä katsauksessa tarkasteltiin 38 tutkimusta (liite 1). Kuvaileva taulukko sisällytetyistä tutkimuksista on esitetty liitteessä 2. Manuaalisen haun tutkimuksista viisi oli yli viisi vuotta vanhoja, mutta niiden katsottiin olevan metodologisesti hyvin lähellä tätä tutkimusta, joten ne sisällytettiin työhön.

Sisällytetyistä tutkimuksista 37 oli toteutettu käyttäen poikkileikkausasetelmaa ja yksi tutkimus (Oliva-Lozano & Muyor, 2020) oli systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tutkimuksissa mitattiin pinta-EMG-aktivaatiota eri lihaksista, joista mielenkiintomme kohteena olivat m. rectus abdominis (RA) (31 tutkimusta), m. external oblique abdominis (EO) (29 tutkimusta), m. internal oblique abdominis (IO) (19 tutkimusta), m. iliopsoas (ILIO) (1 tutkimus), m. lumbar erector spinae (LES) (21 tutkimusta), m. multifidus (MF) (12 tutkimusta) ja m. throacic erector spinae (TES) (9 tutkimusta). Tutkimuksissa tutkittavina oli pelkästään miehiä (12 tutkimusta), pelkästään naisia (4 tutkimusta) sekä molempia (22 tutkimusta). Kaikissa tutkimuksissa MVIC (maximal voluntary isometric contraction,

maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto) mitattiin vastusta vasten lihasryhmäkohtaisesti, joka mahdollistaa jossain määrin vertailua tutkimusten välillä. MVIC:n mittauksissa käytetyissä asennoissa oli kuitenkin eroavaisuuksia. MVIC mitattiin tyypillisesti selkäpuolen lihaksista vartalon ojennuksessa maaten tai Biering-Sorensen asennossa. Biering-Sorensen asennossa tutkittava pitää itsensä vaakatasossa lantiosta ja jaloista tuettuna, ylävartalon ollessa ilmassa ja katseen ollessa kohti lattiaa (Biering-Sørensen 1984). Vatsapuolen lihaksista RA mitattiin tyypillisesti istumaannousussa sekä IO ja EO istumaannousussa viistosti tai vartalonkierrossa, mutta myös vartalon lateraalifleksiota ja vastustettua kylkilankkua käytettiin IO:n ja EO:n mittauksessa. Tutkimuksissa MVIC:n mittauksessa käytetty vastus toteutettiin joko manuaalisella vastuksella tai fiksoidulla vastuksella. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsaukseen kuitenkin sisältyi tutkimuksia, joiden MVIC:n mittaustavat olivat tämän tutkimuksen kirjallisuuskatsauksen sisäänottokriteereihin sopimattomia.

Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen tutkimusten menetelmällinen laadunarviointi toteutettiin käyttämällä Joanna Briggs Instituutin (JBI) laatimaa poikkileikkaustutkimuksille tarkoitettua tarkistuslistaa (liite 3). Katsaukseen sisällytettyjen poikkileikkaustutkimusten laadunarviointi löytyy liitteestä 4. Tutkimusten metodologinen laatu vaihteli heikosta kohtalaiseen. Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit oli pääosin määritelty selvästi, mutta kohderyhmän ja tutkimusolosuhteiden kuvaamisessa oli paljon puutteita. Mittaustilannetta sekoittavia tekijöitä oli tunnistettu ja huomioitu vaihtelevasti, mutta valtaosassa tutkimuksista kehonkoostumusta ei otettu huomioon, vaikka korkean rasvaprosentin tiedetään vaikuttavan EMG-mittaustuloksiin (Criswell 2010, 76). Lähes jokaisessa tutkimuksessa elektrodien asettelu oli toteutettu yleisesti hyväksytyllä tavalla, mutta elektrodien asettajasta ei annettu tarkempia tietoja, kuten kuinka kokenut tai tehtävään koulutettu elektrodien asettaja oli tai toteuttiko aina sama henkilö elektrodien asettelun. Tutkimusten tilastollisten analyysimenetelmien osalta havaittiin myös luotettavuuden kannalta ongelmallisia ratkaisuja, kuten muuttujien normaalijakautuneisuutta oletettavan varianssianalyysin (ANOVA) käyttäminen, kun normaalijakautuneisuutta ei ole tarkasteltu tai raportoitu ja aineisto on pieni. Tarkistuslistan kohdat kolme ja neljä eivät olleet sovellettavissa, sillä osallistujia ei kohdistettu tutkimuksissa altisteelle eikä osallistujia yhtä poikkeusta lukuun ottamatta jaoteltu ryhmiin.

Kirjallisuuskatsauksessa mukana olleen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen metodologinen laatu arvioitiin JBI:n järjestelmälliselle katsaukselle laatiman tarkistuslistan mukaisesti (liite 5). Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen menetelmällinen laatu arvioitiin pääosin hyväksi, joskin puutteita havaittiin tutkijoiden toteuttamista tutkimusten laadun arvioinneista raportoitaessa, virheitä minimoivien menetelmien käytössä datan uuttamisvaiheessa sekä julkaisuharhan arvioimatta jättämisessä. Lisäksi julkaisussa annetuissa suosituksissa ei huomioitu riittävästi katsauksessa mukana olleiden tutkimusten laatua.

5.2 Pinta-EMG-aktiivisuus keskivartalon lihaksissa eri harjoitteiden aikana

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella lihasten EMG-aktiivisuutta erilaisissa harjoitteissa on tutkittu runsaasti. Suuressa osassa tutkimuksia harjoitteiden ja/tai mitattujen lihasten määrä on kuitenkin hyvin vähäinen. Useissa tutkimuksissa on tutkittu erilaisten harjoitteiden eri variaatioiden vaikutusta lihasaktiivisuuteen. Tässä kappaleessa käydään läpi keskeiset kirjallisuushaun tulokset tämän tutkimuksen mielenkiinnon kohteena olevien lihasten osalta.

M. rectus abdominis. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen perusteella suurinta lihasaktiivisuutta *m. rectus abdominis* -lihakselle (RA) tuottivat kuntosalilla raskaalla kuormalla suoritettavat kyykkyharjoitteet. Katsauksessa mukana olleessa Andersenin ym. (2014) tutkimuksessa havaittiin, että sekä bulgarialainen askelkyykky epävakaalla alustalla että takakyykky tuottivat RA:lle lihasaktiivisuutta 210 % MVIC. On kuitenkin huomioitava, että Andersenin ym. (2014) tutkimuksessa vertailuliikkeenä käytettiin maksimaalista lihasjännitystä tankoa vasten staattisessa kyykkyasennossa. Jospelin ym. (2020) tutkimuksessa, joka ei ollut mukana Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa, havaittiin vastaavasti RA:n korkeat lihasaktiivisuusarvot takakyykkyharjoitteessa (131 % MVIC), kun kuormana oli 100 % kehonpainosta. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa RA:n korkeaa lihasaktiivisuutta korkeakuormitteisissa kyykkyharjoitteissa selitetään suurista painoista johtuvalla lihasväsymyksellä sekä kyykkyliikkeen biomekaniikalla, jossa ylävartalo kallistuu eteenpäin. Kehonpainolla tai kevyellä tangolla tehtävässä kyykkyharjoitteessa RA:n lihasaktiivisuus on huomattavasti matalammalla tasolla (3–17 % MVIC) (Khayat & Norris 2018; Saeterbakken ym. 2019; Roth ym. 2020).

Epävakaalla alustalla toteutettavat lankkuharjoitteet osoittautuivat sekä Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen että sen ulkopuolelta löytyneiden artikkelien perusteella RA:ta tehokkaasti aktivoivaksi harjoitemuodoksi. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa eri lankkuvariaatioiden ja epävakaalla alustalla toteutettujen harjoitteiden eroja keskivartalon lihasaktiivisuuksissa selvitettiin useissa tutkimuksissa. Näiden tutkimusten mukaan eniten RA:ta aktivoiva harjoite oli epävakaalla alustalla toteutettu roll-out lankku, jossa lihasaktiivisuutta mitattiin RA:n yläosalle 67–145 % MVIC ja alaosalta 122–140 % MVIC. RA:n aktiivisuus oli korkealla tasolla myös epävakaalla alustalla toteutetussa lankkuharjoitteessa (RA 121 % MVIC; RA:n yläosa 131 % MVIC; RA:n alaosa 93 % MVIC) (Oliva-Lozano & Muyor, 2020). Lisäksi Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen ulkopuolelle jääneessä Lukin ym. (2021) tutkimuksessa havaittiin, että lankku kädet suspensiohahnoilla tuotti RA:lle 137 % MVIC lihasaktivaation. Lukin ym. (2021) ja Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa mukana olleen Byrnen ym. (2014) tutkimuksissa havaittiin, että RA:n lihasaktiivisuus on merkittävästi suurempi, kun epävakaalla alusta on asetettu yläraajojen (136.7 % MVIC) tai sekä ylä- että alaraajojen alle (~60 % MVIC; ~62 % MVIC), kuin jos epävakaalla alusta on vain alaraajojen alla (48 % MVIC; 37 % MVIC) ($p < 0.01$; $p < 0.001$).

Kotona toteutettavista harjoitteista suurimmat lihasaktivaatiot RA:lle tuottivat Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa mukana olleiden tutkimusten perusteella vatsarutistusharjoitteen staattinen vaihe käsien ollessa niskan takana (81 % MVIC), V-istunta (80 % MVIC) ja linkkuveitsi (83 % MVIC) (Crommert ym. 2018; Maeo ym. 2013; Krommes ym. 2017). Perinteisen lankkuharjoitteen RA:lle tuottaman lihasaktiivisuuden tasoa oli tutkittu useissa tutkimuksissa, mutta tuloksissa oli suurta vaihtelua eri tutkimusten välillä; RA:n aktivaatiotaso vaihteli perinteisessä lankkuharjoitteessa välillä 15–75 % MVIC (Oliva-Lozano & Muyor 2020; García-Jaén ym. 2020; Ekstrom, Donatelli & Carp 2007). On huomioitava, että kaikkien tutkimusten kohdalla MVIC-mittauksissa käytetyistä vertailuliikkeistä ei ollut saatavilla tietoa.

M. external oblique abdominis. Vastaavasti kuin RA:n kohdalla, myös *m. external oblique abdominis* -lihaksen (EO) lihasaktivaatio oli Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen perusteella suurimmillaan kuuden toiston maksimivastuksella tehtävässä bulgarialaisessa askelkykyssä vakaalla (155 % MVIC) tai epävakaalla (148 % MVIC) alustalla (Andersen ym. 2014). EO:n korkea lihasaktiivisuus johtunee keskivartalon pyrkimyksestä vastustaa toispuolista kiertoa (Oliva-Lozano & Muyor 2020).

Välineellä toteutettavista liikeharjoitteista suurinta lihasaktivaatiota tuotti jumppapallolla tehtävä stir-the-pot, jossa EO:n lihasaktiivisuudeksi mitattiin 144 % MVIC (Youdas ym. 2017). Kotiharjoitteista vinovatsarutistus ja kylkilankkuharjoitteen eri variaatiot osoittautuivat EO:ta eniten aktivoiviksi liikeharjoitteiksi. Vinovatsarutistus tuotti terveillä koehenkilöillä 94 % MVIC lihasaktivaatiota EO:lle (Pereira ym. 2017). Kylkilankkuharjoitteen havaittiin Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa tarkastelussa olleessa tutkimuksessa tuottavan EO:n lihasaktiivisuutta tavallisimmin 25–38 % MVIC (Biscarini ym. 2019; Ishida & Watanabe 2014; Czaprowski ym. 2014; Maeo ym. 2013). Kuitenkin katsauksen ulkopuolelta olevassa Ekstromin, Donatellin ja Carpin (2007) tutkimuksessa EO:n lihasaktivaatio oli kylkilankussa 69 % MVIC, vaikka tutkimuksen MVIC-mittauksissa käytetyt vertailuliikkeet olivat samankaltaisia. Lisäksi Ishidan ja Watanaben (2014) tutkimuksessa maksimaalisen uloshengityksen havaittiin kohottavan EO:n lihasaktiivisuuden 25 %:sta 75 %:iin maksimitasosta. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa tuli esille, että myös kylkilankkuharjoitteen toteuttaminen epävakaalla alustalla nostaa EO:n aktiivisuutta huomattavasti. Baritellon ym. (2019) tutkimuksessa EO:n aktivaatio kylkilankussa oli 40 % MVIC, mutta kohosi epävakaalla alustalla toteutettuna 76 %:iin ja kun harjoitteeseen lisättiin perturbaatio-tehtävä, EO:n lihasaktiivisuus oli 80 % MVIC.

Ainoastaan Vinsturpin ym. (2015) tutkimuksessa selvitettiin keskivartalolihasien aktiivisuutta kuntosalilaitteella suoritettavassa vartalonkiertoharjoitteessa. Istuen tehtävässä vartalonkiertolaitteessa EO:n lihasaktiivisuus oli 77 % MVIC, joka oli merkitsevästi suurempi kuin seisten tehtävä vartalonkierto vastuskuminauhalla (54 % MVIC) ($p=0.0018$) (Vinsturp ym. 2015).

M. internal oblique abdominis. *M. internal oblique abdominis* -lihasta (IO) tehokkaasti aktivoivissa harjoitteissa korostuu stabiloivat liikeharjoitteet, joissa keskivartalon syvien lihasten aktivaatiota tehostetaan tietoisesti. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen mukaan lankkuharjoitteessa, jossa lantio on kallistettuna posteriorisesti ja lapaluut ovat adduktiossa, IO:n lihasaktiivisuus oli 120 % MVIC (Cortell-Tormo ym. 2017). Katsauksen ulkopuolelle jääneessä Garcia-Jaenin ym. (2020) tutkimuksessa lankku vetäen napaa sisäänpäin (hollowing) tuotti IO:n lihasaktivaatiota 116 % MVIC, joka oli huomattavasti enemmän kuin samassa tutkimuksessa mitatussa perinteisessä lankkuharjoitteessa (31 % MVIC) ($p < 0.001$). Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa mukana olleessa Maeon ym. (2013) tutkimuksessa pelkästään keskivartalolihas hollowing- ja bracing (vatsalihasten maksimaalinen jännitys) -tekniikat aktivoivat IO:ta enemmän kuin muut samassa tutkimuksessa mukana olleet vatsalisharjoitteet. Muista kotona toteutettavista harjoitteista Pereiran ym. (2017) tutkimuksen perusteella IO:ta aktivoi tehokkaasti vinovatsarutistus (108 % MVIC) ja single leg stretch -harjoite (96 % MVIC). Myös bracing-tekniikalla tehostettu vatsarutistus tuotti IO:lle suurta lihasaktivaatiota (88 % MVIC) (Vaiciene ym. 2018).

MVIC:hen suhteutettua IO:n aktiivisuutta vapailla painoilla tai kuntosalilla tehtävissä harjoitteissa selvitettiin Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa vain yhdessä tutkimuksessa (McGill & Marshall 2012), eikä sitä tarkasteltu myöskään katsauksen ulkopuolelta löytämässämme tutkimuksissa. McGillin ja Marshallin (2012) tutkimuksessa kahvakuulaheilautus ylös asti tuotti IO:lle lihasaktivaatiota 81 % MVIC.

M. lumbar erector spinae. Oliva-Lozano ja Muyor (2020) havaitsivat katsauksessaan vapailla painoilla tehtävät kuntosaliharjoitteet tehokkaimmiksi *m. lumbar erector spinae* -lihaksen (LES) aktivoinnissa. Tätä havaintoa tukee myös useat katsauksen ulkopuoliset tutkimukset, joiden mukaan vapailla painoilla suoritettavissa harjoitteissa käytettävällä kuormalla on suuri merkitys harjoitteen tuottamaan ES:n aktivaatioon (Colado ym. 2011; Coratella ym. 2021; Hamlyn ym. 2007; Joseph ym. 2021; Roth ym. 2020). Kuntosaliharjoitteista erityisesti takakykyyn, maastavedon sekä hip thrust -harjoitteen havaittiin tuottavan suurta aktiivisuutta ES:ssa (Oliva-Lozano & Muyor 2020). Täyden kyykyn ja osittaisen kyykyn (44 % MVIC; 46 % MVIC), tangolla suoritettun ja smith-laitteessa suoritettun kyykyn (75 % MVIC; 75 % MVIC) tai takakykyyn ja etukyykyn (43 % MVIC; 46 % MVIC) välillä ei vaikuta olevan

merkitsevää eroa ES:n aktivaatiossa (Silva ym. 2017; Saeterbakken ym. 2019; Yavuz ym. 2015). Andersen ym. (2014) mukaan pelkällä epästabiililla alustalla ei ole merkitsevää vaikutusta takakyykyssä esiintyvään ES:n aktiviteettiin, mutta käyttämällä kyykyssä erityistä destabiloivaa tankoa voidaan mahdollisesti lisätä aktivaatiota (Fletcher & Bagley 2014). Takakyykyyn (130 % MVIC) ja vyökyykyyn (71 % MVIC) välillä ES:n aktivaatiossa on merkitsevä ero, kun harjoitteet suoritetaan 100 %:lla kehonpainosta (Joseph ym. 2020). Tangolla suoritettu maastaveto vaikuttaisi olevan tehokkaampi ES:n aktivoinnissa verrattuna askelkyykyyn ja yhden jalan maastavetoihin (Colado ym. 2011). Kahvakuulalla toteutettavista harjoitteista heilautukset tuottavat suuremman ES:n aktivaation (61 % MVIC) verrattuna tempaukseen (38 % MVIC) ja rinnallevetoon (51 % MVIC) (Lyons ym. 2017). Myös clean and jerk –harjoite näyttäisi aktivoivan ES:ta tehokkaasti, erityisesti kuorman ollessa vesipusseissa destabiloimassa harjoitetta (85 % MVIC) (Calatayud ym. 2015).

Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) mukaan useiden erilaisten kotiharjoitteiden, kuten erilaisten lattialla ja penkillä tehtävien selän ojennusten ja suspensionauhojen avulla toteutettujen siltojen, tuottamat ES:n aktivaatiot ovat hyvin lähellä toisiaan. Sillan, sivulankun tai lintukoiran suorittaminen epävakaa laudalla ei vaikuttaisi lisäävän harjoitteiden tuottamaa ES:n aktiivisuutta (Biscarini ym. 2019). Myöskään Kim ym. (2013) eivät havainneet jumppapallolla suoritettun sillan lisäävän aktiviteettia (46 % MVIC; 46 % MVIC), mutta Harrisin ym. (2017) tutkimuksessa suspensionauhojen avulla suoritettu silta (62 % MVIC) sekä punnerrus (55 % MVIC) johtivat merkitsevästi suurempaan aktivaatioon verrattuna tasaisella alustalla suoritettuihin vastineisiin (46 % MVIC; 41 % MVIC) ($p < 0.0001$; $p = 0.006$). Myös selkälankun suorittaminen jalat suspensiolaitteella vaikuttaisi johtavan merkitsevästi suurempaan ES:n aktiviteettiin verrattaessa tasaisella alustalla suoritettuun ($p < 0.0001$), joskin lukemat jäävät silti verrattain pieniksi (16 % MVIC; 11 % MVIC) (Calatayud ym. 2017). Schellenbergin ym. (2017) mukaan yhdellä jalalla suoritettu selänojennus tuottaa merkitsevästi suuremman ES:n aktiviteetin suorituksen konsentrisessa vaiheessa ($p = 0.002$), mutta sillä, suoritetaanko liike lonkista vai rangasta, ei vaikuta olevan merkitsevää eroa. Yoonin ym. (2018) mukaan yhdellä jalalla suoritettussa siltaharjoitteessa esiintyi suurempaa aktiviteettia (28 % MVIC) kuin kahdella jalalla suoritettussa harjoitteessa (21 % MVIC), mutta ei kuitenkaan aivan tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.05$). Myöskään epävakaa alusta tai lonkan loitonnuksen liikkeen aikana ei lisännyt aktivaatiota merkitsevästi

siltaharjoitteessa (Yoon ym. 2018). Masaki ym. (2015) mukaan lintukoiraoharjoitteen (23 % MVIC) aiheuttamaa aktiiviteettia voidaan kasvattaa lisäämällä kuormaa ylä- ja alaraajoihin. Suurinta lihasaktiiviteettiä tuottava variaatio liikkeestä saadaan lisäämällä kuormat sekä ylä- että alaraajoihin (32 % MVIC).

M. multifidus. Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksessa kuntosaliharjoitteista tehokkaimmin *m. multifidus* aktivoivat Lanen ym. (2019) tutkimuksessa käyttämät takakyykky (55 % MVIC), romanialainen maastaveto (58 % MVIC) sekä kulmasoutu (58 % MVIC). Muutoin katsauksen tutkimuksissa ei juuri tarkasteltu vapailla painoilla suoritettavia harjoitteita. Colado ym. (2011) havaitsivat tutkimuksessaan maastavedon (80 % MVIC), staattisen selänojennuksen (60 % MVIC) sekä askelkyykyn (52 % MVIC) suurinta MF:n lihasaktiiviteettiä tuottaviksi harjoitteiksi, muiden harjoitteiden ollessa erilaisia yhden jalan maastavetoja sekä silta bosu-pallolla. Myös suspensiolaitteella suoritettavat punnerrukset tuottivat kohtalaisen MF:n aktiiviteetin (~55 % MVIC) (Mok ym. 2015). Tämä tosin eroaa merkittävästi Borreanin ym. (2015) mittaamasta aktiiviteetistä vastaavassa harjoitteessa (7 % MVIC).

Oliva-Lozanon ja Muyorin (2020) katsauksen mukaan suurimman MF:n aktiiviteetin kotiharjoitteista tuottivat päinmakuulla suoritettavat vartalon nostot (57 % MVIC) sekä jalkojen nostot (64 % MVIC) Van Oosterwijkin ym. (2017) tutkimuksessa. Erityisen suurta aktiiviteettiä tuottavaksi harjoitteeksi nousi myös lankku kuntopallolla ja lonkan ojennuksella (62 % MVIC), joka tuotti merkitsevästi suurempaa aktiiviteettiä perinteiseen lankkuun (25 % MVIC) verrattuna ($p < 0.001$) (Youdas ym. 2017). Youdas ym. (2016) eivät kuitenkaan havainneet erilaisten siltaharjoitteen variaatioiden, kuten bosu- tai jumppapallolla tai yhdellä jalalla suoritettujen siltaharjoitteiden, välillä merkitsevää eroa MF:n aktiiviteetissä. Myöskään Kim ym. (2013) eivät havainneet eroa MF:n kohdalla verrattessaan erilaisia siltaharjoitteen variaatioita yläraajojen liikkeellä ja jumppapallolla suoritettuna toisiinsa. Masakin ym. (2015) mukaan lintukoiraoharjoitteen tuottamaa aktiivisuutta voidaan lisätä myös MF:n kohdalla lisäämällä kuormaa ylä- ja alaraajoihin. Suurinta aktiiviteettiä tuottava variaatio liikkeestä saadaan lisäämällä kuormat sekä ylä- että alaraajoihin (39 % MVIC).

M. thoracic erector spinae. Coladon ym. (2011) mukaan vapailla painoilla suoritetuista kuntosaliharjoitteista reilusti suurimman thoracic erector spinen (TES) aktivaation tuotti maastaveto (88 % MVIC), jonka jälkeen tehokkaimpia olivat selkäpito vaakapenkissä (52 % MVIC) ja staattinen 1 jalan maastaveto bosu-pallolla (45 % MVIC). Kuntopallolla suoritetuista harjoitteista stir-the-pot vaikuttaisi aktivoivan TES:ta eniten (27 % MVIC) verrattuna erilaisiin lankkuharjoitteisiin (Youdas ym. 2017). Vidarin ym. 2016 mukaan kahden ja yhden käden kahvakuulaheilautuksissa on merkitsevä ero TES:n aktivaatiossa, tehokkaamman variaation riippuessa siitä, että tarkastellaanko ipsi- vai kontralateraalista puolta ($p=0.006$; $p=0.026$). Suurin aktivaatio esiintyi kontralateraalaisella puolella yhdellä kädellä suoritettuna harjoitteen alemmassa vaiheessa (42 % MVIC). Suspensiohahnoilla suoritetuista harjoitteista suurimman TES:n aktivaation tuotti roll-out-harjoite (11 % MVIC) (Cugliari & Boccia 2017). Siltaharjoitetta selin (35 % MVIC) pystytään tehostamaan suorittamalla se alaraajat suspensiohahnoilla (49 % MVIC) (Luk ym. 2021).

Kotiharjoitteista tehokkaimmaksi TES:n aktivoinnissa ovat osoittautuneet Ekstromin ym. (2007) mukaan 1-jalan lantionnosto (40 % MVIC), kylkilankku (40 % MVIC), lantionnosto (39 % MVIC) sekä lintukoira (36 % MVIC). Suorittamalla selänojennus lonkista voidaan TES:a aktivoida enemmän verrattuna rangasta suoritettuun ($p<0.012$), aktivaation jäädessä kuitenkin kokonaisuudessa pieneksi (10 % MVIC; 8 % MVIC) (Schellenberg ym. 2017).

M. iliopsoas. Vain yhdessä kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyssä tutkimuksessa mitattiin *m. iliopsoaksen* lihasaktivaatiota keskivartaloharjoitteiden aikana. Kim ja Lee (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että *m. iliopsoaksen* lihasaktivaatio on hieman suurempi jalkojen nosto – harjoitteessa kuin istumaannousussa sekä liikkeen konsentrisessä (18 % MVIC; 13 % MVIC) että eksentrisessä (19 % MVIC; 16 % MVIC) vaiheessa.

Yhteenvetona kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että sekä *m. rectus abdominikselle* että *m. external oblique abdominikselle* suurimpia lihasaktiivisuuksia tuottivat erilaiset vapailla painoilla suoritettavat kyykkyharjoitteet sekä epävakailla alustoilla toteutettavat lankkuvariaatiot. *M. internal oblique abdominikselle* lihasaktivaatio oli suurimmillaan lankkuharjoitteen eri variaatioissa. Kaikkien selkäpuolen lihasten kohdalla maastaveto oli eniten aktivoivien harjoitteiden joukossa. *M. lumbar erector spinae* kohdalla vapailla

painoilla suoritettavista harjoitteista myös takakyykky ja hip thrust -harjoite tuottivat suuria lihasaktiivisuustasoja. Vartalon stabiiliteettia edellyttävät harjoitteet, kuten staattinen selänojennus ja suspensiopunnerrus, sekä vartalon- ja jalkojen nostot aktivoivat tehokkaasti m. multifidusta. M. thoracic erector spinaelle korkeita lihasaktiivisuuksia tuotti maastavedon lisäksi selkápito vaakapenkissä.

6. TUTKIMUSAIHE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimus on jatkumoa Keski-Suomen keskussairaalassa ja Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisessä tiedekunnassa kahdelle lähivuosina tehdyille pinta-EMG-tutkimukselle, joissa on selvitetty keskivartalon lihasten lihasaktivaatiota eri liikkeissä niin terveillä oireettomilla henkilöillä kuin alaselkäoperaation läpikäyneillä potilailla (Tarnanen 2014; Hiirikoski & Sillantaka 2021). Tämä tutkimus eroaa aiemmista tutkimuksista valittujen liikkeiden osalta sekä siten, että liikkeet kategorisoitiin eri luokkiin: keskivartalon laiteharjoitteisiin, kuntosaliharjoitteisiin sekä kotiharjoitteisiin. Tutkimukseen valittiin kuntoutuksessa yleisesti käytettyjä sekä vähemmän tutkittuja harjoitteita, joita verrataan aiemmissa tutkimuksissa suurta lihasaktivaatiota tuottaviin kuntosali- ja kotiharjoitteisiin.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä harjoitteet tuottavat suurimmat keskivartalon lihasaktivaatiot ja verrata keskivartalolihaksiin kohdistettujen laiteharjoitteiden, kuntosaliharjoitteiden sekä kotiharjoitteiden eroja niiden tuottamien lihasaktiivisuuksien osalta. Oletimme suurimman lihasaktiivisuuden tuottavien harjoitteiden olevan erilaisia tarkasteltavasta lihaksesta riippuen. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa tietoa harjoitteiden tuottamasta lihasaktiivisuudesta, jota voitaisiin myöhemmin hyödyntää selän kuntoutusohjelmien laadinnassa.

Tutkimuskysymykset:

1. Mitkä harjoitusliikkeet tuottavat suurimmat lihasaktivaatiot keskivartalolihaksissa pintaelektromyografialla mitattuna?
2. Eroavatko laite-, kuntosali- ja kotiharjoitteiden tuottamat keskivartalolihasten lihasaktivaatiot toisistaan pintaelektromyografialla mitattuna?

7. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä poikkileikkaustutkimuksessa verrattiin eri harjoitteiden tuottamia lihasaktivaatioita keskenään. Tutkimuskysymyksiin vastattiin mittaamalla pinta-EMG-aktiivisuutta seitsemästä keskivartalon lihaksesta vartalon oikealta puolelta erilaisten keskivartaloharjoitteiden aikana. Keskiarvoista EMG-amplitudia käytettiin tunnistamaan harjoitteet, joissa esiintyy suurin lihasaktivaatio koko harjoitteen ajan, ja maksimaalisia EMG-arvoja käytettiin tunnistamaan harjoitteet, jotka tuottavat suurimman hetkittäisen EMG-aktiivisuuden. EMG-arvot suhteutettiin tutkittavien maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon.

Mittauksiin tarvittava laitteisto saatiin sairaala Novalta ja mittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntatieteiden liikuntalaboratorion tiloissa. Tutkijat saivat asianmukaisen perehdytyksen laitteiston käyttöön. Työn ohjaajina toimivat yliopistotutkija Juhani Multanen ja fysiatrian ylilääkäri dosentti Jari Ylinen (eläköitynyt 10/2021). Työ toteutettiin opiskelijoiden parityönä.

7.1 Tutkittavat

Tutkimuksen aineiston keruu toteutettiin mittaamalla koehenkilöiden keskivartalolihasien pinta-EMG-aktiivisuutta valittujen harjoitusliikkeiden aikana. Tutkimuksen koehenkilöiksi rekrytoitiin 12 vapaaehtoista sisäänottokriteerit täyttävää koehenkilöä. Tutkimuksen sisäänottokriteereinä olivat halukkuus osallistua tutkimukseen, lisäksi tutkittavien tuli olla perusterveitä 18–60-vuotiaita miehiä, joiden kehon painoindeksi eli BMI:n tuli olla alle 30 kg/m². BMI:n avulla pyrittiin, tarkempien rasvan määrän mittausten puuttuessa, kontrolloimaan tutkittavien ihonalaisen rasvan määrää, joka vaimentaa pinta-EMG-signaalin voimakkuutta (Criswell 2010, 37). Tutkittavilla ei saanut esiintyä alla olevissa poissulkukriteereissä mainittuja rangan alueen oireita tai muita sairauksia ja vammoja, jotka voisivat estää voimakkaan kuormituksen tutkimuksessa. Poissulkukriteereinä olivat akuutti selkäkipu tai hermojuuriperäiset oireet 3kk ennen tutkimusta tai välilevyperäiset selkäkiput, spondylolyyysi, -listeesi tai rangan murtumat 12kk ennen tutkimusta.

Tutkittavien rekrytointi tapahtui vapaaehtoisuuteen perustuen Jyväskylän yliopistosta sekä lähialueen kuntosalien käyttäjistä. Jyväskylän yliopiston opiskelijoille lähetettiin sähköpostilistan kautta tiedote tutkimuksesta ja myös yliopiston yleisten tilojen ilmoitusseinille laitettiin tutkimustiedotteita. Tutkimustiedotteita laitettiin lisäksi lähialueen kuntosalien ilmoitustauluille. Kun tutkittava ilmaisi halukkuutensa osallistua tutkimukseen, tutkijat olivat häneen yhteydessä puhelimitse tai kasvokkain, jolloin haastattelun muodossa arvioitiin sisäänotto- ja poissulkukriteereiden täyttyminen. Mikäli henkilö osoittautui soveltuvaksi tutkimukseen, hänelle toimitettiin sähköpostitse tutkittavien tiedote (liite 6), tietosuojalomake (liite 7) ja suostumus tutkimukseen osallistumisesta (liite 8). Samassa yhteydessä tutkittavan kanssa sovittiin ensimmäisen mittauskerran ajankohta. Tutkimusaineiston keräämisen jälkeen aineisto pseudonymisoitiin luomalla jokaiselle tutkittavalle tunnistekoodi, minkä jälkeen tutkimusaineistoa käsiteltiin vain tunnistekoodin perusteella siten, ettei yksittäisten tutkittavien henkilöllisyyttä voinut tunnistaa.

7.2 Mitattavat harjoitteet

Tutkimuksessa mitattavat keskivartaloharjoitteet valittiin tutkijoiden ja toimeksiantajan kesken. Tutkimukseen valittiin liikeharjoitteita tutkimuskysymyksen mukaisesti kolmesta eri harjoiteryhmästä, jotka olivat keskivartalon laiteharjoitteet, kuntosaliharjoitteet sekä kotiharjoitteet. Keskivartaloon kohdistuvista laiteharjoitteista tutkimukseen valikoitui selän ekstensio istuen laitteessa, vartalon kierto seisten laitteessa sekä lonkan koukistus laitteessa. Kuntosaliharjoitteista tutkimukseen otettiin taljassa työntö-veto, Pallof-työntö ja BodyBow-harjoite sekä kotiharjoitteista kiertolankku, keppikierto ja neljän raajan nosto (kuva 1).

Tutkimuksessa mukana olevat harjoitteet ohjattiin tutkittaville ensimmäisellä mittauskerralla. Kaikille osallistujille annettiin sama ohjeistus ja näytettiin mallisuoritukset liikkeistä, jonka jälkeen tutkittavat harjoittelivat liikkeitä. Suoritusnopeus vakioitiin neljään sekuntiin metronomin avulla kaikissa muissa liikeharjoitteissa, paitsi kepillä tehtävässä kiertoliikkeessä, jossa liike oli luonteeltaan jatkuva. Liikkeet, joissa suoritusnopeus oli vakioitu, toiston konsentrisen ja eksentrisen vaiheen kesto oli kaksi sekuntia. Poikkeuksen muodosti neljän

raajan nosto, jossa pienen liikeradan vuoksi konsentrisen ja eksentrisen vaihe kestivät yhden sekunnin ja välissä oli kahden sekunnin pito. Tarvittaessa tutkittavia kehoitettiin korjaamaan suoritustekniikka suorituksen aikana.

Tutkittaville annettiin seuraavat ohjeistukset laiteharjoitteiden osalta:

1. Selänojennus laitteessa: “Asetu istumaan laitteeseen rulla yläselän kohdalla. Aseta jalkaterät tukien päälle ja kädet ristiin rintakehälle. Ojenna selkä ohjeistetulle liikelaajuudelle, palauta hallitusti takaisin.”

2. Vartalonkierto laitteessa: “Asetu seisomaan laitteeseen, reidet tuettuna patjaa vasten. Aseta toinen käsi toisen käsityynyn eteen ja toinen toisen taakse hartiatasossa. Kierrä vartaloa ohjeistetulle liikelaajuudelle, palauta hallitusti takaisin.”

3. Lonkankoukistus laitteessa: “Asetu seisomaan laitteeseen, aseta toinen jalka rullan taakse ja pidä molemmilla käsillä tangosta kiinni. Alkuasennossa lonkka on ojennettuna hieman taakse. Pyri pitämään selän neutraali asento ja ylävartalo paikallaan. Koukista vasenta lonkkaa 90 asteen kulmaan ja palauta lonkka alkuasentoon jarruttaen liikettä.”

Tutkittaville annettiin seuraavat ohjeistukset kuntosaliharjoitteiden osalta:

4. Taljassa työntö-veto: “Seiso ristikkäistaljan keskellä niin, että rintamasuunta on kohti toista taljaa ja molemmissa käsissä on vetokahvat. Toinen vetokahva tulee vartalon edestä (käsi on ojennettuna suoraksi eteen) ja toinen takaa (käsi on koukussa vartalon vieressä). Jalat ovat hieman lantiota leveämmässä asennossa ja polvissa on pieni koukistus. Tee samanaikaisesti toisella kädellä vetoliike vartalon viereen ja toisella kädellä työntöliike suoraksi eteen. Pidä vartalo liikkumattomana.” Oikean ja vasemman puolen määrittää työntävä käsi.

5. Pallof-työntö: “Seiso kylki kohti taljaa. Ota taljan kahva molempiin käsi ja pidä kahva rintalastan kohdalla lähellä vartaloa. Ojenna kädet suoriksi ja pidä vartalo paikallaan. Palauta kädet takaisin vartalon eteen.” Oikea- ja vasen puoli määrittyy sen perusteella, kumpi kylki on kohti taljaa.

6. BodyBow-harjoite: “Asetu kylkimakuulle BodyBow-kaaren päälle. Tue jalat seinää vasten, niin että alempi jalka on edessä ja päällimmäinen jalka takana. Alkuasennossa ylävartalo on kiertynyt kohti lattiaa ja kädet koskettavat kevyesti lattiaa. Nosta ylävartalo ylös ja kierrä kohti seinää. Tuo alempi käsi vastakkaiselle hartialle ja aseta päällimmäinen käsi vartalon viereen. Palaa hallitusti alkuasentoon.”

Tutkittaville annettiin seuraavat ohjeistukset kotiharjoitteiden osalta:

7. Kiertolankku: “Asetu lankkuasentoon vartalo suorassa linjassa. Kierrä vartalo kylkilankkuun ja tuo käsi vartalon viereen. Jalkaterät pysyvät samoilla sijoilla mutta kiertyvät. Palaa takaisin lankkuasentoon ja tee sama toiselle puolelle.”

8. Kiertoliike kepillä: “Asetu istumaan hoitopöydän reunalle. Hoitopöydän korkeus säädetään niin, että polvet ovat 45 asteen kulmassa. Aseta keppi hartioiden taakse. Kallista ylävartaloa selkä suorana eteenpäin 45 asteen kulmaan. Kierrä keppiä pienellä liikeradalla puolelta toiselle.”

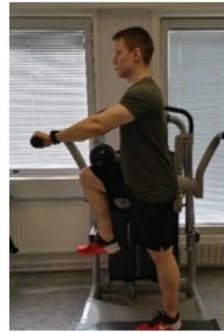
9. Neljän raajan nosto: “Asetu lattialle vatsamakuulle ja ojenna kädet suoriksi eteen. Pidä katse kohti lattiaa. Nosta yhtäaikaaisesti kädet ja jalat irti lattiasta niin että selkä kaareutuu hieman. Pidä yläasennossa kaksi sekuntia ja laske raajat rauhallisesti takaisin alustaan.”



1. Selänojennus laitteessa



2. Vartalonkierto laitteessa



3. Lonkankoukistus laitteessa



4. Taljassa työntö-veto



5. Pallof-työntö, alku- ja loppuasento



6. BodyBow-harjoite, alku- ja loppuasento



7. Kiertolankku, alku- ja loppuasento



8. Keppikierto



9. Neljän raajan nosto

KUVA 1. Harjoitusliikkeet 1–9 (kuvat E-M. Manninen).

7.3 Pinta-EMG-mittaukset

Ensimmäisen mittauskerran yhteydessä tutkittavat täyttivät kyselylomakkeen (liite 9), jossa kartoitettiin tutkimuksen kannalta tarpeellisia henkilötietoja, terveystietoja ja taustamuuttujia. Henkilötiedoista kyselylomakkeessa kysyttiin tutkittavan nimi, syntymäaika ja puhelinnumero. Terveystietojen osalta kyselylomakkeessa kartoitettiin mahdollisia aiempia selkäoireita tai muita sairauksia, joiden perusteella tutkijat voivat arvioida sisäänottokriteereiden täyttymistä ja tutkimuksen turvalliseen suorittamiseen vaikuttavia tekijöitä. Taustamuuttujista tupakointia, toimeentuloa ja fyysistä aktiivisuutta selvitettiin tutkittavien taustatietojen vertailemiseksi. Fyysisen aktiivisuuden mittarina käytettiin sovellettua Kasarin FIT-indeksiä, jossa tutkittava arvioi kyselylomakkeella vapaa-ajan fyysistä aktiivisuuttaan.

Mittaukset toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisellä mittauskerralla selvitettiin tutkittavien keskivartalon lihasten maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto keskivartalon koukistuksessa, ojennuksessa sekä kiertosuunnissa. MVIC:n mittaamiseen käytettiin laitteita, joissa tutkittava saatiin fiksoitua tukevasti suoritusten ajaksi (kuva 2). Laitteet kalibroitiin ennen mittausten aloittamista käyttämällä metrin pituista kalibroitintankoa sekä 5 kg:n ja 9.9 kg:n painoja. Kalibroitintangon vaakatasoasennosta vipuvarren oikean etäisyyden saamiseksi varmistuttiin vatupassilla ja laite säädettiin täsmäämään käytettyjen painojen lukemia. Tutkittavat suorittivat ennen maksimaalisia suorituksia kolme lämmittelysarjaa asteittain kohoavalla intensiteetillä kussakin liikkeessä. Tutkittavat suorittivat kaksi tai kolme maksimaalista suoritusta, riippuen oliko ensimmäisten kahden suorituksen välillä yli 10 %:n ero tuotetussa voimassa. Maksimisuoritus ohjeistettiin toteuttamaan välttämättä äkillistä nykäisyä liikkeen alussa, tarkoituksena välttää äkillisen liikkeen aiheuttama piikki lihasaktivaatiodatassa. Data tarkastettiin epänormaalien lihasaktiivisuuspiikkien varalta, jotka tarvittaessa suljettiin pois. Tämän jälkeen koko suorituksen ajalta määritettiin lihasaktiivisuuden huippuarvo, jota käytettiin datan normalisoinnissa MVIC-arvona. Lisäksi ensimmäisellä mittauskerralla harjoiteltiin tutkimuksessa suoritettavat harjoitteet ja määritettiin 10 toiston maksimikuorma laiteharjoitteille, maksimitoistomäärä kehonpainoharjoitteille sekä maksimikesto isometrisille harjoitteille.

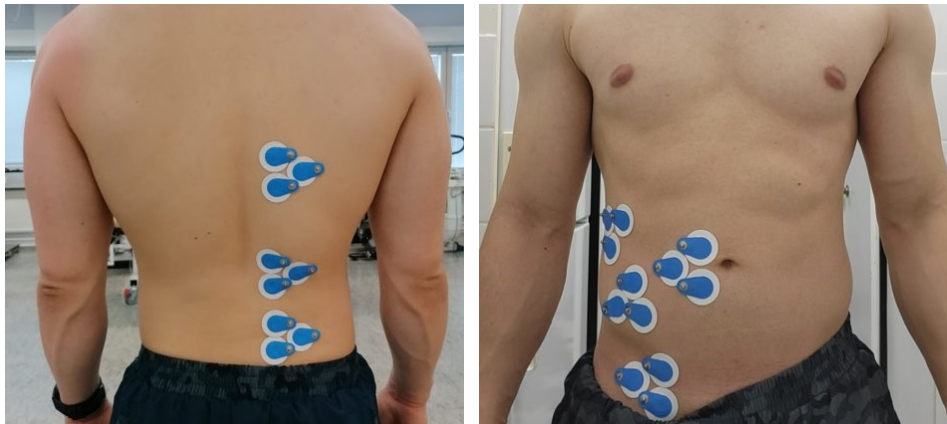
Isometrisissä harjoitteissa tutkittavat saivat yhden varoituksen ennen suorituksen keskeyttämistä. Suoritus keskeytettiin, mikäli tutkittava ei pystynyt ylläpitämään oikeaoppista suoritustekniikkaa, suoritustahtia tai suoritus kesti yli 4 minuuttia.



KUVA 2. MVIC:n mittaamiseen käytetyt laitteet ekstensio-, fleksio- ja rotaatiosuuntiin.

Toinen osa mittauksista suoritettiin noin viikon päästä ensimmäisestä kerrasta. Tällöin tutkittavat suorittivat laiteharjoitteissa 10 toiston lämmittelysarjan käyttäen 50 % kuormaa aiemmin selvitetystä 10 toiston maksimista. Toisessa sarjassa, joka mitattiin, tutkittavat suorittivat 6 toistoa käyttämällä 10 toiston maksimin kuormaa (liite 10). Isometrisissä harjoitteissa ja kehonpainoharjoitteissa sarjan pituus oli 60 % maksimikestosta tai -toistomäärästä. Sama menettely toistettiin molempiin suuntiin kaksisuuntaisissa harjoitteissa. Tutkittava ei suorittanut sarjaa täydelliseen lihasväsymykseen välttyäkseen liialliselta uupumiselta mittauskerran aikana. Toistojen kesto standardisoitiin neljään sekuntiin metronomin avulla. Jokaisen harjoitteen jälkeen tutkittavilta tiedusteltiin mahdollista harjoitteen jälkeistä selkäkkipua 0–100 mm visual analog scale:n (VAS) avulla. Mikäli mittausdatassa havaittiin dataa käsitellessä puutteita tai häiriötä, koehenkilö pyydettiin tarvittaessa kolmannelle mittauskäynnille. Koko tutkimusaineistosta kaksi mittausarvoa suljettiin pois niiden ollessa virheellisiä runsaiden häiriösignaalien vuoksi. Yhden koehenkilön laiteharjoitteissa tehdyt mittaukset jouduttiin myös jättämään tutkimuksesta pois virheellisesti määritettyjen vastusten vuoksi, eikä uusintamittaus aikataulullisista syistä onnistunut.

Pinta-EMG-mittaukset toteutettiin langattomalla ME6000 EMG-laitteella (Mega Electronics Ltd, Kuopio, Finland). Elektrodeina käytettiin kertakäyttöisiä pintaelektrodeja, joiden mittauspinta ala oli noin 1.0 cm². Lihaskäytävyyttä mitattiin pinta-EMG:n avulla kehon oikealta puolen seuraavista keskivartalon lihaksista: m. multifidus, m. internal oblique, m. external oblique, m. rectus abdominis, m. iliopsoas, m. erector spinae lumbaris ja m. erector spinae thoracic (kuva 3). Elektrodit asetettiin Seniam (2021) -toimintaohjeiden mukaisesti siten kuin ne olivat saatavilla valittujen lihasten osalta. Muutoin elektrodit asetettiin Criswell (2010) suositusten mukaisesti. Elektrodit asetettiin seuraavasti: M. multifiduksen elektrodit asetettiin L5-nikaman tasalle selän ojentajien lihasrungon päälle, n. 2 cm keskitasosta. M. internal obliquen elektrodit asetettiin 2 cm mediaalisesti spina iliaca anterior superiorista. M. external obliquen elektrodit asetettiin 2 cm superiorisesti ja lateraalisesti spina iliaca anterior superiorista. M. rectus abdominiksen elektrodit asetettiin navan oikealle puolelle molemmin puolin lihasrungon päälle. M. iliopsoaksen elektrodit asetettiin 2 cm inferiorisesti ja n. 1 cm mediaalisesti spina iliaca anterior superiorista. M. erector spinae lumbarin elektrodit asetettiin L3-nikaman tasalle lihasrungon päälle. M. erector spinae thoraciksen elektrodit asetettiin Th9-nikaman tasalle lihasrungon päälle. Sama tutkija asetteli elektrodit kaikille paitsi yhdelle tutkittavalle, jonka asettelun hän kuitenkin tarkasti, jotta voitiin varmistua johdonmukaisesta elektrodien asettelusta kaikkien tutkittavien kohdalla.



KUVA 3. Elektrodiasettelu.

EMG-elektrodit asetettiin ihoon kymmenen minuuttia ennen mittausten alkamista, jotta elektrodit kiinnittyivät hyvin ja tutkittava ehti tottua niihin. Elektrodin hyvän ihokontaktin ja hyvälaatuisen signaalin aikaansaamiseksi ihokarvat poistettiin, ihoa karhennettiin ja puhdistettiin alkoholilla. Elektrodien paikallaan pysyminen liikkeiden aikana varmistettiin tarvittaessa teippaamalla elektrodit ihoon. Hyvän signaalilaadun varmistamiseksi käytettiin esivahvistinkaapeleita. Referenssielektrodit asetettiin jokaisen elektrodiparin viereen valmistajan ohjeiden mukaisesti. EMG-signaalien nollatasot varmistettiin ennen mittauksia tutkittavien ollessa rentona paikallaan. Raaka EMG-data tallennettiin 1000 Hz näytteenottotaajuudella ja tallennettiin kovalevyille verkkoon myöhempää tulosten analysointia varten.

7.4 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät

Tutkimusaineisto tallennettiin pseudonymisoituna Jyväskylän yliopiston S-aseman jaetulle verkkolevyille. Täytetyt kyselylomakkeet säilytettiin tutkimuksen aikana tutkimuksesta vastaavan henkilön, Juhani Multasen, työhuoneessa kahden fyysisen lukon takana. Tutkimuksen aikana kerättävää aineistoa suunnitellaan käytettävän kertaluonteisesti ja sitä säilytetään viiden vuoden ajan tutkimuksen tulosten julkaisemisesta. Tutkimusaineiston käytöstä ja käsittelystä tehtiin erillinen aineistohallintasuunnitelma.

Pinta-EMG-datasta määritettiin koko suorituksen ajalta keski- ja huippuarvot. Data käsiteltiin tasasuuntaamalla ja normalisoimalla se tutkittavan maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon. Aineistosta analysoitiin ja raportoitiin sen kvantitatiiviset muuttujat. Harjoitteiden ja harjoiteryhmien välisiä eroja testattiin IBM SPSS Statistics 28.0 –ohjelmalla. Muuttujien normaalijakaumista riippuen muuttujia tarkasteltiin keskiarvojen ja keskihajontojen tai mediaanien ja interkvartaalivälien avulla. Otoksoon pienuuden takia eri harjoitteiden välisiä eroja tarkasteltiin non-parametrisesti Friedmanin testillä. Friedmanin testin post-hoc vertailuissa käytettiin Bonferroni-korjattuja p-arvoja. Parittaisia vertailuja erityisen mielenkiinnon kohteena olevien ja samankaltaisten harjoitteiden välillä tehtiin myös Wilcoxonin testillä. Luottamustaso analyyseissä oli 5 % ($p < 0.05$).

7.5 Tutkimuksen eettisyys

Tämän tutkimuksen suunnittelussa, toteutuksessa ja raportoinnissa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä (Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) 2021). Tutkimuksessa noudatettiin Jyväskylän yliopiston tietoaineistojen hallinnan periaatteita. Tutkimusryhmän jäsenet ovat myös sitoutuneet suojaamaan osallistujien yksityisyyttä tietosuojalain 1050/2018 ja henkilötietoihin liittyvän yleisen tietosuoja-asetuksen (GDPR) mukaisesti. Tutkimuksen henkilötietojen käsittely on tarkasti suunniteltua ja tutkimuksesta vastaava yliopistotutkija Juhani Multanen vastaa tietojen käsittelyn asianmukaisuudesta koko tutkimuksen ajan. Hän vastaa myös tutkimusaineiston käyttövaltuuksien valvonnasta. Rekisterinpitäjänä tutkimuksessa toimii Jyväskylän yliopisto.

Fyysistä suorituskkyä mitattaessa (isometriset maksimivoimatestit) puututaan tutkittavien fyysiseen koskemattomuuteen, joten tutkimus on tutkimuslain alainen ja sen suorittamiselle haettiin Jyväskylän yliopiston ihmistieteiden eettisen toimikunnan puoltava lausunto joulukuussa 2021 (1643/13.00.04.00/2021).

8. TULOKSET

Tutkimukseen osallistui 12 koehenkilöä, joilta mitattiin pinta-EMG-aktiivisuutta seitsemästä eri keskivartalolihasesta kehon oikealta puolelta erilaisissa liikeharjoitteissa. Koehenkilöiden keski-ikä oli 33.4 vuotta ja painoindeksi keskimäärin 25.8 (taulukko 2). Tutkittavilta selvitettiin taustamuuttujana alaselkäkivun voimakkuutta viimeisen viikon aikana, joka oli keskimäärin 4.9 mm asteikolla 0–100 mm, selittyen tutkittavien kertoman mukaan kovatehoisen harjoittelun tai pitkäkestoisen istumisen aiheuttamilla lihaskireystuntemuksilla. Fyysistä aktiivisuutta kartoittavan Kasarin FIT-indeksin pistemäärän keskiarvo oli 58, joka kuvaa mittarin neliportaisen tulkinta-asteikon mukaan hyvää liikunta-aktiivisuuden tasoa (37–63).

TAULUKKO 2. Tutkittavien taustatiedot.

Taustamuuttujat	Min.	Max.	Ka.	SD
Ikä	25	57	33.4	9.2
Pituus (cm)	165	183	174.8	5.6
Paino (kg)	67	92	78.8	7.6
BMI (kg/m ²)	21.6	29.8	25.8	2.1
Kivun voimakkuus, mm (0-100)	0	21	4.9	7.4
Savuketta vuorokaudessa	0	10	1.4	3.2
Fyysinen aktiivisuus (FIT-indeksi)	16	100	58	22.3

Min=minimi; Max=maksimi; Ka=keskiarvo; SD=keskihajonta

Pinta-EMG-datan normalisointia varten tutkittavilta mitattiin ensimmäisellä mittauskerralla keskivartalolihasen maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto (MVIC) vartalon ojennus-, koukistus- ja molemmissa kiertosuunnissa. MVIC-mittausten aikana mitattiin jokaisen lihaksen maksimaalinen pinta-EMG-arvo (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Vartalon oikean puolen lihasten maksimaalinen isometrinen voimantuotto (MVIC) ja maksimaalinen pinta-EMG aktiivisuus keskiarvoina (keskihajontoina).

	MVIC, Nm tai kg	maxEMG amplitudi, μ V						
		RA	EO	IO	ILIO	LES	MF	TES
Vartalon ojennus	66 (19) kg	30 (17)	139 (102)	243 (139)	184 (112)	587 (410)	473 (393)	587 (378)
Vartalon koukistus	88 (32) kg	567 (449)	371 (183)	392 (203)	399 (337)	117 (72)	64 (32)	447 (342)
Vartalon kierto oikealle	11 (3) Nm	237 (162)	239 (125)	330 (238)	577 (256)	176 (88)	87 (45)	476 (399)
Vartalon kierto vasemmalle	13 (3) Nm	220 (158)	345 (141)	262 (151)	242 (131)	104 (81)	131 (103)	144 (125)

RA = rectus abdominis; EO = external oblique abdominis;

IO = internal oblique abdominis; ILIO = iliopsoas; LES = lumbar erector spinae;

MF = lumbar multifidus, TES = thoracic erector spinae.

μ V = mikrovoltti; Nm = Newtonmetri.

Keskivartalolihashasten lihasaktiivisuuksien keskiarvot eri liikeharjoitteissa on esitetty taulukossa 4 ja maksimi-arvot taulukossa 5 prosenttiosuuksina maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta. Kuvissa 4–10 on kuvattuna lihaskohtaisesti eri liikeharjoitteiden tuottaman lihasaktiivisuuden keskiarvo vastaavasti suhteutettuna maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon.

M. rectus abdominis. *M. rectus abdominikselle* (RA) suurinta lihasaktiivisuutta tässä tutkimuksessa tuotti kiertolankkuharjoite, jossa pinta-EMG-aktiivisuuden keskiarvo oli 22.6 % MVIC ja maksimi-arvo oli 63.4 % MVIC. Lihasaktiivisuuden keskiarvoa tarkasteltaessa BodyBow-harjoite oikealle suoritettuna (11.3 % MVIC) ja lonkankoukistus laitteessa oikealla puolella (7.5 % MVIC) tuottivat RA:lle seuraavaksi korkeimmat arvot. Samoissa liikkeissä mitattiin seuraavaksi korkeimmat arvot myös maksimi-arvojen osalta, joista oikean alaraajan

lonkankoukistuksen maksimiarvo (40.0 % MVIC) oli hieman suurempi kuin BodyBow-harjoitteessa oikealle (37.1 % MVIC).

M. external oblique abdominis. *M. external oblique* abdominiksen (EO) osalta tässä tutkimuksessa eniten lihasaktiivisuutta keskiarvon perusteella tuotti BodyBow-harjoite oikealle (35.3 % MVIC), jonka maksimiarvo (104.3 % MVIC) oli myös korkeimmalla tasolla. Lisäksi kiertolankku (26.0 % MVIC), vartalonkiertolaite vasemmalle (21.0 % MVIC) ja oikealle (17.2 % MVIC) sekä taljassa tehtävä työntö-vetoharjoite oikean yläraajan työntäessä (16.5 %) tuottivat EO:lle keskiarvoltaan seuraavaksi suurimpia pinta-EMG-arvoja. Maksimiarvoja tarkasteltaessa EO:n osalta esille nousi oikealle suoritettuna BodyBow-harjoitteen jälkeen kiertolankku (73.3 % MVIC), lonkankoukistuslaite oikealla alaraajalla (63.2 %) sekä vartalonkiertolaite vasemmalle (57.6 %).

M. internal oblique abdominis. Suurinta lihasaktiivisuutta *m. internal oblique abdominis* – lihakselle (IO) tuotti keskiarvon perusteella vartalonkiertoharjoite oikealle (46.0 % MVIC), mutta myös Pallof-työntö suoritettuna vasen kylki kohti taljaa (33.2 % MVIC), BodyBow-harjoite oikealle (32.7 % MVIC), kiertolankku (26.6 %) sekä taljassa työntö-vetoliike vasemman yläraajan työntäessä (26.3 % MVIC) aiheuttivat varsin korkeita lihasaktiivisuuden keskiarvoja IO:lle. Samat liikeharjoitteet erottuivat myös suurimpina IO:n lihasaktiivisuuden maksimiarvoa tuottavina harjoitteina; vartalonkiertolaite oikealle IO:n (128.9 % MVIC), BodyBow-harjoite oikealle (96.8 % MVIC), Pallof-työntö vasen kylki kohti taljaa (80.5 % MVIC), taljassa työntö-vetoliike vasemman yläraajan työntäessä (78.6 % MVIC) sekä kiertolankku (71 % MVIC).

M. iliopsoas. Korkeimmat lihasaktiivisuusarvot *m. iliopsoakselle* (ILIO) mitattiin sekä keskiarvon (46.8 % MVIC) että maksimiarvon (132.6 % MVIC) osalta lonkankoukistuslaitteessa oikealla alaraajalla suoritettuna. Seuraavaksi korkeimmat ILIO:n keskiarvot mitattiin vartalonkiertolaitteessa oikealle (34.1 % MVIC) sekä BodyBow-harjoitteessa oikealle (25.8 % MVIC). Samoissa liikkeissä havaittiin myös korkeimmat ILIO:n maksimiarvot, jotka olivat oikealle suoritettuna BodyBow-harjoitteessa 85.7 % MVIC ja oikealla alaraajalla tehdyssä lonkankoukistuslaitteessa 84.5 % MVIC.

M. lumbar erector spinae. *M. lumbar erector spinae* –lihakselle (LES) suurimmat lihasaktiivisuusarvot tuottivat neljän raajan nosto ja selänojennus laitteessa. LES:n lihasaktiivisuuden keskiarvo oli neljän raajan nostossa 43.9 % MVIC ja selänojennuslaitteessa 43.6 % MVIC, ja maksimiarvoksi neljän raajan nostossa mitattiin 111.7 % MVIC ja selänojennuksessa 123.9 % MVIC. Näiden harjoitteiden jälkeen eniten lihasaktiivisuutta LES:lle tuotti oikealle suoritettu vartalonkierto laitteessa (keskiarvo 22.3 % MVIC; maksimiarvo 58.1 % MVIC), BodyBow-harjoite oikealle (ka 21.0 % MVIC; max 60.8 % MVIC) sekä Pallof-työntö vasen kylki kohti taljaa (ka 19.9 % MVIC; max 49.8 % MVIC).

M. multifidus. Eniten *m. multifidus* (MF) aktivoiviksi liikeharjoitteiksi osoittautuivat LES:n tavoin neljän raajan nosto ja selänojennus laitteessa. MF:n lihasaktiivisuuden keskiarvoksi havaittiin neljän raajan nostossa 47.7 % MVIC ja selänojennuksessa laitteessa 44.2 % MVIC, kun taas maksimiarvo oli neljän raajan nostossa 115.0 % MVIC ja selänojennuslaitteessa 112.2 % MVIC. Seuraavaksi tehokkaimpina harjoitteina MF:lle keskiarvon perusteella nousi BodyBow-harjoite oikealle (20.7 % MVIC), vartalonkiertolaite vasemmalle (20.0 % MVIC) ja kierto liike kepillä (18.9 % MVIC). Maksimiarvoa tarkasteltaessa seuraavaksi eniten aktivoivat harjoitteet olivat BodyBow-harjoite oikealle (55.3 % MVIC), vartalonkiertolaite oikealle (51.6 % MVIC) ja vasemmalle (47.3 % MVIC). Keppikiertoharjoitteessa, joka keskiarvon perusteella nousi eniten MF:ta aktivoivien harjoitteiden joukkoon, lihasaktiivisuuden maksimiarvo jäi matalahkoksi (36.4 % MVIC).

M. thoracic erector spinae. *M. thoracic erector spinae* –lihaksen (TES) lihasaktiivisuus oli selvästi korkeimmillaan neljän raajan nostossa, jossa TES:n keskiarvo oli 62.8 % MVIC ja maksimiarvo oli 132.3 % MVIC. Keskiarvon perusteella seuraavaksi eniten TES:sta aktivoi selänojennuslaite (30.9 % MVIC), Pallof-työntö vasen kylki kohti laitetta (30.4 % MVIC) ja vartalonkierto laitteessa oikealle (27.1 % MVIC). Neljän raajan noston jälkeen suurimpia maksimiarvoja tuottivat BodyBow-harjoite vasemmalle (97.8 % MVIC), kierto lankku (86.0 % MVIC), selänojennuslaite (74.6 % MVIC) sekä Pallof-työntö vasen kylki laitetta kohti (72.2 % MVIC). Vartalonkiertoliikkeessä oikealle TES:n maksimiarvo oli 59.7 % MVIC.

Harjoitteiden väliltä löytyi tilastollisesti merkitseviä eroja kaikkien lihasten osalta sekä keskiarvojen että maksimiarvojen kohdalla ($p < 0.001$). Verrattaessa harjoiteluokkia toisiinsa, tutkimukseen valikoidut kotiharjoitteet tuottivat kokonaisuutena suuremman keskimääräisen RA:n aktivaation verrattaessa keskivartalon laiteharjoitteisiin ja kuntosaliharjoitteisiin ($p = 0.003$; $p = 0.043$). EO:n kohdalla kuntosaliharjoitteet tuottivat suurempaa keskimääräistä aktivaatiota verrattuna kotiharjoitteisiin ($p = 0.009$). Kuntosaliharjoitteissa mitattiin merkitsevästi suurempi keskimääräinen IO:n aktivaatio kotiharjoitteisiin verrattaessa ($p = 0.002$). Keskivartalon laiteharjoitteissa havaittiin suurempi keskimääräinen ILIO:n aktivaatio sekä kotiharjoitteisiin että kuntosaliharjoitteisiin verrattuna ($p < 0.001$; $p = 0.009$). LES:n kohdalla kotiharjoitteiden keskimääräinen lihasaktivaatio oli merkitsevästi suurempi kuin kuntosaliharjoitteissa ($p < 0.001$). Keskivartalon laiteharjoitteet ja kotiharjoitteet tuottivat keskimääräisesti suuremman MF:n aktivaation verrattaessa kuntosaliharjoitteisiin ($p = 0.017$; $p < 0.001$). Kotiharjoitteet tuottivat suuremman keskimääräisen TES:n aktivaation verrattaessa kuntosaliharjoitteisiin ja keskivartalon laiteharjoitteisiin ($p = 0.017$; $p < 0.001$).

Neljän raajan noston ja selänojennuslaitteen tuottamaa keskimääräistä EMG-aktivaatiota verrattiin toisiinsa selänpuolen lihasten osalta näiden liikkeiden samankaltaisuuden vuoksi. Näiden liikkeiden välillä ainoa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi TES:n kohdalla ($p = 0.003$), neljän raajan noston tuottaessa suurempaa aktivaatiota. Pallof-työntöä ja taljassa työntövetoliikettä verrattiin toisiinsa vatsan puolen lihasten osalta liikkeiden samankaltaisuudesta johtuen, mutta liikkeiden välillä ei ollut merkitseviä eroja saman puolen suoritusten välillä. BodyBow-harjoitetta ja vartalonkiertoa laitteessa verrattiin vatsan puolen lihasten osalta ja näiden välillä oli vasemmalle puolelle suoritettaessa tilastollisesti merkitsevä ero EO:n aktivaatiossa laitteessa suoritettavan vartalon kierron hyväksi ($p = 0.008$).

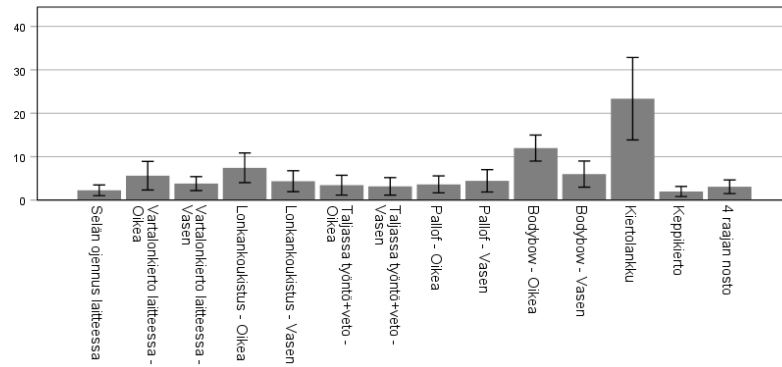
TAULUKKO 4. Lihasaktiivisuuksien keskiarvo (keskihajonta) prosentteina maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta (% MVIC) kehon oikean puolen lihaksista.

Harjoite	Rectus abdominis	External oblique abdominis	Internal oblique abdominis	Iliopsoas	Lumbar erector spinae	Multifidus	Thoracic erector spinae
Selänojennuslaite	2,3 (1,8)	5,5 (8,3)	5,7 (2,2)	6,8 (3,3)	43,6 (18,3)	44,2 (20,3)	30,9 (15,9)
Vartalonkiertolaite O	5,6 (4,9)	17,2 (8,7)	46,0 (13,0)	34,1 (19,3)	22,3 (11,2)	18,0 (7,8)	27,1 (11,2)
Vartalonkiertolaite V	3,8 (2,4)	21,0 (6,3)	22,3 (5,5)	6,2 (4,2)	9,3 (4,2)	20,0 (7,5)	9,2 (6,0)
Lonkankoukistuslaite O	7,5 (5,1)	14,7 (6,5)	16,5 (5,1)	46,8 (21,6)	10,6 (4,9)	12,9 (4,4)	11,2 (7,1)
Lonkankoukistuslaite V	4,4 (3,6)	10,7 (4,4)	11,3 (2,7)	21,4 (20,2)	4,4 (1,9)	13,6 (5,4)	5,6 (3,6)
Taljassa työntö- veto O	3,5 (3,4)	16,5 (7,4)	19,6 (8,1)	5,6 (6,7)	10,4 (5,4)	17,5 (8,4)	17,1 (8,4)
Taljassa työntö- veto V	3,2 (3,0)	9,2 (5,3)	26,3 (12,9)	17,3 (9,9)	19,1 (9,4)	16,1 (8,9)	24,3 (9,3)
Pallof-työntö O	3,6 (2,9)	14,4 (7,9)	17,9 (5,8)	3,9 (2,3)	5,8 (2,8)	9,6 (3,5)	8,9 (4,8)
Pallof-työntö V	4,5 (3,8)	11,1 (5,1)	33,2 (14,4)	20,3 (13,0)	19,9 (9,7)	16,2 (8,2)	30,4 (9,7)
BodyBow O	11,3 (5,0)	35,3 (15,6)	32,7 (15,6)	25,8 (17,9)	21,0 (13,1)	20,7 (12,4)	18,7 (7,8)
BodyBow V	5,8 (4,4)	8,0 (3,6)	10,8 (4,4)	7,8 (6,3)	4,8 (3,1)	6,0 (3,4)	24,6 (16,6)
Kiertolankku	22,6 (13,7)	26,0 (7,8)	26,6 (10,6)	17,5 (11,1)	6,8 (3,5)	7,8 (4,2)	21,5 (11,7)
Kiertoliike kepillä	2,0 (1,7)	5,7 (3,6)	7,1 (3,0)	7,8 (7,9)	16,5 (7,2)	18,9 (10,7)	16,2 (6,5)
Neljän raajan nosto	3,0 (2,3)	5,2 (3,0)	10,6 (11,5)	9,0 (10,1)	43,9 (20,8)	47,7 (23,9)	62,8 (17,7)

TAULUKKO 5. Lihasaktiivisuuksien maksimiarvo (keskihajonta) prosentteina maksimaalisesta isometrisestä voimantuotosta (% MVIC) kehon oikean puolen lihaksista.

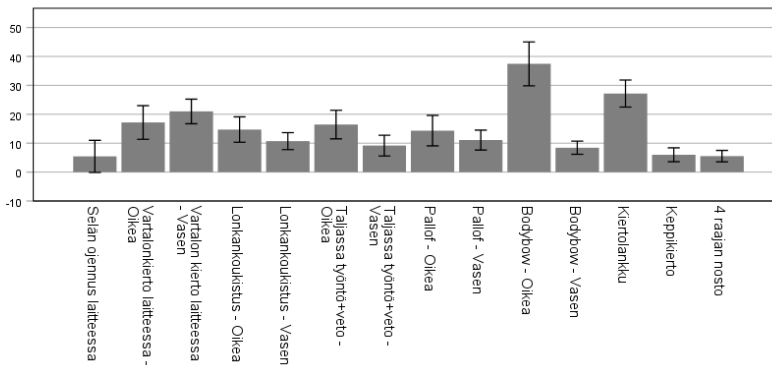
Harjoite	Rectus abdominis	External oblique abdominis	Internal oblique abdominis	Iliopsoas	Lumbar erector spinae	Multifidus	Thoracic erector spinae
Selänojennuslaite	7,2 (7,2)	16,3 (28,7)	15,4 (7,0)	18,9 (11,0)	123,9 (59,1)	112,2 (59,4)	74,6 (42,6)
Vartalonkiertolaite O	21,5 (21,5)	41,3 (21,9)	128,9 (42,7)	84,5 (42,3)	58,1 (31,7)	51,6 (39,8)	59,7 (23,7)
Vartalonkiertolaite V	9,9 (6,4)	57,6 (16,1)	57,6 (16,2)	13,8 (7,6)	22,8 (12,8)	47,3 (20,0)	26,2 (20,6)
Lonkankoukistuslaite O	40,0 (28,7)	63,2 (41,1)	51,5 (16,0)	132,6 (72,7)	24,8 (12,9)	26,8 (10,1)	25,9 (11,3)
Lonkankoukistuslaite V	24,0 (23,4)	37,8 (24,3)	36,8 (18,2)	74,2 (63,5)	9,7 (3,6)	33,1 (14,2)	24,3 (17,7)
Taljassa työntö- veto O	8,7 (7,9)	46,9 (24,7)	48,9 (25,9)	12,8 (16,9)	23,3 (13,3)	32,0 (16,9)	45,6 (23,1)
Taljassa työntö- veto V	7,2 (5,6)	26,3 (19,1)	78,6 (41,8)	40,0 (25,7)	39,7 (17,6)	37,7 (27,8)	54,8 (17,4)
Pallof-työntö O	7,8 (5,8)	36,5 (24,4)	37,3 (11,2)	9,0 (5,8)	15,8 (10,8)	24,0 (12,1)	26,1 (18,6)
Pallof-työntö V	9,5 (7,1)	27,3 (12,8)	80,5 (35,0)	44,7 (25,2)	49,8 (25,4)	39,9 (21,7)	72,2 (22,4)
BodyBow O	37,1 (20,3)	104,3 (50,3)	96,8 (63,4)	85,7 (64,5)	60,8 (38,2)	55,3 (33,4)	55,6 (27,4)
BodyBow V	20,3 (14,5)	39,6 (39,3)	39,0 (16,5)	27,8 (28,0)	15,8 (9,0)	17,6 (10,6)	97,8 (74,0)
Kiertolankku	63,4 (36,8)	73,3 (21,1)	71,0 (29,9)	74,3 (58,9)	39,8 (27,3)	34,5 (19,8)	86,0 (39,3)
Kiertoliike kepillä	5,2 (5,3)	23,6 (16,3)	27,3 (11,5)	40,6 (38,2)	37,8 (17,6)	36,4 (23,9)	46,9 (19,4)
Neljän raajan nosto	7,4 (5,1)	13,8 (7,3)	29,6 (27,3)	31,5 (27,5)	111,7 (58,0)	115,0 (64,7)	132,3 (38,2)

m. rectus abdominis



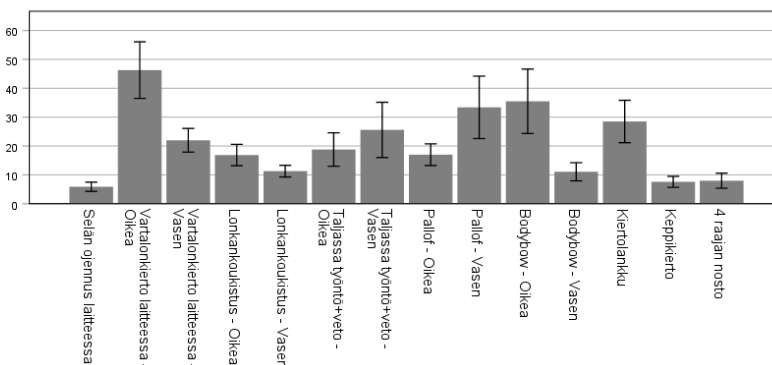
KUVA 4. Oikean puolen m. rectus abdominiksen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. external oblique abdominis



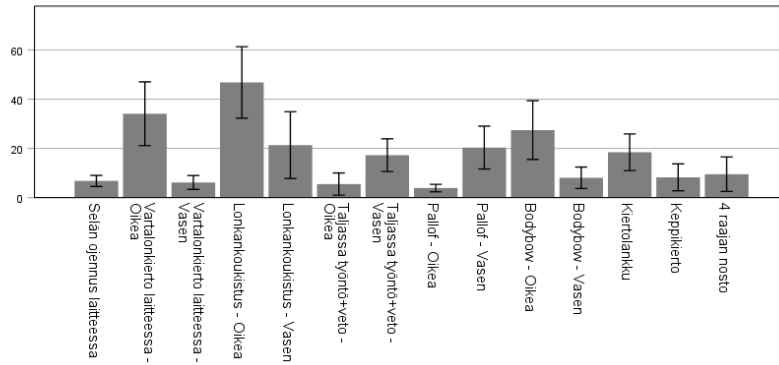
KUVA 5. Oikean puolen m. external oblique abdominiksen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. internal oblique abdominis



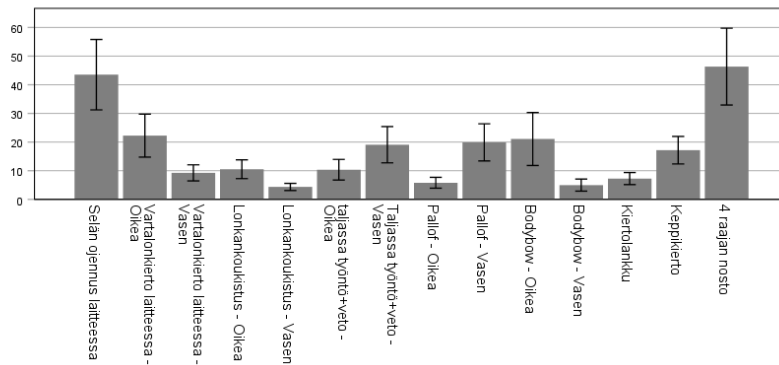
KUVA 6. Oikean puolen m. internal oblique abdominiksen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. iliopsoas



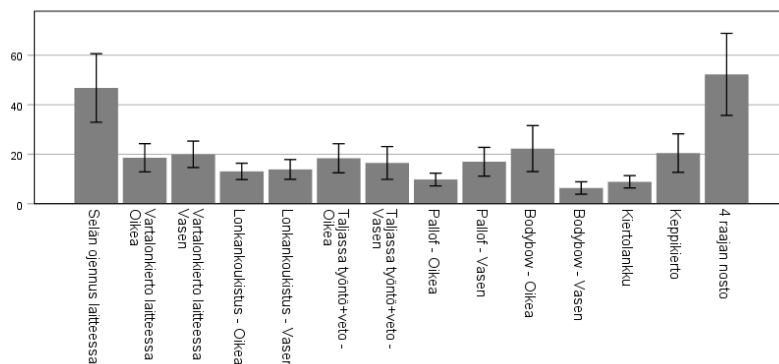
KUVA 7. Oikean puolen m. iliopsoaksen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. lumbar erector spinae



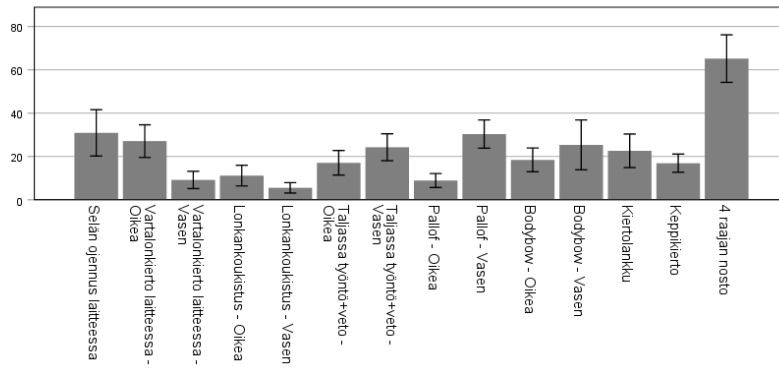
KUVA 8. Oikean puolen m. lumbar erector spinaen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. multifidus



KUVA 9. Oikean puolen m. multifiduksen EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

m. thoracic erector spinae



KUVA 10. Oikean puolen *m. thoracic erector spinae* EMG-aktiivisuuden keskiarvo (% MVIC) harjoitteissa sekä 95 % luottamusväli.

9. POHDINTA

Tässä tutkimuksessa tunnistettiin suurimmalle osalle mitattavista lihaksista kohtalaista pinta-EMG-aktiivisuutta tuottavia harjoitteita. Suurimpia keskimääräisiä pinta-EMG-aktiivisuuksia tuottivat erityisesti keskivartaloon kohdistuvista laiteharjoitteista lonkankoukistuslaite oikealla alaraajalla m. iliopsoakselle (46.8 % MVIC) sekä vartalon kiertoaite oikealle m. internal oblique abdominikselle (46.0 % MVIC). Kotiharjoitteisiin kuuluva neljän raajan nosto ja laiteharjoitteisiin kuuluva selänojennuslaite tuottivat suurimpia keskimääräisiä pinta-EMG-aktiivisuuksia m. lumbar erector spinaelle (43.9 % MVIC; 43.6 % MVIC) ja m. multifidukselle (47.7 % MVIC; 44.2 % MVIC). Suurin lihasaktiivisuuden keskiarvo mitattiin neljän raajan nostossa m. thoracic erector spinaessa (62.8 % MVIC). Kuitenkin erityisesti m. rectus abdominiksen lihasaktiivisuuden keskiarvo jäi kaikissa harjoitteissa matalaksi, ollen korkeimmillaan kiertoaiteissa (22.6 % MVIC). Suurimmat maksimiarvot esiintyivät lonkankoukistuslaitteessa (m. iliopsoas 132.6 % MVIC), neljän raajan nostossa (m. thoracic erector spinae 132.3 % MVIC) ja selänojennuslaitteessa (m. lumbar erector spinae 123.9 % MVIC). Harjoitteiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia niin keskiarvoissa kuin maksimiarvoissa kaikkien lihasten osalta. Käytettyjen tilastollisten testien avulla harjoitteiden välisessä vertailussa ei kuitenkaan löytynyt yllättäviä eroja, vaan kaikki merkitsevät erot olivat sellaisten harjoitteiden välillä, joiden oletettiin kuormittavan eri lihaksia. Harjoiteluokkien välillä esiintyvät erot vaihtelivat lihaskohtaisesti, eikä tämän tutkimuksen perusteella voida sanoa jonkun harjoiteluokan olevan kokonaisuudessaan toista tehokkaampi keskivartalolihasaktiivisuuden osalta.

Kuntosaliharjoitteiden luokkaan kuuluva BodyBow-harjoite oikealle suoritettuna osoittautui tässä tutkimuksessa monipuolisesti eri lihaksia tehokkaasti aktivoivaksi harjoitteeksi, sillä se oli tehokkaimpien harjoitteiden joukossa sekä m. rectus abdominiksen, m. external oblique abdominiksen, m. internal oblique abdominiksen, m. iliopsoaksen, m. lumbar erector spinaen että m. multifiduksen lihasaktiivisuuden keski- ja maksimiarvoja vertailtaessa. Kuntosaliharjoitteista taljassa suoritettava työntö-vetoliike ja Pallof-työntö ovat keskenään samankaltaisia harjoitteita, joissa molemmissa keskivartalolihasaktiivisuuden avulla stabiloidaan vartaloa taljan kuormaa vastustaen. Keskiarvoa tarkastellessa Pallof-työntö osoittautui hieman

tehokkaammaksi m. internal oblique abdominiksen aktivoimisessa kuin taljassa työntö-
vetoliike, kun taas työntö-vetoliike tuotti hieman suurempaa lihasaktivaatiota m. external
oblique abdominikselle kuin Pallof-työntö. Nämä erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti
merkitseviä liikkeiden parittaisessa vertailussa. Selkälihaksiin kohdistuvista liikkeistä neljän
raajan nosto ja selänojennus laitteessa tuottivat samansuuruisia lihasaktiivisuusarvoja m.
lumbar erector spinaelle ja m. multifidukselle, mutta m. thoracic erector spinaen kohdalla
neljän raajan nosto oli keskiarvon perusteella selvästi ja tilastollisesti merkitsevästi ($p=0.003$)
selänojennuslaitetta tehokkaampi.

Tähän tutkimukseen valikoituneet harjoitteet erosivat aiemmista tutkimuksista, sillä
lonkankoukistusta laitteessa, Pallof-työntöä, BodyBow-harjoitetta, keppikiertoa tai
vartalonkiertoa seisten laitteessa ei ollut sisällytetty kirjallisuuskatsauksemme
valikoituneissa tai sarjan aiemmin julkaistuissa tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa MVIC ja
voima mitattiin yhtäaikaaisesti fiksoidulla vastuksella, mikä tehtiin kirjallisuuskatsauksen
tutkimuksista vain Vaičienén ym. (2018) tutkimuksessa. Vinsturp ym. (2015) havaitsivat tätä
tutkimusta suurempia EMG-aktiivisuuksia vartalonkiertolaitteessa m. rectus abdominiksen,
m. external oblique abdominiksen ja m. lumbar erector spinaen kohdalla. On tosin
huomioitavaa, että heidän tutkimuksessaan harjoite suoritettiin istuen ja MVIC mitattiin vain
vartalon koukistuksessa ja ojennuksessa. Aiemmassa Hiirikosken ja Sillantaan (2021) pro
gradussa havaittiin kiertolankussa ja selänojennuslaitteessa pienempiä keskimääräisiä arvoja
kaikkien mitattavien lihasten kohdalla. Taljassa työntö-veto -liikkeessä eroja oli kumpaankin
suuntaan. Oikealla puolella suoritettussa harjoitteessa Hiirikoski ja Sillantaka (2021)
havaitsivat suurempaa keskimääräistä aktivaatiota m. iliopsoaksessa ja m. lumbar erector
spinaessa liikkeen aikana. Vasemmalla puolella suoritettussa harjoitteessa heidän työssään
havaittiin suurempaa keskimääräistä aktivaatiota m. rectus abdominiksessa ja m. external
oblique abdominiksessa. Aiemmassa työssä tutkittavat arvioivat mittauskerralla 10 RM
intensiteetin, jolla suorittivat 10 mitattavaa toistoa. Tutkittavien subjektiivinen intensiteetin
arviointi voi osaltaan selittää pienempiä havaittuja arvoja, vaikka tutkimuksessa suoritettiin
täydet 10 toistoa arvioidulla vastuksella.

Kirjallisuuskatsauksessa havaittiin suurta vaihtelua keskivartalolihasista mitatuissa lihasaktiivisuustasoissa eri harjoitteiden välillä, jonka perusteella voidaan tulkita, että tietyt harjoitteet aktivoivat keskivartalolihasia tehokkaammin. Tuloksissa ilmeni hajontaa myös samasta lihaksesta samankaltaisissa harjoitteissa mitatuissa lihasaktiivisuustasoissa eri tutkimusten välillä, kuten lankkuharjoitteessa, jossa m. rectus abdominiksesta mitatun lihasaktiivisuustason vaihteluväli oli 15 % - 75 % MVIC. Tämä kuvastaa pinta-EMG-mittaustulosten vertailtavuuden haasteita eri tutkimusten välillä, sillä mittaustuloksiin vaikuttaa mm. laitteisto, elektrodien asettelu ja maksimaalisten lihasaktiivisuustasojen määrittämiseen käytetyt vertailuliikkeet. Näin ollen harjoitteiden tuottamien lihasaktiivisuustasojen suoraan vertailuun eri tutkimusten välillä tulee suhtautua varauksella.

Tässä tutkimuksessa mikään harjoiteluokka ei yltänyt merkittävästi muita paremmaksi, toisin kuin Oliva-Lozanon ja Myorin (2020) katsauksessa, jossa he totesivat vapailla painoilla suoritettujen harjoitteiden tuottaneen suurimmat EMG-aktiivisuudet m. rectus abdominiksessa, m. external oblique abdominiksessa ja m. lumbar erector spinaessa. He myös havaitsivat suurimmat m. internal oblique abdominiksen aktiivisuudet stabiliteettiharjoitteissa ja m. multifiduksen aktiivisuudet perinteisissä harjoitteissa. On kuitenkin huomattava, että heidän katsauksessaan käyttämä harjoitteiden luokittelu eroaa tämän pro gradu -tutkimuksen luokittelusta. Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneista tutkimuksista vain Kim ja Lee (2016) olivat tutkineet harjoitteissaan myös m. iliopsoaksen aktiivisuutta. Heidän käyttämänsä istumaannousu- ja jalkojen nosto -harjoitteet tosin erosivat tässä tutkimuksessa käytetyistä harjoitteista.

Suuresta muuttujien määrästä johtuen Friedmanin testin post-hoc vertailuissa käytetty Bonferroni-korjaus laski merkitsevyydestä erittäin alhaiseksi, jonka vuoksi tilastollisesti merkitsevät erot syntyivät vain erittäin selvästi toisistaan eroavien harjoitteiden välille. Harjoiteluokkien harjoitteet olivat hyvin erilaisia kuormittaen eri lihasryhmiä, joka osaltaan vaikuttaa harjoiteluokkien välisiin eroihin tietyissä lihaksissa.

Tutkimuksen tutkimusprotokolla oli suunniteltu siten, että sen avulla pyrittiin ehkäisemään mahdollisimman monia mittaustilanteeseen liittyviä virhelähteitä. Tutkittavien maksimaaliset isometriset voimantuottomittaukset suoritettiin ensimmäisen mittauksen alussa, jotta

suorituksissa saataisiin esille maksimaalinen voimantuotto ilman lihasväsymyksen aiheuttamaa häiriötä. Maksimaalisen lihasjännityksen tavoittamiseen vaikuttaa liikemallin oppiminen, visuaalinen palaute ja kannustus (Ng ym. 2003). Tutkimusasetelmasta ja käytössä olevasta välineistöstä johtuen liikkeen opettelu ennakkoon tai visuaalisen palautteen tarjoaminen ei ollut mahdollista, mutta tutkittavia kannustettiin verbaalisesti suorituksen aikana. Maksimaalisen isometrisen lihasjännityksen tarkoituksena oli saavuttaa lihaskohtainen maksimiarvo, jonka suhteen liikeharjoitteissa mitatut lihasaktiivisuusarvot normalisoitiin. MVIC-mittauksissa kuitenkin m. iliopsoaksen ja m. thoracic erector spinaen lihasaktiivisuuden maksimiarvot jäivät todennäköisesti todellista maksimitasoa alhaisemmiksi, sillä maksimaalisissa voimantuottomittauksissa näiden lihasten voimantuottoa ei maksimoitu lonkan koukistussuuntaisen liikkeen puuttuessa ja selän ojennussuuntaisen MVIC-mittauksen kohdistuessa enemmän alempien selän ojentajalihasten aktivoimiseen. Tämä tulee huomioida tuloksia tarkastellessa.

Ensimmäisellä mittauskerralla määritettiin myös 10 toiston maksimikuorma laiteharjoitteissa sekä maksimaaliset toistomäärät ja kesto kehonpainoharjoitteissa, jotta näiden perusteella voitiin määrittää tutkittavakohtaisesti sopiva kuorma, toistomäärä tai kesto kuhunkin mitattavaan harjoitteeseen. Tutkittavien suoritustekniikkaa liikesarjojen aikana tarkkailtiin ennalta määritettyjen kriteerien mukaisesti ja suoritus keskeytettiin, kun tutkittava koki, että ei enää jaksanut suorittaa liikettä tai ei korjauskehotuksesta huolimatta pystynyt enää toteuttamaan oikeaa suoritustekniikkaa. Mittauskertojen välissä oli aikaa noin viikko harjoituksen jälkeisen viivästyneen lihasarkuuden hellittämiseksi, sillä sen tiedetään vaikuttavan pinta-EMG-mittausarvoihin (Hedayatpour ym. 2010).

Tutkimusasetelman haasteena on se, että suoritettaessa pinta-EMG-mittaukset erillisinä päivinä, elektrodien kiinnittämisessä ihoon saattaa ilmetä pientä vaihtelua, joka vaikuttaa pinta-EMG-mittausten toistettavuuteen. Tämän häiriötekijän minimoimiseksi yhtä poikkeustilannetta lukuun ottamatta aina toinen tutkijoista suoritti elektrodien asettelun noudattaen huolellisesti elektrodien sijoitteluun liittyviä ohjeita. Elektrodit kiinnitettiin ihoon tarpeen mukaan teippaamalla. Runsaasta hikoilusta ja keskivartalon laajoista liikeradoista johtuen etenkin selkäpuolella olevat elektrodit saattoivat irrota reunasta, jolloin kiinnipysymistä varmisteltiin lisäämällä teippiä tai tarvittaessa vaihtamalla elektrodi. Pinta-

EMG-mittausten tuottamaa dataa tarkkailtiin jo mittausten aikana ja tarvittaessa liikesarja suoritettiin uudestaan, mikäli datassa havaittiin selkeää häiriötä. Tästä huolimatta datan purkamisen yhteydessä tarkemmassa tarkastelussa havaittiin kaksi mittaustulosta, joissa data vaikutti selvästi häiriintyneeltä ja nämä poissuljettiin tutkimuksesta. Näiden lisäksi on mahdollista, että muutama keskiarvoista selvästi poikkeava lihasaktiivisuusarvo on ulkoisen häiriötekijän, kuten esimerkiksi vatsamakuulla vatsapuolen elektrodeihin kohdistuvan paineen, aiheuttama virheellinen tulos, mutta näiden osuus oli melko pieni. Pinta-EMG:n käyttöön liittyy yleisesti erinäisiä mahdollisia harhan lähteitä, joita käsiteltiin kappaleessa 4. Näitä harhan lähteitä pyrittiin minimoimaan edellä mainituilla toimilla tutkimusasetelmassa, mutta pinta-EMG:n rajoitteet on kuitenkin hyvä tiedostaa työn tuloksia sovellettaessa.

Tämän tutkimuksen heikkoutena on pieni otoskoko. Kirjallisuuskatsauksessamme mukana olleissa tutkimuksissa otoskoko vaihteli välillä 6–43, keskiarvon ollessa 18. Tavoite otannan suuruudeksi oli 15 koehenkilöä, mutta rekrytointihaasteiden vuoksi otoskooksi muodostui 12 tutkittavaa. Yhden koehenkilön kohdalla laiteharjoitteet toteutettiin väärällä kuormalla eikä uusintamittausta ollut mahdollista järjestää, joten laiteharjoitteiden osalta otoskoko on 11. Pienestä otoskoosta ja aiemmin kuvatuista pinta-EMG-mittauksiin liittyvistä virheriskeistä huolimatta tutkimuksessa nousi esille johdonmukaisia ja aiemman tutkimustiedon kanssa linjassa olevia tuloksia. Tuloksia sovellettaessa on huomioitavaa, ettei harjoitteen tuottama EMG-aktiivisuus kerro välttämättä suoraan harjoitteen tehokkuudesta kuntoutuksessa ja tutkittavat olivat terveitä miehiä, joka rajoittaa tulosten yleistämistä alaselkäkipuisiin. Huomioitavaa on myös, että käsillä olevassa tutkimuksessa käytetyt kuormitustasot ovat alkuvaiheeseen sopivia ja harjoittelun edetessä kuormaa voidaan yleensä merkittävästi lisätä. Myöhemmän vaiheen kuormituksella suoritetuissa harjoitteissa lihasaktivaatiot voivat olla näistä tuloksista poikkeavia, vaikka suhteellinen kuormitus pysyisikin samana.

Tässä tutkimuksessa tuotetun tiedon avulla voidaan arvioida harjoitteiden soveltuvuutta osaksi selkäkuntoutusta keskivartalolihas-aktivoitumisen kannalta ja täten helpottaa näyttöön perustuvien selkäkuntoutusohjelmien laatimista. Tämän tutkimuksen perusteella päinmakuulla oman kehon painolla tehtävä neljän raajan nosto on vähintään yhtä tehokas aktivoimaan selkäpuolen lihaksia kuin 10 toiston maksimivastuksella suoritettu selänojennus laitteessa. Näin ollen laiteharjoite voisi olla korvattavissa kotiharjoitteella. On kuitenkin huomioitava,

että neljän raajan nosto –harjoitteessa toistoon sisältyi kahden sekunnin isometrinen pito, mikä voi hieman nostaa harjoitteen keskimääräistä lihasaktiivisuutta. Harjoituksen myötä tapahtuvien lihasadaptaatioiden myötä selkälihakset sopeutuvat oman kehon painolla suoritettavaan harjoitteeseen, joten lisävastus, esim. lisäpainot, voivat olla tarpeen progressiivisen kehityksen takaamiseksi. On tärkeää löytää eri ympäristöissä toteutettavia, keskivartalolihaksia tehokkaasti aktivoivia harjoitteita, jotta voidaan luoda tehokkaita ja näyttöön perustuvia yksilöllisiä harjoitusohjelmia.

Tulevissa tutkimuksissa olisi hyvä käyttää resurssien salliessa suurempia otoskokoja, erityisesti tutkittaessa kohtalaisen suurta määrää erilaisia harjoitteita kuten nykyisessä tutkimuksessa. Tulevissa tutkimuksissa voisi myös harjoiteluokkia verratessa valita enemmän liikemalleiltaan toisiaan vastaavia harjoitteita. Kehonpainolla suoritettavia harjoitteita voitaisiin tutkia myös lisäämällä ulkoista vastusta harjoitteisiin, esimerkiksi nilkkapainojen ja käsipainojen avulla, jolloin harjoitteiden intensiteettiä saataisiin nostettua lähemmäs laiteharjoitteita. Olisi hyvä tutkia myös suoraan eri harjoitteiden vaikutusta toimintakykyyn ja kipuun, vaikkakin tämä voi olla tutkimusasetelmallisesti haastavaa.

Tämän tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta olevan perusteltua käyttää harjoitteita kaikista tutkimuksen harjoiteluokista asiakkaan resurssit ja mieltymykset huomioiden. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää valitessa tehokkaasti keskivartalon lihaksia aktivoivia harjoitteita eri harjoiteluokista.

LÄHTEET

- Abdoli-Eramaki, M., Damecour, C., Christenson, J. & Stevenson, J. (2012). The effect of perspiration on the sEMG amplitude and power spectrum. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6), 908-913. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.04.009.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European journal of applied physiology*, 89(6), 555-563. doi:10.1007/s00421-003-0833-3.
- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670.
- Andersen, V., Fimland, M.S., Brennstet, Ø., Haslestad, L.R., Lundteigen, M.S., Skalleberg, K. & Saeterbakken, A.H. (2014). Muscle activation and strength in squat and bulgarian squat on stable and unstable surface. *International Journal of Sports Medicine*, 35. 1196–1202. doi: 10.1055/s-0034-1382016.
- Andersen, V., Fimland, M. S., Gunnarskog, A., Jungård, G. A., Slåttland, R. A., Vraalsen, Ø. F., & Saeterbakken, A. H. (2016). Core muscle activation in one-armed and two-armed kettlebell swing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1196-1204. doi:10.1519/JSC.0000000000001240.
- Andersen, V., Fimland, M. S., Mo, D. A., Iversen, V. M., Vederhus, T., Rockland Hellebø, L. R., Nordaune, K. & Saeterbakken, A. H. (2018). Electromyographic comparison of barbell deadlift, hex bar deadlift, and hip thrust exercises: a cross-over study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(3), 587-593. doi:10.1519/JSC.0000000000001826.
- Andersen, V., Fimland, M. S., & Saeterbakken, A. (2019). Trunk muscle activity in one- and two-armed American kettlebell swing in resistance-trained men. *Sports Medicine International Open*, 3(01), E12-E18. doi:10.1055/a-0869-7228.
- Balash-Bernat, M., Willems, T., Danneels, L., Meeus, M., & Goubert, D. (2021). Differences in myoelectric activity of the lumbar muscles between recurrent and chronic low back

- pain: a cross-sectional study. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1), 1-9. doi:10.1186/s12891-021-04732-5.
- Baritello, O., Stoll, J., Martinez-Valdes, E., Müller, S., Mayer, F., & Müller, J. (2019). Neuromuscular activity of trunk muscles during side plank exercise and an additional motoric-task perturbation. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2019, 153-158. doi: 10.5960/dzsm.2019.382.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119. doi:10.1097/00007632-198403000-00002.
- Biscarini, A., Contemori, S., & Grolla, G. (2019). Activation of scapular and lumbopelvic muscles during core exercises executed on a whole-body wobble board. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(6), 623-634. doi: 10.1123/jsr.2018-0089.
- Borreani, S., Calatayud, J., Colado, J. C., Moya-Nájera, D., Triplett, N. T., & Martin, F. (2015). Muscle activation during push-ups performed under stable and unstable conditions. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 13(2), 94-98. doi:10.1016/j.jesf.2015.07.002.
- Braith, R. W., & Stewart, K. J. (2006). Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*, 113(22), 2642-2650. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584060.
- Byrne, J.M., Bishop, N.S., Caines, A.M., Crane, K.A., Feaver, A.M. & Pearcey, G.E. (2014). Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3049-3055. doi: 10.1519/JSC.0000000000000510.
- Calatayud, J., Colado, J. C., Martin, F., Casaña, J., Jakobsen, M. D. & Andersen, L. L. 2015. Core muscle activity during the clean and jerk lift with barbell versus sandbag and water bags. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 803-810.
- Calatayud, J., Casaña, J., Martín, F., Jakobsen, M. D., Colado, J. C., Gargallo, P., ... & Andersen, L. L. (2017). Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise. *Musculoskeletal Science and Practice*, 28, 54-58. doi: 10.1016/j.msksp.2017.01.011.

- Choi, B. K., Verbeek, J. H., Tam, W. W-S. & Jiang, J. Y. (2010). Exercises for prevention of recurrences of low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;1:CD006555. doi: 10.1002/14651858.CD006555.pub2.
- 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. doi: 10.1016/j.apmr.2011.05.015.
- Coratella, G., Tornatore, G., Caccavale, F., Longo, S., Esposito, F., & Cè, E. (2021). The activation of gluteal, thigh, and lower back muscles in different squat variations performed by competitive bodybuilders: implications for resistance training. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 772. doi: 10.3390/ijerph18020772.
- Corp, N., Mansell, G., Stynes, S., Wynne-Jones, G., Morsø, L., Hill, J. & van der Windt, D. A. (2021). Evidence-based treatment recommendations for neck and low back pain across Europe: A systematic review of guidelines. *Eur J Pain*. 2021 Feb; 25(2): 275–295. doi:10.1002/ejp.1679.
- Cortell-Tormo, J. M., García-Jaén, M., Chulvi-Medrano, I., Hernández-Sánchez, S., Lucas-Cuevas, Á. G., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Influence of scapular position on the core musculature activation in the prone plank exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2255-2262. doi: 10.1519/JSC.0000000000001689.
- Cugliari, G., & Boccia, G. (2017). Core muscle activation in suspension training exercises. *Journal of human kinetics*, 56(1), 61-71. doi: 10.1515/hukin-2017-0023.
- Criswell, E. (2010). *Cram's introduction to surface electromyography*. 2. painos. Burlington: Jones & Bartlett Publishers.
- Crommert, M.E., Bjerkefors, A., Tarassova, O. & Ekblom, M.M. (2018). Abdominal muscle activation during common modifications of the trunk curl-up Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi: 10.1519/JSC.0000000000002439.
- Czaprowski, D., Afeltowicz, A., Gebicka, A., Pawłowska, P., Kedra, A., Barrios, C. & Hadała, M. (2014). Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Physical Therapy in Sport*, 15(3), 162–168. doi:10.1016/j.ptsp.2013.09.003.

- Dankaerts, W., O'Sullivan, P., Burnett, A., Straker, L. & Danneels, L. (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, 333–342. doi:10.1016/j.jelekin.2003.07.001.
- 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. *Eur Spine J*, 11, 13–19. doi:10.1007/s005860100314.
- Da Silva, T., Mills, K., Brown, B., Herbert, R., Maher, C. & Hancock, M. (2017). Risk of Recurrence of Low Back Pain: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1–27. doi:10.2519/jospt.2017.7415.
- De Luca, C. J., Adam, A., Wotiz, R., Gilmore, L. D., & Nawab, S. H. (2006). Decomposition of surface EMG signals. *Journal of neurophysiology*, 96(3), 1646-1657. doi: 10.1002/9781119082934.ch07.
- 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. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.11.010.
- Duthey, B. (2013). Background Paper 6.24. Low back pain. WHO.
- Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A., & Carp, K. C. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(12), 754-762. doi: 10.2519/jospt.2007.2471.
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Pecson, A., Imamura, R., & Andrews, J. R. (2016). Muscle activation among supine, prone, and side position exercises with and without a Swiss ball. *Sports health*, 8(4), 372-379. doi: 10.1177/1941738116653931.
- Farina, D., Merletti, R. & Enoka, R. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl Physiol* 96:1486-1495, 2004. doi: 10.1152/jappphysiol.00162.2014.
- Fletcher, I. M., & Bagley, A. (2014). Changing the stability conditions in a back squat: the effect on maximum load lifted and erector spinae muscle activity. *Sports biomechanics*, 13(4), 380-390. doi:10.1080/14763141.2014.982697.

- Foster, N., Anema, J., Cherkin, D., Chou, R., Cohen, S., Gross, D., Ferreira, P., Fritz, J., Koes, B., Peul, W., Turner, J. & Maher, C. (2018). Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *The Lancet*, S0140673618304896-. doi:10.1016/S0140-6736(18)30489-6.
- García-Jaén, M., Cortell-Tormo, J. M., Hernández-Sánchez, S., & Tortosa-Martínez, J. (2020). Influence of abdominal hollowing maneuver on the core musculature activation during the prone plank exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 7410. doi: 10.3390/ijerph17207410.
- Geisser, M. Ranavaya, M., Haig, A., Roth, R., Zucker, R., Ambroz, C. & Caruso, M. (2005). A Meta-Analytic Review of Surface Electromyography Among Persons With Low Back Pain and Normal, Healthy Controls. *The Journal of Pain*, Vol 6, No 11 (November), 2005: pp 711-726. doi: 10.1016/j.jpain.2005.06.008.
- Gouteron, A., Tabard-Fougère, A., Bourredjem, A., Casillas, J-M., Armand, S. & Genevay, S. 2021. The flexion relaxation phenomenon in nonspecific chronic low back pain: prevalence, reproducibility and flexion-extension ratios. A systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal* (2022) 31:136–151. doi: 10.1007/s00586-021-06992-0.
- Hamlyn, N., Behm, D. & Young, W. (2007). Trunk muscle activation during dynamic weight lifting exercises and isometric instability activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1108–1112. doi: 10.1519/R-20366.1.
- Harris, S., Ruffin, E., Brewer, W., & Ortiz, A. (2017). Muscle activation patterns during suspension training exercises. *International journal of sports physical therapy*, 12(1), 42. doi:
- Hartvigsen, J., Hancock, J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M., Genevay, S., Hoy, D., Karppinen, K., Pransky, G., Sieper, J., Smeets, R. & Underwood, M. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*. doi:10.1016/S0140-6736(18)30480-X.
- Hayden, J., Van Tulder, M. W., Malmivaara, A., & Koes, B. W. (2005). Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *Cochrane database of systematic reviews*, (3). doi: 10.1002/14651858.CD000335.pub2.

- Hayden, J., Van Tulder, M. & Tomlinson, G. (2005). Systematic Review: Strategies for Using Exercise Therapy To Improve Outcomes in Chronic Low Back Pain. *Annals of Internal Medicine*, 142(9), 776–. doi: 10.7326/0003-4819-142-9-200505030-00014.
- Hedayatpour, N., Falla, D., Arendt-Nielsen, L. & Farina, D. (2010). Effect of delayed-onset muscle soreness on muscle recovery after a fatiguing isometric contraction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 145-153. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00866.x.
- Hendrick, P., Milosavljevic, S., Hale, L., Hurley, D. A., McDonough, S., Ryan, B., & Baxter, G. D. (2011). The relationship between physical activity and low back pain outcomes: a systematic review of observational studies. *European Spine Journal*, 20(3), 464-474. doi: 10.1007/s00586-010-1616-2.
- Hiirikoski, J. & Sillantaka, R. (2021). Keskivartaloli hasten hermostollinen aktiivisuus eri harjoitusliikkeissä terveillä miehillä. Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu – tutkielma. Viitattu 7.10.2022. URN:NBN:fi:ju-202107144301.pdf.
- Hoy, D., Brooks, P., Blyth, F. & Buchbinder, R. (2010). The Epidemiology of low back pain. *Jo Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Dec;24(6):769-81. doi: 10.1016/j.berh.2010.10.002.
- Ishida, H. & Watanabe, S. (2014). Maximum expiration activates the abdominal muscles during side bridge exercise. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(1), 81–84. doi: 10.3233/BMR-140494.
- Joanna Briggs Institute. (2017). Checklist for analytical cross sectional studies. Adelaide: The Joanna Briggs Institute: Adelaide.
- Joanna Briggs Institute. (2017). Checklist for systematic reviews and research syntheses. Joanna Briggs Institute: Adelaide.
- Joseph, L., Reilly, J., Swezey, K., Waugh, R., Carlson, L. A., & Lawrence, M. A. (2020). Activity of Trunk and Lower Extremity Musculature: Comparison Between Parallel Back Squats and Belt Squats. *Journal of Human Kinetics*, 72(1), 223-228. doi: 10.2478/hukin-2019-0126.
- Khaiyat, O. A., & Norris, J. (2018). Electromyographic activity of selected trunk, core, and thigh muscles in commonly used exercises for ACL rehabilitation. *Journal of physical therapy science*, 30(4), 642-648. doi: 10.1589/jpts.30.642.

- Kim, K., & Lee, T. (2016). Comparison of muscular activities in the abdomen and lower limbs while performing sit-up and leg-raise. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(2), 491-494. doi: 10.1589/jpts.28.491.
- Kim, S. Y., Kang, M. H., Kim, E. R., Jung, I. G., Seo, E. Y., & Oh, J. S. (2016). Comparison of EMG activity on abdominal muscles during plank exercise with unilateral and bilateral additional isometric hip adduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 30, 9-14. doi:10.1016/j.jelekin.2016.05.003.
- Kim, S. H., & Park, S. Y. (2018). Effect of hip position and breathing pattern on abdominal muscle activation during curl-up variations. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(3), 445. doi:10.12965/jer.1836170.085.
- Kim, Y. (2019). Effects of trunk stability exercise on muscle activities of rectus abdominalis, external oblique, and internal oblique while performing exercise in a modified crook-lying posture. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(4), 247-252. doi:10.3233/IES-192163.
- Konrad, P. (2005). *ABC of EMG – A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. Version 1.0 April 2005. Noraxon INC. USA.
- Krommes, K., Bandholm, T., Jakobsen, M.D., Andersen, L.L., Serner, A., Hölmich, P. & Thorborg, K. (2017). Dynamic hip adduction, abduction and abdominal exercises from the Holmich groin-injury prevention program are intense enough to be considered strengthening exercises — A cross-sectional study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12, 371–380.
- Käypä hoito -suositus. (2017). Alaselkäkipu. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Fysiatriryhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2017 (viitattu 06.09.2022). Saatavilla internetissä: www.kaypahoito.fi
- Lane, C. L., Hardwick, D., Janus, T. P., Chen, H., Lu, Y., & Mayer, J. M. (2019). Comparison of the firefighter candidate physical ability test to weight lifting exercises using electromyography. *Work*, 62(3), 459-467. doi:10.3233/WOR-192880.
- Larivière, C., RA, D. S., Arsenault, A. B., Nadeau, S., Plamondon, A., & Vadeboncoeur, R. (2010). Specificity of a back muscle exercise machine in healthy and low back pain subjects. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(3), 592-599. doi:10.1249/mss.0b013e3181b96029.

- Lee, D., Lee, Y., Cho, H. Y., Lee, K. B., Hong, S., Pyo, S., & Lee, G. (2017). Investigation of trunk muscle activity for modified plank exercise: A preliminary study. *Isokinetics and Exercise Science*, 25(3), 209-213. doi:10.3233/IES-171113.
- Luk, J. T., Kwok, F. K., Ho, I. M., & Wong, D. P. (2021). Acute Responses of Core Muscle Activity during Bridge Exercises on the Floor vs. the Suspension System. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5908. doi: 10.3390/ijerph18115908.
- Lyons, B. C., Mayo, J. J., Tucker, W. S., Wax, B., & Hendrix, R. C. (2017). Electromyographical comparison of muscle activation patterns across three commonly performed kettlebell exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(9), 2363-2370. doi:10.1519/JSC.0000000000001771.
- Maeo, S., Takahashi, T., Takai, Y. & Kanehisa, H. (2013). Trunk muscle activities during abdominal bracing: Comparison among muscles and exercises. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 467-74.
- Martuscello, J. M., Nuzzo, J. L., Ashley, C. D., Campbell, B. I., Orriola, J. J. & Mayer, J. M. (2013). Systematic review of core muscle activity during physical fitness exercises. *J Strength Cond Res*. 2013;27:1684-1698. doi:10.1519/JSC.0b013e318291b8da.
- Masaki, M., Tateuchi, H., Tsukagoshi, R., Ibuki, S., & Ichihashi, N. (2015). Electromyographic analysis of training to selectively strengthen the lumbar multifidus muscle: effects of different lifting directions and weight loading of the extremities during quadruped upper and lower extremity lifts. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 38(2), 138-144. doi:10.1016/j.jmpt.2014.07.008.
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2015). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. 8. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of applied physiology*. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2004.
- McGill, S.M. & Marshall, L.W. (2012). Kettlebell swing, snatch, and bottoms-up carry: Back and hip muscle activation, motion, and low back loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 16-27. doi: 10.1519/jsc.0b013e31823a4063.
- McManus, L., De Vito, G., & Lowery, M. M. (2020). Analysis and biophysics of surface EMG for physiotherapists and kinesiologists: toward a common language with

- rehabilitation engineers. *Frontiers in neurology*, 11, 576729. doi: 10.5281/zenodo.4001609.
- Menezes Costa, L., Maher, C., Hancock, M., McAuley, J., Herbert, R. & Costa, L. (2012). The prognosis of acute and persistent low-back pain: a meta-analysis. *CMAJ*. 2012 Aug 7; 184(11): E613–E624. doi:10.1503/cmaj.111271.
- 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.
- Mok, N. W., Yeung, E. W., Cho, J. C., Hui, S. C., Liu, K. C., & Pang, C. H. (2015). Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of science and medicine in sport*, 18(2), 189-194. doi:10.1016/j.jsams.2014.01.002.
- Nakai, Y., Kawada, M., Miyazaki, T., & Kiyama, R. (2019). Trunk muscle activity during trunk stabilizing exercise with isometric hip rotation using electromyography and ultrasound. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 49, 102357. doi:10.1016/j.jelekin.2019.102357.
- Ng, J., Parnianpour, M., Kippers, V. & Richardson, C. (2003). Reliability of electromyographic and torque measures during isometric axial rotation exertions of the trunk. *Clinical Neurophysiology* 114 (2003) 2355–2361. doi: 10.1016/s1388-2457(03)00249-9.
- O'Connor, P. J., Herring, M. P., & Carvalho, A. (2010). Mental health benefits of strength training in adults. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(5), 377-396. doi:10.1177/155982761036877.
- Oesch, P., Kool, J., Hagen, K. B., & Bachmann, S. (2010). Effectiveness of exercise on work disability in patients with non-acute non-specific low back pain: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of rehabilitation medicine*, 42(3), 193-205. doi:10.2340/16501977-0524.
- Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Core muscle activity during physical fitness exercises: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(12), 4306. doi:10.3390/ijerph17124306.
- Panhan, A. C., Gonçalves, M., Eltz, G. D., Villalba, M. M., Cardozo, A. C., & Bérzin, F. (2019). Electromyographic evaluation of trunk core muscles during Pilates exercise on

- different supporting bases. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(4), 855-859. doi:10.1016/j.jbmt.2019.03.014.
- Park, D. J., & Park, S. Y. (2019). Which trunk exercise most effectively activates abdominal muscles? A comparative study of plank and isometric bilateral leg raise exercises. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 32(5), 797-802. doi:10.3233/BMR-181122.
- Pereira, I. L., Queiroz, B., Loss, J., Amorim, C., & Sacco, I. C. (2017). Trunk muscle EMG during intermediate pilates mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 40(5), 350-357. doi:10.1016/j.jmpt.2017.02.010.
- Pitcher, M., Behm, D. & MacKinnon, S. (2008). Reliability of electromyographic and force measures during prone isometric back extension in subjects with and without low back pain. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(1), 52–60. doi:10.1139/h07-132.
- Phillips, S. M., & Winett, R. A. (2010). Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate. *Current sports medicine reports*, 9(4), 208. doi:10.1249/JSR.0b013e3181e7da73.
- 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. doi:10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4.
- Roth, R., Donath, L., Faude, O., & Cresswell, A. G. (2020). Trunk muscle activity during different types of low weighted squat exercises in normal and forefoot standing conditions. *Journal of Sports Sciences*, 38(24), 2774-2781. doi:10.1080/02640414.2020.1800358.
- Saeterbakken, A. H., Stien, N., Pedersen, H., & Andersen, V. (2022). Core Muscle Activation in Three Lower Extremity Exercises With Different Stability Requirements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 304-309. doi:10.1519/JSC.0000000000003465.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 35(11), 1073-1082. doi:10.1080/02640414.2016.1210197.

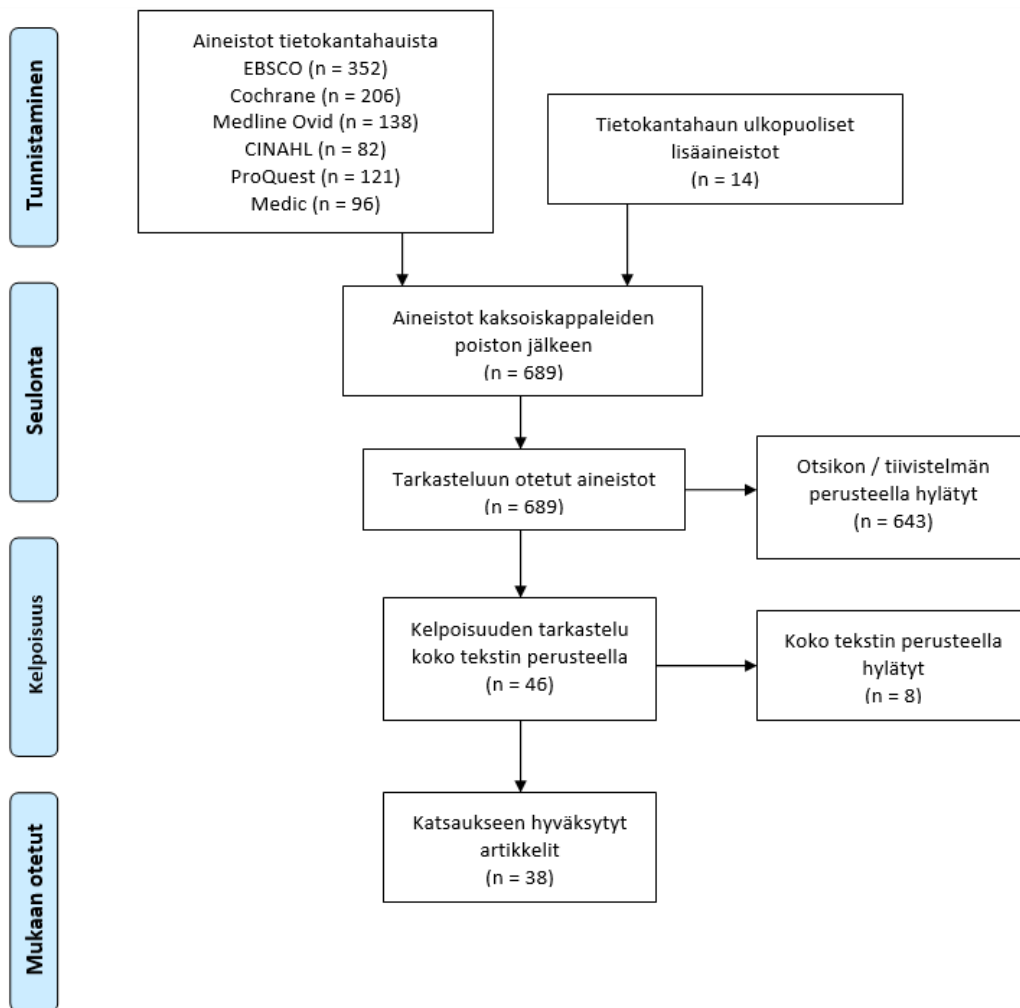
- SENIAM. The SENIAM project (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles). (2021). Viitattu 1.11.2021. www.seniam.org: Recommendations, Sensor Locations, Trunk or (lower) Back.
- Silva, F. H., Arantes, F. J., Gregorio, F. C., Santos, F. R., Fidale, T. M., Bérzin, F., Bigaton, D. R. & Lizardo, F. B. (2020). Comparison of the electromyographic activity of the trunk and rectus femoris muscles during traditional crunch and exercise using the 5-minute shaper device. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(1), 1-10. doi:10.1519/JSC.0000000000003250.
- Škarabot, J., Brownstein, C. G., Casolo, A., Del Vecchio, A., & Ansdell, P. (2021). The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 121(3), 675-685. doi:10.1007/s00421-020-04567-3.
- Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 289-304.
- Tarnanen, S. (2014). Rehabilitation after Lumbar Spine Fusion. Development of an Exercise Program. University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences. Väitöskirja. Viitattu 7.10.2022. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/44604>.
- Tsuruike, M., Munson, M., Hirose, N., & Nishime, R. S. (2020). Core stability muscle activity during standing lower body twisting exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 1052. doi:10.26603/ijsp20201052.
- Vaičienė, G., Berškienė, K., Slapsinskaite, A., Mauricienė, V., & Razon, S. (2018). Not only static: Stabilization manoeuvres in dynamic exercises—A pilot study. *Plos one*, 13(8), e0201017. doi:10.1371/journal.pone.0201017.
- Van Middelkoop, M., Rubinstein, S. M., Verhagen, A. P., Ostelo, R. W., Koes, B. W., & van Tulder, M. W. (2010). Exercise therapy for chronic nonspecific low-back pain. Best practice & research *Clinical rheumatology*, 24(2), 193-204. doi:10.1016/j.berh.2010.01.002.
- Van Oosterwijck, J., De Ridder, E., Vleeming, A., Vanderstraeten, G., Schoupe, S., & Danneels, L. (2017). Applying an active lumbopelvic control strategy during lumbar extension exercises: Effect on muscle recruitment patterns of the lumbopelvic region. *Human movement science*, 54, 24-33. doi:10.1016/j.humov.2017.03.002.

- Van Tulder, M., Becker, A., Bekkering, T., Breen, A., Gil del Real, M. T., 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. *Eur Spine J* (2006) 15(2):169–191. doi:10.1007/s00586-006-1071-2.
- Verbrugghe, J., Agten, A., Stevens, S., Hansen, D., Demoulin, C., Eijnde, B. O., Vandenabeele, F. & Timmermans, A. (2019). Exercise Intensity Matters in Chronic Nonspecific Low Back Pain Rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc.* 2019 Dec;51(12):2434-2442. doi:10.1249/MSS.0000000000002078.
- Wu, A., March, L., Zheng, X., Huang, J., Wang, X., Zhao, J., Blyth, F., Smith, E., Buchbinder, R. & Hoy, D. (2020). Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Ann Transl Med.* 2020 Mar;8(6):299. doi:10.21037/atm.2020.02.175.
- Vinstrup, J., Sundstrup, E., Brandt, M., Jakobsen, M. D., Calatayud, J., & Andersen, L. L. (2015). Core muscle activity, exercise preference, and perceived exertion during core exercise with elastic resistance versus machine. *Scientifica*, 2015. doi:10.1155/2015/403068.
- Yang, K-H. & Park, D-J. (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* 2014;10(4):230-235. doi:10.12965/jer.140138.
- Yavuz, H. U., Erdağ, D., Amca, A. M., & Aritan, S. (2015). Kinematic and EMG activities during front and back squat variations in maximum loads. *Journal of sports sciences*, 33(10), 1058-1066. doi: 10.1080/02640414.2014.984240.
- Yoon, J. O., Kang, M. H., Kim, J. S., & Oh, J. S. (2018). Effect of modified bridge exercise on trunk muscle activity in healthy adults: a cross sectional study. *Brazilian Journal of physical therapy*, 22(2), 161-167. doi:10.1016/j.bjpt.2017.09.005.
- Youdas, J. W., Coleman, K. C., Holstad, E. E., Long, S. D., Veldkamp, N. L., & Hollman, J. H. (2017). Magnitudes of muscle activation of spine stabilizers in healthy adults during prone on elbow planking exercises with and without a fitness ball. *Physiotherapy theory and practice*, 34(3), 212-222. doi:10.1080/09593985.2017.1377792.

Youdas, J. W., Keith, J. M., Nomm, D. E., Squires, A. C., & Hollman, J. H. (2016). Activation of spinal stabilizers and shoulder complex muscles during an inverted row using a portable pull-up device and body weight resistance. *Journal of strength and conditioning research*, 30(7), 1933-1941. doi:10.1519/JSC.0000000000001210.

LIITTEET

LIITE 1. PRISMA Flow Diagram.



LIITE 2. Kuvaileva taulukko kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista.

Tekijät, vuosiluku, maa	Populaatio	Tutkittavat lihakset	Liikekategoria	Referenssi-liikkeet MVIC-mittauksissa
Andersen ym. 2016, Norja	N = 16 miestä keski-ikä 25 (6) v	TES, LES, RA, EO	Yhden- ja kahden raajan kahvakuulaheilautukset vaakatasoon	TES & LES: Biering-Sorenson asento manuaalisella vastuksella RA & EO: istumaannousu fiksoitua vastusta vasten 90° /90°
Andersen ym. 2018, Norja	N = 13 miestä keski-ikä 21.9 (1.6) v	LES	Kuntosaliharjoitteet vapailla painoilla	Biering-Sorenson asento manuaalisella vastuksella
Andersen ym. 2019, Norja	N = 15 miestä keski-ikä 24.0 (5.2) v	LES, RA, EO	Yhden- ja kahden raajan kahvakuulaheilautukset pään yläpuolelle	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten 90° /90° EO: istumaannousu diagonaalisesti manuaalista vastusta vasten 90° /90° LES: Biering-Sorenson asento manuaalisella vastuksella
Baritello ym. 2019, Saksa	N = 10 m/n = 5/5 keski-ikä 29 (2) v	RA, EO, IO, TES, LES	Kylkilankkuvariaatiot	RA, EO & IO: vartalon koukistus isokineettisessä dynamometrissä TES & LES: vartalon ojennus isokineettisessä dynamometrissä
Calatayud ym. 2017, Espanja	N = 20, m/n = 13/7 keski-ikä 20 (1)	RA ylä- ja alaosa, EO, LES	Lankkuvariaatiot	RA: istumaannousu 40° fiksoitua vastusta vasten EO: istumaannousu

	v			40° viistosti fiksoitua vastusta vasten LES: vartalon ojennus maaten fiksoitua vastusta vasten
Colado ym. 2011, Espanja	25 yliopisto-opiskelijaa (sukupuolta ei mainittu). Keski-ikä 24,3 (0,5) v	LES, MF, TES	Kotiharjoitteet ja bosu-harjoitteet	Vartalon ojennus maaten
Coratella ym. 2021, Italia	N = 10 miestä keski-ikä 29,8 (3.0) v	LES	Kyykkyvariaatiot	Vartalon ojennus maateen manuaalista vastusta vasten
Cortell-Tormo ym. 2017, Espanja	N = 15 m/n = 10/5 keski-ikä 24,4 (4,3) v	RA, EO, IO, LES	Lankku, 4 eri variaatiota	RA: istumaannousu penkillä manuaalista vastusta vasten EO & IO: istumaannousu penkillä lateraalifleksioilla ja kierrolla manuaalista vastusta vasten LES: Biering-Sorensen asento manuaalisella vastuksella
Cugliari & Boccia 2017, Italia	N = 17 miestä keski-ikä 27,3 (2.4) v	RA ylä- ja alaosa, EO, IO, LES, TES	Suspensioharjoitteet	RA: istumaannousu vastusta vasten EO & IO: lateraalifleksio kylkimakuulla vastusta vasten LES & TES: Biering-Sorensen asento manuaalisella vastuksella

Ekstrom ym. 2007, USA	N = 30 m/n = 19/11 keski-ikä 27 (8) v	RA, EO, MF, TES	Kotiharjoitteet ja Dynamic Edge-laite	RA: istumaannousu manuaalisella vastuksella EO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten MF & TES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Escamilla 2016, USA	N = 18 m/n = 9/9 keski-ikä 27,7 (7,7) v	RA (ylä- ja alaosa), EO, IO	Erilaiset lankku- ja kylkilankkuharjoitte et sekä kylkitaivutus pallolla ja istumaannousu	RA: istumaannousu manuaalisella vastuksella EO & IO: istumaannousun loppuasennossa manuaalisesti vastustettu vartalon kierto
García- Jaén ym. 2020, Espanja	N = 20 m/n = 13/7 keski-ikä 24.3 (3.5) v	RA, EO, IO, LES	Lankku & lankku vetäen samalla napaa sisään ja ylöspäin	RA: istumaannousu manuaalisella vastuksella EO & IO: istumaannousussa vartalon kierto manuaalista vastusta vasten ja kylkimakuulla lateraalifleksio manuaalisella vastuksella LES: Biering- Sorensen asento manuaalisella vastuksella
Hamlyn ym. 2007, Kanada	N = 16 m/n = 8/8 keski-ikä 24,1 (6,8) v	EO, LES	Kuntosaliharjoitteet	EO: istumaannousu vastusta vasten LES: Biering- Sorensen asento manuaalisella vastuksella

Joseph ym. 2020, USA	N = 10 m/n = 9/1 keski-ikä 29,3 (4.9) v	LES, RA, EO	Takakyykky & vyökyykky 100% kehonpainolla	Takakyykky fiksoitua vastusta vasten
Khaiyat & Norris 2018, Iso-Britannia	N = 12 naista keski-ikä 20.1 (1.1) v	RA, LES	Kuntosali- ja kotiharjoitteet	RA: istumaannousu manuaalisella vastuksella LES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Kim 2019, Etelä-Korea	N = 32 miestä ja naista, ei tietoa määristä keski-ikä 22.7 (1.8) v	RA, IO, EO	Suoran jalan nostot eri variaatioilla	RA: istumaannousu fiksoitua vastusta vasten EO: vartalon kierto hihnoja vasten IO: vatsan sisäänveto ja vartalon kierto hihnoja vasten
Kim ym. 2016, Etelä-Korea	N = 20 miestä keski-ikä 30v	RA, IO, EO	Lankkuvariaatiot	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten IO & EO: istumaannousu kierrolla manuaalista vastusta vasten
Kim & Lee 2016, Etelä-Korea	N = 20 m/n = 8/12 keski-ikä 20,5v	RA (ylä- ja alaosa), EO, ILIO	Istumaannousu ja jalkojen nosto	Manuaaliset lihasvoiman testausasennot
Kim & Park 2018, Etelä-Korea	20 miestä, keski-ikä 22.5v (1.9)	RA, IO, EO	Istumaannousuja eri variaatioin	Testaus manuaalista vastusta vasten tutkittaville lihaksille
Kohiruimaki ym. 2019, Japani	N = 6 miestä, keski-ikä 21v	RA, EO & IO	Punnerrus epästabiililla alustalla	Vartalon koukistus, kierto ja lateraalifleksio manuaalista vastusta asten

Lee ym. 2017, Etelä- Korea	N = 7 m/n = 6/1 keski-ikä 22,6 (2,2) v.	RA, EO, LES	Lankkuvariaatiot	Ei mainintaa referenssiliikkeistä
Luk ym. 2021, Kiina	43 tervettä miestä, keski- ikä 21,4v	RA, MF, TES	Lankku ja sen variaatiot suspensiolaitteella	RA: vartalon fleksio istuen tai Crookin asennossa manuaalista vastusta vasten MF & TES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Tsuruike ym. 2020, USA	N = 19 m/n = 10/9 keski-ikä 21 v	EO, IO, MF	Rytminen alavartalon kierto eri variaatioin ja kotiharjoitteet	EO: kylkilankku manuaalista vastusta vasten IO: vatsan sisäänveto ja vartalon fleksio selinmakuulla manuaalista vastusta vasten MF: vartalon ojennus manuaalista vastusta vasten
Nakai ym. 2019, Japani	N = 20 miehiä	EO, IO, TA, MF	Kotiharjoitteet	EO, IO & TA: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten MF: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Oliva- Lozano ym. 2020, Espanja	Systemaattinen katsaus: 67 tutkimusta	RA, EO, IO, TA, MF, LES	-perinteinen (15) -vapaa paino (26) -pallo/laitte (26) -stabiliteetti (23)	Useita erilaisia
Panhan ym. 2019, Brasilia	16 naista, keski- ikä 28v	RA, IO, EO	Kotiharjoitteet	Vartalon koukistus istuen fiksoitua vastusta vasten

Park & Park 2019, Etelä-Korea	N = 18 naisia keski-ikä 21,6 (2,4) v	RA, IO, LES	Kotiharjoitteet	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten IO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten LES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Pereira ym. 2017, Brasilia	N = 32 m & n, 2 ryhmää: 19 tervettä, 13 kroonista epäspes. alaselkäkipuista	RA, EO, IO, MF	Kotiharjoitteet	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten EO & IO: vartalon kierto istumaannousun loppuasennossa manuaalista vastusta vasten MF: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Roth ym. 2020, Sveitsi/USA	N = 12 m/n = 6/6 keski-ikä 29,1 v (8.0)	RA, EO, IO, MF	3 kyykkyharjoitetta, jotka suoritettu kahdella eri tavalla	RA, EO & IO: istumaannousu suoraan sekä kierrolla molemmille puolille manuaalista vastusta vasten MF: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Saeterbakken ym. 2022, Norja	18 naista keski-ikä 24v	RA, EO, LES	2 Erilaista kyykkyharjoitetta ja jalkaprässi	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten EO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten LES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten

Schellenberg ym. 2017, Sveitsi	N = 16 m/n = 8/8 keski-ikä 26,3 (4,2) v	RA, EO, LES, TES	Selkäpenkissä selän ojennus (2 eri variaatiota)	RA: istumaannousu manuaalista vastusta vasten EO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten LES & TES: Biering-Sorensen asento manuaalisella vastuksella
Silva ym. 2020, Brasilia	N = 15 miehiä keski-ikä 23,7 (4,5) v	RA (ylä- ja alaosa), EO, LES	Vatsarutistus ja harjoitusväline (5 min shaper device)	RA & EO: istumaannousu ja lateraalifleksio maaten fiksoitua vastusta vasten LES: vartalon ojennus maaten fiksoitua vastusta vasten
Vaiciene ym. 2018, USA/Liettua	N = 20 m/n = 10/10 keski-ikä 25,5 (2,9) v terveitä 11, LBP 9	RA, EO, IO, LES	Kotiharjoitteet	RA, EO & IO: vartalon koukistus ja lateraalifleksio seisten dynamometrissä LES: vartalon ojennus dynamometrissä
Van Oosterwijk ym. 2017, Belgia	N = 13 m/n = 4/9 keski-ikä 22,6 (2,1) v.	MF	Ylävartalon ja alaraajojen nosto vaakapenkistä (kumpaakin 2 eri variaatiota)	Vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Vinsturp ym. 2015, Tanska	N = 17 miehiä keski-ikä 41 (13,6) v	RA, EO, LES	Ylävartalon kierto kuminauhalla ja laitteessa	Vartalon koukistus ja ojennus
Yoon ym. 2018, Etelä-Korea	N = 15 m/n = 12/3 keski-ikä 27,5 (3,0) v	RA, ES, IO, MF	Lantionnostoharjoit teet (4 eri variaatiota)	RA: vatsarutistus manuaalista vastusta vasten ES & MF: vartalonnosto maaten manuaalista vastusta vasten

Youdas ym. 2017, USA	N = 26 m/n = 13/13 keski-ikä 25,2 (4,7) v	RA, EO, IO, MF, TES	Lankkuharjoite ja lankkuharjoite jumppapallolla (3 eri variaatiota)	IO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten RA: vatsarutistus manuaalista vastusta vasten EO & IO: istumaannousu viistosti manuaalista vastusta vasten MF & TES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten
Youdas ym. 2016, USA	N = 26 m/n = 13/13 keski-ikä 24,0 (2,6) v	RA, MF, TES	Kuntosaliharjoitteet (käänteinen soutu, 4 eri variaatiota)	RA: vatsarutistus manuaalista vastusta vasten MF & TES: vartalon ojennus maaten manuaalista vastusta vasten

LIITE 3. JBI Tarkistuslista poikkileikkaustukimuksille.

JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR ANALYTICAL CROSS SECTIONAL STUDIES

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were confounding factors identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

LIITE 4. Kirjallisuuskatsaukseen sisällytettyjen poikkileikkaustutkimusten laadunarviointi.

Author, year	Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Were the study subjects and the setting described in detail?	Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Was appropriate statistical analysis used?
Andersen ym. 2016	Unclear	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Andersen ym. 2018	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Yes
Andersen ym. 2019	Unclear	No	NA	NA	Unclear	No	Unclear	No
Baritello ym. 2019	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Calatayud ym. 2017	No	Unclear	NA	NA	Yes	Yes	Unclear	Unclear
Colado ym. 2011	No	Unclear	NA	NA	No	No	Unclear	Yes
Coratella ym.	Yes	Unclear	NA	NA	Unclear	Unclear	Yes	Yes

2021

Cortell-Tor- mo ym. 2017	Unclear	Unclear	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Unclear
Cugliari & Boccia 2017	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Unclear
Ekstrom ym. 2007	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Unclear	Unclear	No
Escamilla 2016	No	No	NA	NA	Unclear	Unclear	No	No
García-Jaén ym. 2020	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Yes	Unclear	Unclear
Hamlyn ym. 2007	Yes	Unclear	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Joseph ym. 2020	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	No	Yes
Khaiyat & Norris 2018	Yes	No	NA	NA	No	No	No	No
Kim 2019	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Kim ym. 2016	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No

Kim & Lee 2016	No	Unclear	NA	NA	No	No	No	No
Kim & Park 2018	Yes	Unclear	NA	NA	No	No	Unclear	Yes
Kohiruimaki ym. 2019	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Unclear	Unclear	Unclear
Lee ym. 2017	Yes	Unclear	NA	NA	No	No	Unclear	Unclear
Luk ym. 2021	Yes	No	NA	NA	Yes	Yes	Unclear	Unclear
Tsuruike ym. 2020	No	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Nakai ym. 2019	Unclear	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Yes
Panhan ym. 2019	Yes	Unclear	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Unclear
Park & Park, 2019	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Yes	Unclear	No
Pereira ym. 2017	Yes	No	NA	Yes	Unclear	Unclear	Unclear	Yes
Roth ym.	No	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No

2020

Saeterbakken ym. 2022	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	Yes
Schellenberg ym. 2017	Yes	No	NA	NA	No	No	No	Unclear
Silva ym. 2020	Yes	No	NA	NA	Yes	Yes	Unclear	Unclear
Vaiciene ym. 2018	Yes	No	NA	Yes	No	No	Unclear	Yes
Van Oosterwijk ym. 2017	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	No	Unclear
Vinsturp ym. 2015	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Unclear	Unclear	Yes
Yoon ym. 2018	Yes	No	NA	NA	Unclear	Unclear	Unclear	No
Youdas ym. 2017	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Unclear	Unclear	Yes
Youdas ym. 2016	Yes	Unclear	NA	NA	Yes	Unclear	Unclear	Yes

JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND RESEARCH SYNTHESSES

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Is the review question clearly and explicitly stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the inclusion criteria appropriate for the review question?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the search strategy appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were the sources and resources used to search for studies adequate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were the criteria for appraising studies appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Was critical appraisal conducted by two or more reviewers independently?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were there methods to minimize errors in data extraction?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Were the methods used to combine studies appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Was the likelihood of publication bias assessed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Were recommendations for policy and/or practice supported by the reported data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Were the specific directives for new research appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (including reason for exclusion)

LIITE 6. Tutkittavien tiedote.



TIEDOTE TUTKIMUKSESTA 30.3.2022

Tutkimuksen nimi: "Keskivartalon lihasten EMG-aktiivisuus eri keskivartaloharjoitteissa"

Pyyntö osallistua tutkimukseen:

Pyydämme Teitä osallistumaan keskivartalon lihasten aktiivisuutta kartoittavaan Pro gradu -tutkimukseen. Tämä tiedote kuvaa tutkimusta ja Teidän osuuttanne siinä. Perehdyttyänne tähän tiedotteeseen, voitte esittää lisäkysymyksiä tutkimuksen tekijöille Ville-Markus Konola (vikonola@student.jyu.fi) & Eeva-Maria Manninen (mannee@student.jyu.fi).

Haemme tutkimukseen mukaan perusterveitä 18–60 -vuotiaita vapaaehtoisia miehiä, joiden BMI on alle 30 ja joilla ei ole ollut aiempia selän sairauksia. Ennen tutkimukseen ottamista sopivuutenne tutkimukseen varmistetaan kyselylomaketietojen perusteella.

Tutkimuksen rekisterinpitäjänä toimii Jyväskylän yliopisto, Seminaarinkatu 15, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto. Vaihe (014) 260 1211, Y-tunnus 0245894-7. Jyväskylän yliopiston tietosuojavastaava: tietosuoja(at)jyu.fi, puh. 040 805 3297. Vastuullisena tutkijana toimii yliopistotutkija Juhani Multanen.

Tutkimuksen mittaukset toteutetaan Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratoriossa (Rautpohjankatu 8).

Vapaaehtoisuus:

Tähän tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista. Jos peruutan suostumukseni ja keskeytän tutkimuksen, minusta keskeyttämiseen asti kerättyä aineistoa voidaan käyttää tutkimuksessa.

Tutkimuksen tarkoitus:

Pro gradu -työn tavoitteena on selvittää lannerankaa tukevien keskivartalolihasvoimien tehokkaita harjoitusliikkeitä elektromyografi mittauksen (EMG) eli lihassähkökäyrän avulla.

Tutkimuksen kulku:

Tutkimukseen sisältyy kaksi käyntikertaa Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratoriolla. Ensimmäisellä kerralla Teitä pyydetään täyttämään kyselylomake, jossa selvitetään tarvittavia taustatietoja. Ensimmäisellä kerralla mitataan vartalon lihasten maksimaaliset isometriset voima- ja aktiivisuusastot, määritetään maksimikuormatasot harjoitesarjoille sekä harjoitellaan tutkimukseen kuuluvat liikeharjoitteet. Vartalon ojentaja- ja koukistajalihasvoimaa 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 alkulämmittelysarjan jälkeen kuusi toistoa ensimmäisen mittauksikerran aikana määritetyllä 10 toiston maksimikuormalla.

Tutkimusaineisto muodostuu kyselylomakkeesta sekä mittauksista saatavista lihasvoimaa ja -aktiivisuutta sekä mahdollista kipua kuvaavista tiedoista. Kyselylomakkeessa kartoitetaan tarvittavia henkilötietoja, terveydentilaa ja selän oireita sekä taustatietoja. Vuorokausi ennen

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

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 haittavaikutuksia mahdollista lievää lihasarkuutta lukuun ottamatta. On mahdollista, ettei tähän tutkimukseen osallistumisesta ole Teille välitöntä hyötyä. Tutkimukseen osallistuminen vie aikaanne kahteen mittauskertaan kuluvaan ajan verran.

Elektrodit iholle kiinnittäminen voi aiheuttaa lievää ihoärsytystä, mitä pyritään ehkäisemään huolellisella valmistelulla. Mittausten yhteydessä tai jälkeen voi ilmetä lievää lihaskipua tai lihasarkuutta. Lihasarkuuden mahdollisuutta pyritään minimoimaan hyvällä lämmittelyllä ja liikkeiden oikeaoppisella suorittamisella. Kokonaisuudessaan tutkimuksen riskit arvioidaan vähäisiksi. Suurin tutkimuksesta osallistujille koituvaa haittaa on osallistumiseen kuluva aika, jota tulee varata 3-4 tuntia kumpaakin mittauskertaa kohden.

Mikäli tutkimuksen yhteydessä keskivartalonne terveydentilassa tai suorituskyvyssä tulee esille poikkeavuuksia, emme pysty tarjoamaan Teille hoitoa tai kuntoutusta. Tällaisessa tilanteessa kehotamme kääntymään asiassa lääkärin puoleen.

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.

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 ei tallenneta tutkimusrekisteriin. Tutkimustuloksissa ja muissa asiakirjoissa teihin viitataan vain tunnistekoodilla. Tutkimuksen tekijät säilyttävät tutkimusrekisteriä ja tuloksia niin, etteivät ulkopuoliset pääse käsiksi tietoihin.

Tässä tutkimuksessa henkilötietojen käsittelyn perusteena on yleinen etu tieteellisen tutkimuksen toteuttamiseksi. Kerättävää materiaalia käytetään vain tieteellisiin tutkimustarkoituksiin. Henkilötietojen käsittelyssä noudatetaan kansallisia ja kansainvälisiä lainsäädännön asetuksia sekä Jyväskylän eettisen toimikunnan ohjeistuksia.

Tämän tutkimuksen henkilötietojen käsittelijöinä toimivat tutkimusryhmän jäsenet Juhani Multanen, Ville-Markus Konola ja Eeva-Maria Manninen. Jyväskylän yliopisto on tutkimuksen henkilötietojen rekisterinpitäjä. Henkilötietojen käsittelyä kuvataan yksityiskohtaisemmin Teille toimitetussa tämän tutkimuksen tietosuojailmoituksessa.

Tutkittavien vakuutusturva

Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja toiminta on vakuutettu. Vakuutus sisältää potilasvakuutuksen, toiminnanvastuuvakuutuksen ja vapaaehtoisen tapaturmavakuutuksen.

Tutkittavat on vakuutettu tutkimuksen ajaksi ennalta-arvaamattomien, äkillisten, ulkoisista syistä johtuvien tapaturmien ja vammojen varalta. Vakuutus kattaa myös erityisen voimaponnistuksen ja liikkeen välittömästi aiheuttaman lihaksen tai janteen venähdysvamman, johon on annettu lääkärihoitoa 14 vuorokauden kuluessa vammautumisesta. Korvausta maksetaan enintään kuuden viikon ajalta vamman syntymisestä. Tapaturmavakuutus on voimassa EMG-mittauksissa ja niihin välittömästi liittyvillä matkoilla. Vakuutus ei korvaa äkillisestä sairastumisesta aiheutuvia kustannuksia. Tapaturmien ja äkillisten sairastumisten välittömään ensiapuun on varauduttu EMG-mittausten aikana. Tutkimustiloissa on ensiapuvälineet, joiden käyttöön tutkijat on perehdytetty.

Tutkimustuloksista tiedottaminen:

Tutkimuksen aineisto tulee muodostamaan Jyväskylän yliopistossa opiskelevien terveystieteiden maisterikoulutettavien Ville-Markus Konolan ja Eeva-Maria Mannisen Pro gradu -opinnäytetyön aineiston.

Tutkimustuloksista julkaistaan Pro Gradu –tutkielma ja tieteellinen artikkeli. Artikkelin julkaisemiseen saakka tutkimuksen tuloksista ei ole saatavilla kirjallista informaatiota.

Lisätiedot:

Jyväskylän yliopiston ihmistieteiden eettinen toimikunta on arvioinut tutkimussuunnitelman ja antanut siitä puoltavan lausunnon. Tutkimuksesta vastaa Juhani Multanen (TtT, ft).

Jos Teillä on tutkimukseen liittyviä kysymyksiä, voitte olla niistä yhteydessä tutkimuskoordinaattoriin tai tutkimuksesta vastaavaan henkilöön.

Mikäli päätätte osallistua tutkimukseen, pyydämme ensimmäisellä käyntikerralla Teitä allekirjoittamaan liitteenä olevan suostumuslomakkeen sekä täyttämään oheisen kyselyn.

Ystävällisin terveisin,
Ville-Markus Konola & Eeva-Maria Manninen
Jyväskylän yliopisto: Fysioterapian maisteriohjelma

Tutkijoiden yhteystiedot

Juhani Multanen, TtT, ft

Tutkimuksen vastuullinen henkilö
juhani.e.multanen@jyu.fi
puh: 040 626 1487

Ville-Markus Konola, ft, tt:n maisteriopiskelija

Tutkimuskoordinaattori
vikonola@student.jyu.fi
puh: 040 523 1667

LIITE 7. Tietosuojailmoitus.

Liite 5: TIETOSUOJAILMOITUS, Multanen

5.11.2021



Tietosuojailmoitus on kuvaus henkilötietojen käsittelystä tieteellisessä tutkimuksessa (tietosuojailmoitus EU (679/2016) 13, 14, 30 artikla). Tämä tietosuojailmoitus on toimitettu kaikille tutkimukseen osallistuville kirjallisena tulosteena.

1. Käsiteltävät henkilötiedot tutkimuksessa: ”Keskivartalon lihasten EMG-aktiivisuus eri keskivartaloharjoitteissa”

Teistä kerättäviä henkilötietoja ovat nimenne lisäksi muut toimeentuloanne tai terveydentilaanne koskevat kyselylomakkeella tiedusteltavat seikat.

2. Henkilötietojen käsittelyn oikeudellinen peruste tässä tutkimuksessa ja sen arkistoinnissa

Henkilötietojen käsittelyn ja arkistoinnin oikeudellisena perusteena on yleinen etu tieteellisen tutkimuksen ja tilastoinnin toteuttamiseksi. Henkilötietojen käsittely on oikeasuhtaista sen avulla tavoiteltuun yleisen edun mukaiseen tavoitteeseen nähden (tietosuojalaki 4.1 § 3-kohta).

Henkilötietojen siirto EU/ETA -alueen ulkopuolelle

Tietojanne ei siirretä EU/ETA -alueen ulkopuolelle.

Henkilötietojen suojaaminen

Kaikissa tutkimuksen vaiheissa menetellään niin, etteivät Teitä koskevat tiedot paljastu ulkopuolisille tahoille. Henkilötietojen käsittely perustuu asianmukaiseen ja tarkastettuun tutkimussuunnitelmaan. Henkilötietojanne käytetään ainoastaan tämän tieteellisen tutkimuksen toteuttamiseen. Tutkimuksen vastuullinen johtaja vastaa henkilötietojen suojaamiseen liittyvien säädösten ja ohjeistusten noudattamisesta.

Tunnistettavuuden poistaminen

Suorat tunnistetiedot poistetaan suojatoimena aineiston perustamisvaiheessa

Tunnistetietojen poistamisella tarkoitetaan sitä, että aineisto muutetaan pseudonymisoituun muotoon. Pseudonymisoinnissa suora tunnistetieto (nimi) korvataan numerokoodilla. Tutkimusaineiston analysoinnissa jokaisen vastaajan antamia tietoja käsitellään tämän numerokoodin avulla. Vastaajien nimitiedot sisältävä koodiavainlista säilytetään tietoturvasäädöksiä noudattaen muusta aineistosta erillään ja sen käsittelyoikeudet kuuluvat ainoastaan tutkimuksen henkilötietojen käsittelijöille.

5.11.2021

Tutkimuksessa käsiteltävät henkilötiedot suojataan

- Käyttäjätunnuksella Salasanalla Kulunvalvonnalla (fyysinen tila)

Henkilötietoja käsitellään sekä palautettujen vastauslomakkeiden että sähköiseen muotoon vietyjen vastausten kohdalla lainsäädännön ja Jyväskylän yliopiston ohjeistuksien mukaisesti asianmukaisen tietosuojan ja tietoturvan varmistamiseksi. Tutkimuksessa kerättyjä henkilötietoja käsittelevät ainoastaan tutkimuksen vastuullinen johtaja Juhani Multanen sekä pro gradu -opinnäytettä tekevät terveystieteiden opiskelijat Ville-Markus Konola ja Eeva Manninen.

Tunnistekoodilistaa, kaikkia kyselylomaketietoja sekä allekirjoitettuja suostumuslomakkeita säilytetään lukitun huoneen lukitussa kaapissa Jyväskylän yliopiston Viveca-rakennuksessa (Rautpohjankatu 8, 40700 Jyväskylä), jonne on pääsy vain tutkimuksen vastuullisella johtajalla. Digitaaliseen muotoon siirretyt tiedot suojataan kahdella erillisellä salasanalla, jotka ovat vain henkilötietojen käsittelijöiden tiedossa. Digitaalisessa muodossa olevia tietoja käsitellään ja säilytetään Jyväskylän yliopiston ylläpitämällä ja turvallisella verkkoasemalla. Henkilötietoja käsitellään sekä fyysisessä että digitaalisessa muodoissa yksityisessä työtilassa, johon ulkopuolisten henkilöiden kulku on evätty.

Tutkimukselle on annettu eettinen ennakoarvio

- Kyllä

Henkilötietojen käsittely tutkimuksen päättymisen jälkeen

- Tutkimusrekisteri arkistoidaan tunnistetiedoin

Aineisto arkistoidaan tunnisteteellisenä:

- Yleisen edun perusteella. Henkilötietoja sisältävien tutkimusaineistojen käsittely arkistointitarkoituksessa on tarpeen yleisen edun mukaiseen tavoitteeseen nähden (tietosuojalaki 4.4§).

Tutkimuksen päätyttyä tutkimusmateriaalin säilyttämisestä ja hallinnasta vastaa Jyväskylän yliopisto. Tutkimuksen vastuullinen johtaja vastaa tutkimusaineiston ja tunnuskoodiavaimen luovuttamisesta Jyväskylän yliopiston arkistoon. Säilyttämistä vaativat dokumentit arkistoidaan enintään viiden vuoden ajaksi tutkimuksen tulosten julkaisemisesta. Tämän jälkeen tutkimusaineisto tuhoetaan säännöksiä noudattaen arviolta vuoden 2027 loppuun mennessä.

Rekisterinpitäjä ja tutkimuksen tekijät

Jyväskylän yliopisto toimii tämän tutkimuksen rekisterinpitäjänä:

Seminaarinkatu 15, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto. Vaihde (014) 260 1211, Y-tunnus 0245894-7.

Jyväskylän yliopiston tietosuojavastaava: **tietosuoja(at)jyu.fi**, puh. 040 805 3297.

Juhani Multanen toimii tämän tutkimuksen vastuullisena johtajana:

Viveca-rakennus, Rautpohjankatu 8, 40700 Jyväskylä. juhani.e.multanen@jyu.fi, 040 626 1487.

Tutkimuksen vastuullinen johtaja on vastuussa tutkimuksen toteuttamisesta ja henkilötietojen käsittelyä koskevien säännösten noudattamisesta.

Ville-Markus Konola toimii tämän tutkimuksen tutkimuskoordinaattorina ja yhteyshenkilönä:

ville.m.konola@student.jyu.fi, 040 523 1667

Tutkimusaineiston yhteyshenkilö vastaa tarvittaessa tutkimusta koskeviin kysymyksiin.

Tässä tutkimuksessa henkilötietojen käsittelijöinä toimivat Juhani Multanen, Ville-Markus Konola ja Eeva Manninen

Rekisteröidyn (tutkimukseen osallistuvan) oikeudet

Oikeus saada pääsy tietoihin (tietosuoja-asetuksen 15 artikla)

Teillä on oikeus saada tieto siitä, käsitelläänkö henkilötietojanne ja mitä henkilötietojanne käsitellään. Voitte myös halutessanne pyytää jäljennöksen käsiteltävistä henkilötiedoista.

Oikeus tietojen oikaisemiseen (tietosuoja-asetuksen 16 artikla)

Jos käsiteltävissä henkilötiedoissanne on epätarkkuuksia tai virheitä, Teillä on oikeus pyytää niiden oikaisua tai täydennystä.

Oikeus tietojen poistamiseen (tietosuoja-asetuksen 17 artikla)

Teillä on oikeus vaatia henkilötietojen poistamista tietyissä tapauksissa. Oikeutta tietojen poistamiseen ei kuitenkaan ole, jos tietojen poistaminen estää tai vaikeuttaa suuresti käsittelyn tarkoituksen toteutumista tieteellisessä tutkimuksessa.

Oikeus käsittelyn rajoittamiseen (tietosuoja-asetuksen 18 artikla)

Liite 5: TIETOSUOJAILMOITUS, Multanen



5.11.2021

Teillä on oikeus henkilötietojen käsittelyn rajoittamiseen tietyissä tilanteissa kuten, jos kiistätte henkilötietojenne paikkansapitävyyden.

Oikeuksista poikkeaminen

Tässä kuvatuista oikeuksista saatetaan tietyissä yksittäistapauksissa poiketa tietosuoja-asetuksessa ja Suomen tietosuojalaissa säädetyillä perusteilla siltä osin, kuin oikeudet estävät tieteellisen tai historiallisen tutkimustarkoituksen tai tilastollisen tarkoituksen saavuttamisen tai vaikeuttavat sitä suuresti. Tarvetta poiketa oikeuksista arvioidaan aina tapauskohtaisesti.

Profilointi ja automatisoitu päätöksenteko

Tutkimuksessa henkilötietojen käsittelyn tarkoituksena ei ole henkilökohtaisten ominaisuuksienne arviointi, ts. profilointi, vaan henkilötietojenne ja ominaisuuksianne arvioidaan laajemman tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta. Henkilötietojenne ei käytetä automaattiseen päätöksentekoon.

Rekisteröidyn oikeuksien toteuttaminen

Jos Teillä on kysyttävää rekisteröidyn oikeuksista, voitte olla yhteydessä yliopiston tietosuojavastaavaan. Kaikki oikeuksien toteuttamista koskevat pyynnöt toimitetaan Jyväskylän yliopiston kirjaamoon:

Kirjaamo ja arkisto, PL 35 (C), 40014 Jyväskylän yliopisto, puh. 040 805 3472, e-mail: kirjaamo(at)jyu.fi. Käyntiosoite: Seminaarinkatu 15 C-rakennus (Yliopiston päärakennus, 1. krs), huone C 140.

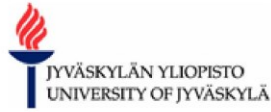
Tietoturvaloukkauksesta tai se epäilystä ilmoittaminen Jyväskylän yliopistolle

<https://www.jyu.fi/fi/yliopisto/tietosuojailmoitus/ilmoita-tietoturvaloukkauksesta>

Sinulla on oikeus tehdä valitus erityisesti **vakinaisen asuin- tai työpaikkasi sijainnin mukaiselle valvontaviranomaiselle**, mikäli katsot, että henkilötietojen käsittelyssä rikotaan EU:n yleistä tietosuoja-asetusta (EU) 2016/679. Suomessa valvontaviranomainen on tietosuojavaltuutettu:

Tietosuojavaltuutetun toimisto
Ratapihantie 9, 6. krs, 00520 Helsinki, PL 800, 00521 Helsinki
Puhelinvaihe: 029 566 6700
Sähköposti (kirjaamo): tietosuoja@om.fi

LIITE 8. Suostumus tutkimukseen osallistumisesta.



Liite 7: Suostumus tutkimukseen, Multanen

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 Jyväskylän yliopiston hallinnoimaan tutkimusrekisteriin.

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

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 kerätyt tiedot ei käytetä enää tutkimuksessa. Mikäli suostumuksen peruuttamisen sijaan keskeytän tutkimuksen, minusta keskeyttämiseen asti kerätyt tiedot ja näytteitä käytetään osana tutkimusaineistoa.

Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni tähän tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkimushenkilöksi.

Allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Syntymäaika

Osoite

Suostumus vastaanotettu

Tutkijan allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Tämä kappale jää tutkittavalle

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 Jyväskylän yliopiston hallinnoimaan tutkimusrekisteriin.

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

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.

Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni tähän tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkimushenkilöksi.

Allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Syntymäaika

Osoite

Suostumus vastaanotettu

Tutkijan allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Tämä kappale jää tutkimusryhmälle

LIITE 9. Kyselylomake tutkittaville.



Liite 8: Kyselylomake, Multanen

HENKILÖTIEDOT

Lomakkeen täyttöpvm: _____

Sukunimi _____ Etunimi _____

Syntymäaika _____ Puhelin, josta tavoittaa päivisin _____

TERVEYDENTILA

Pituus _____ cm Paino _____ kg

Sairaudet, leikkaukset ja vammat _____

Lääkitys (nimi ja annos) _____

Merkitkää poikkiviiva (I) viivalle kohtaan, joka parhaiten vastaa kokemaananne selkäkipua viimeisen viikon aikana?

Ei lainkaan |—————| Pahin mahdollinen

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

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

Jos vastasit kahden edellisen kysymyksen kohdalla toiseen tai molempiin ”kyllä”, kerro tarkemmin:

Tupakointi ei kyllä, keskimäärin _____ savuketta/päivä

TOIMEENTULO

työssä vuorotteluvapaa osaeläke
 sairauspäiväraha opiskelija eläke
 kuntoutusraha työtön
 äitiysloma/vanhempainloma muu, mikä? _____

Ammatti _____

FYYSINEN AKTIIVISUUS

1. Kuinka usein harrastatte 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 10. Vastusharjoitteissa käytetyt painopakkakuormat¹ kilogrammoina.

Harjoite	Min.	Max.	Ka.	SD
Selänojennuslaite	42,0	84,0	65,9	12,3
Vartalonkiertolaite O	25,0	57,5	41,6	8,5
Vartalonkiertolaite V	25,0	57,5	40,0	8,1
Lonkankoukistuslaite O	27,0	60,0	40,9	10,7
Lonkankoukistuslaite V	27,0	60,0	41,1	10,9
Taljassa työntö-veto O	9,0	36,0	26,1	7,2
Taljassa työntö-veto V	9,0	36,0	26,1	7,2
Pallof-työntö O	13,5	32,5	25,3	4,9
Pallof-työntö V	13,5	32,5	25,3	4,9

Min=minimi; Max=maksimi; Ka=keskiarvo; SD=keskihajonta

[1] Taulukossa on ilmoitettu laitekohtaiset painopakkakuormat. Harjoitelaitteissa on väkipyörät, jotka vaikuttavat todelliseen kuormaan.