

**FLYWHEEL-HARJOITTELUN VAIKUTUSMAHDOLLISUU-
DET FYSIOTERAPIASSA - SYSTEMAATTINEN KIRJALLI-
SUUSKATSAUS**

Vilén Ville

Opinnäytetyö
Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
Fysioterapian koulutusohjelma
Fysioterapeutti AMK

2018

Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
Fysioterapian Koulutusohjelma
Fysioterapeutti AMK

Tekijä	Ville Vilén	Vuosi	2018
Ohjaajat	Erja Rahkola, Mika Rahkola		
Toimeksiantaja	Jari Tapio, Kehonhuoltamo FixIt		
Työn nimi	Flywheel-harjoittelun vaikutusmahdollisuudet fy- sioterapiassa – Systemaattinen kirjallisuuskatsaus		
Sivu- ja liitesivumäärä	62 + 4		

Opinnäytetyön tarkoitus oli kartoittaa, millaisia fysiologisia ja toiminnallisia vaikutuksia flywheel-harjoittelulla on ja miten sitä voidaan käyttää hyödyksi terapeuttisessa harjoittelussa. Tavoite opinnäytetyön tilaajan näkökulmasta oli saada kriittisesti tarkasteltua tietoa harjoitusmetodin toimivuudesta ja käytännön sovellutuksista erilaisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa. Fysioterapian alalle tämä opinnäytetyö tuo uutta koottua ja syntetisoitua tietoa flywheel-laitteen hyödyistä kuntoutuksessa. Henkilökohtaisia tavoitteita oli syventää ymmärrystä systemaattisten kirjallisuuskatsauksista sekä saada uusin tieto eksentrisen harjoittelun sekä flywheel-harjoittelun käyttömahdollisuuksista, vaikutuksista ja metodeista terapeuttisessa harjoittelussa.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valittiin systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Alkuperäistutkimuksien haku suoritettiin viidestä eri tietokannasta kesällä 2017. Laadunarvioinnissa hyödynnettiin PEDron skaalaa. Työhön valikoitui 20 hyvä- ja keskilaatuista tutkimusta. Aineisto käsiteltiin teema-analyysin kautta.

Flywheel-harjoittelulla saatiin merkitseviä positiivisia muutoksia lihasmassassa, voimantuotossa sekä toiminta- ja suorituskyvyssä. Näiden muutosten vaikuttavuus vaihteli paljon tutkimusten välillä. Verrattuna muuhun harjoitteluun tulokset olivat ristiriitaisia. Tulosten perusteella tehdyn teemoittelun kautta muodostettiin kolme teemaa: flywheel-harjoittelun käyttömahdollisuus atrofian ehkäisyssä, suoritus- ja toimintakyvyn kehittämisessä sekä neurologisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa. Flywheel-harjoittelua pystytään hyödyntämään useissa eri kuntoutusprosessin vaiheissa tuki- ja liikuntaelinten vaivojen, neurologisten vaivojen, urheiluvammojen sekä esimerkiksi ikääntyvien fysioterapiassa.

Harjoitusvälineen käyttöä fysioterapiassa on tutkittu vähän. Kirjallisuuskatsaus tuo esille useita potentiaalisia hyötyjä flywheel-harjoittelun käytöstä fysioterapiassa. Analyysin tulokset antavat viitteitä siitä, että sen vaikuttavuutta ja sovellutuksia osana kuntoutusprosessia olisi tarve tutkia tarkemmin, verraten flywheel-harjoittelua samalla muihin olemassa oleviin harjoitusmuotoihin.

Avainsanat Flywheel, kuntoutus, eksentrisen harjoittelu, terapeuttinen harjoittelu

School of Social Services, Health care and Sports
Degree Programme in Physiotherapy
Physiotherapist

Author	Ville Vilén	Year	2018
Supervisor	Erja Rahkola, Mika Rahkola		
Commissioned by	Jari Tapio, Kehonhuoltamo Fixlt		
Subject of thesis	Potential use of flywheel training in physiotherapy – a systematic review		
Number of pages	62 + 4		

The purpose of this thesis was to find out the physiological and functional effects of flywheel training and its possible implications to physiotherapy and therapeutic exercise. The goal of this thesis was to bring the commissioner and other physiotherapists and health care providers critically reviewed information about flywheel training and its potential usage in rehabilitation purposes. Personal goals for this thesis were to achieve a deeper understanding of the mechanics and effects of eccentric training and flywheel training. A secondary personal goal was to learn more about the scientific methods and practical applications of systematic reviews.

This thesis was a systematic review. The literature search was conducted in the summer of 2017 from five databases. The quality of included studies was assessed using the PEDro scale. Overall, 20 good and moderate quality studies were included in this review. Theme-analysis was used for further analysis of the included studies.

There were several significant positive effects of flywheel training for muscle mass, force production abilities, sports performance and general functioning in humans. The effect sizes varied from trivial to large. Compared to other training, no sufficient conclusions can be drawn from the superiority of flywheel training. In further analysis, three themes were chosen to represent the results: flywheel training in prevention of atrophy, flywheel training in improving functioning and performance and flywheel training in rehabilitation of neurological disorders. Flywheel training can possibly be used as a tool for therapeutic exercise in rehabilitation of musculoskeletal disorders, neurological disorders, sports physiotherapy and geriatric physiotherapy.

In conclusion, this literature review offers various insights regarding flywheel training and its potential implications in therapeutic exercise. This review points out several possible benefits for the use of flywheel training in physiotherapy. More research about the usage of flywheel training in rehabilitation is needed to draw further conclusions. Furthermore, more studies comparing flywheel training to other training modalities in rehabilitation should be conducted.

Key words: Flywheel training, eccentric overload, gravity-independent training, physiotherapy

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TERAPEUTTINEN HARJOITTELU	9
2.1	Terapeuttisen harjoittelun määritelmä	9
2.2	Lihaskoimaharjoittelu	9
2.3	Lihaskoyn muodot harjoittelussa	10
2.3.1	Lihaskoyn muotojen luokittelu	10
2.3.2	Eksenttrinen harjoittelu fysioterapiassa	11
2.3.3	Eksenttrisen harjoittelun vaikutusmekanismit	12
2.3.4	Eksenttrinen ylikuormitus lihaskoimaharjoittelussa	13
2.3.5	Eksenttrisen harjoittelun riskitekijät ja vasta-aiheet	14
3	FLYWHEEL TERAPEUTTISEN HARJOITTELUN VÄLINEENÄ	16
3.1	Flywheelin toimintamekanismit ja käyttöaste Suomessa	16
3.2	Flywheelin alkuperäinen käyttötarkoitus ja sen soveltaminen fysioterapiaan	17
3.3	Flywheel-harjoittelun akuutit vaikutukset	19
4	TYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT	20
5	SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS	21
5.1	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä	21
5.2	Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen eteneminen	22
5.3	Aineiston hakumenetelmät	23
5.4	Tiedonhakuprosessin tulokset ja alkuperäistutkimuksien valinta	24
5.5	Aineiston käsittely ja sisällönanalyysi	26
5.5.1	Aineiston käsittelymenetelmä	26
5.5.2	Aineiston tulosten käsittely ja esittely	26
5.5.3	Sisällönanalyysi	27
6	VALITUT ALKUPERÄISTUTKIMUKSET	28
6.1	Alkuperäistutkimuksien koehenkilöt ja tutkimusryhmät	28
6.2	Alkuperäistutkimuksien interventiot	29
6.3	Alkuperäistutkimuksien tulosten käsittely	30
6.4	Alkuperäistutkimuksien laadunarviointi	31
6.5	Alkuperäistutkimuksien sisällönanalyysi	32

7 TULOKSET	39
7.1 Flywheel-harjoittelun vaikutukset.....	39
7.1.1 Flywheel-harjoittelun vaikutukset rakenteellisiin ja fysiologisiin tekijöihin.	39
7.1.2 Flywheel-harjoittelun vaikutukset suoritus- ja toimintakykyyn	40
7.2 Flywheel-harjoittelun hyödyntäminen terapeuttisessa harjoittelussa	42
7.2.1 Flywheel-harjoittelu tuki- ja liikuntaelinten vammoissa sekä sairauksissa.....	42
7.2.2 Flywheel-harjoittelu ikääntyneiden fysioterapiassa.....	43
7.2.3 Flywheel-harjoittelu urheilufysioterapiassa	45
7.2.4 Flywheel-harjoittelu neurologisten sairauksien kuntoutuksessa	46
8 POHDINTA	48
8.1 Pohdintaa tutkimustuloksista	48
8.2 Tutkimuksen validiteetti, reliabiliteetti, eettisyys ja puutteet.....	49
8.3 Opinnäytetyöprosessin arviointi.....	51
8.4 Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet	52
LÄHTEET	54
LIITTEET	63

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AE = Aerobinen harjoittelu

BR = Vuodelepo

CMJ = Esikevennyshyppy

COD = Suunnanmuutos

CON= Kontrolliryhmä, verrokkiryhmä

CSA = Poikkipinta-ala

d = Cohenin d , Efektikoon symboli

ECC = Eksentrisen

ES = Efektikoko, Effect Size

FW = Flywheel

HJ = Horisontaalinen loikka

ISO = Isometrinen lihastyö

ITMS = Inertial Training and Measurement System

KO = Kyynärvarren ojentajat

KON = Konsentrisen

LJ = Lateraalinen loikka

MHC = Myocin Heavy Chain

MVIC = Maximal voluntary isometric contraction

NME = Neuromuskulaarinen taloudellisuus, Neuromuscular Efficiency

p = Tilastollisen merkitsevyyden symboli

PO = Polven ojennus

PWR = Voimantuotto, Power

QF = m. Quadriceps Femoris

RE = Vastusharjoittelu, Resistance Exercise

TRQ = Vääntömomentti, Torque

TUG = Timed Up-and-Go -testi

TULE = Tuki- ja liikuntaelin

SOL = m. Soleus

VL = m. Vastus Lateralis

1 JOHDANTO

Terapeuttinen harjoittelu on yksi fysioterapian työkaluista, jonka tarkoituksena on palauttaa yksilölle optimaalinen toimintakyky ja aktiivisuustaso. Terapeuttista harjoittelua voidaan luonnehtia fysioterapeutin kanssa toteutettavaksi systemaattiseksi harjoitteluksi. (Houglum 2016, 10.) Yksi terapeuttisen harjoittelun muodoista on lihasvoimaharjoittelu. Tässä harjoittelun muodossa voidaan käyttää kuntoutusprosessin edetessä eri lihastyön muotoja: esimerkiksi lihaskudoksen parantuessa ja kuntoutuksen edistyessä progressiivisesti kohti toiminnallisempaa suorittamista tehdään eksentristä harjoittelua, joka viittaa lihaksen venymistä vastustavaan tai hillitsevään lihastyöhön. (Heiderscheit ym. 2010, 74; Pull & Ranson 2007, 93.)

Eksentrisestä harjoittelusta on positiivisia tutkimustuloksia useilta kuntoutuksen osa-alueilta: harjoittelu on taloudellisempaa, saa aikaan suurempia hermostollisia vasteita sekä hypertrofisia ja voimantuotollisia vaikutuksia muuhun lihasvoimaharjoitteluun verrattuna. (Lorenz & Reinman 2011, 39; Pull & Ranson 2007, 94.) Normaalissa lihasvoimaharjoittelussa eksentrisen kuormitus jää usein liian vähälle altistukselle. Tästä johtuen Pull ja Ranson (2007, 93) ehdottavat eksentristä kuormitusta tuottamaan suunniteltujen laitteiden ja harjoitusliikkeiden käyttöä osana kuntoutusprosessia.

Opinnäytetyö tarkastelee eksentristä kuormitusta aiheuttavan flywheel-laitteen käyttömahdollisuuksia osana terapeuttista harjoittelua. Painovoimasta riippumaton flywheel-laite perustuu inertian hyödyntämiseen (Tesch, Fernandez-Gonzalo & Lundberg 2017, 2). Laitteen tarkoituksena on hillitä vähäisen kuormituksen, esimerkiksi avaruuden mikropainovoiman, aiheuttamaa atrofista vaikutusta lihakseen. Fysioterapiassa esimerkiksi vuodepotilaiden ja kriittisemmin sairaiden kohderyhmät voivat kuulua vastaavaan kohderyhmään (Belavy, Ohshima, Rittweger & Felsenberg 2017, 1; Mitchell, Taivassalo, Narici & Franchi 2017, 1).

Tutkimustieto flywheelin vaikutuksista on kasvanut viime aikoina useiden systemaattisten ja narratiivisten kirjallisuuskatsausten myötä (Maroto-Izquierdo ym.

2017, 1; Mosteiro-Munoz & Dominiquez 2016, 1; Nunez Sanchez & Saez de Villareal 2017, 3177; Parmar, Perry, Cesarz, Roberts, Hardman & Caruso 2016, 64; Schoenfeld & Grgic 2017, 1; Tesch ym. 2017, 2; Vicens-Bordas, Esteve, Fort-Vanhmeerhaeghe, Bandholm & Thorborg 2018, 75), mutta aiheesta ei ole tehty kriittisiä systemaattisia kirjallisuuskatsauksia terapeuttisen harjoittelun näkökulmasta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa, millaisia vaikutuksia flywheel-harjoittelulla on, ja miten sitä voidaan käyttää hyödyksi eri sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa.

Työn tavoite on saada kriittisesti tarkasteltua tietoa harjoittelulaitteen käyttömahdollisuuksista fysioterapiassa. Henkilökohtaisina tavoitteina on syventää osaamistani systemaattisen kirjallisuuskatsauksen teosta sekä eksentrisestä harjoittelusta. Tämän työn toimeksiantajana toimii Kehonhuoltamo Fixltin Jari Tapio (LIITE 1). Toimeksiantajan tavoitteena on saada selkeä kuva flywheel-laitteen käyttömahdollisuuksista fysioterapiassa. Opinnäytetyö on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään terapeuttisen harjoittelun määritelmien kautta lihasvoimaharjoittelua, eksentristä harjoittelua ja sen vaikutusmekanismeja sekä flywheel-harjoittelua.

2 TERAPEUTTINEN HARJOITTELU

2.1 Terapeuttisen harjoittelun määritelmä

Terapeuttinen harjoittelu tarkoittaa fysioterapeutin kanssa suunniteltua ja toteutettua lihastyötä ja liikeharjoittelua, joilla on selkeä terapeuttinen tavoite (Houglum 2016, 10; Taylor, Dodd, Shields & Bruder 2007, 7). Balin (2012, 25) sekä Taylorin ym. (2007, 7) mukaan terapeuttinen harjoittelu voi sisältää useita kuntoutuskokonaisuuksille ominaisia harjoitusmuotoja, kuten aerobista harjoittelua, vastus- ja lihasvoimaharjoittelua, motorista harjoittelua, tasapainoharjoittelua tai liikkuvuusharjoittelua. Valittu harjoitusmuoto ja sen ohjeistaminen riippuvat kuntoutuksen tavoitteista ja taustalla olevasta vammasta tai sairaudesta (Houglum 2016,10). Tämä opinnäytetyö tutki useita erilaisia terapeuttisen harjoittelun kohteita lihasvoimaharjoittelun näkökulmasta.

Terapeuttisen harjoittelun tavoitteena on vähentää tai poistaa liikkumisen toiminnallisia rajoituksia, ehkäistä tai hidastaa toimintakyvyn rappeutumista, nopeuttaa vammasta tai leikkauksesta kuntoutumista tai parantaa suorituskyvyn eri ominaisuuksia (Bali 2012, 25; Houglum 2016, 9). Kohdatakseen asetetut tavoitteet ja ollakseen tarkoituksenmukaista, on terapeuttisen harjoittelun perustuttava fysioterapeutin toteuttamaan tutkimukseen. Kliiniseen tutkimiseen perustettu harjoitussuunnitelma ja selkeä kuntoutuksellinen tavoite erottavat terapeuttisen harjoittelun perinteisestä kuntosali-, kestävyys tai liikeharjoittelusta. (Houglum 2016, 12.) Terapeuttisen harjoittelun on Taylorin ym. (2007, 12) ja Smidtin, de Vetin, Bouterin ja Dekkerin (2005, 74–75) systemaattisiin kirjallisuuskatsauksiin pohjautuvien kirjallisuuskatsausten perusteella osoitettu olevan hyödyllinen kuntoutusmuoto useisiin tuki- ja liikuntaelinten, sisäelinten sekä neurologian sairauksiin ja vammoihin.

2.2 Lihasvoimaharjoittelu

Opinnäytetyössä käsiteltävä flywheel-harjoittelu voidaan luokitella lihasvoimaharjoitteluksi. Lihasvoimaharjoittelua käytetään osana terapeuttista harjoittelua: esimerkiksi Jetten ja Delitton (1997, 152) haastatteluiden mukaan 67–96% fysioterapeuttien toteuttamasta selkärangan ja polven vaivojen kuntoutuksesta sisälsi

voimistavia harjoitteita. Lihassoimaharjoittelun tavoitteina ovat toimintakyvyn parantaminen, lihasvoiman lisääminen, voimantuoton nopeuden kasvattaminen, kestävyuden kehittäminen, lihaksen ja jännekudosten poikkipinta-alan kasvatus tai lihasatrofian ehkäiseminen (Taylor, Dodd & Damiano 2005, 1209; Verkhoshansky & Siff 2009, 11).

Taylorin ym. (2005, 1219) tekemän systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tarkastelleen kirjallisuuskatsauksen mukaan progressiivinen lihasvoimaharjoittelu on hyödyllinen ja turvallinen harjoitusmuoto useilla eri fysioterapian osa-alueilla, kuten tuki- ja liikuntaelinten sekä neurologisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa. Lihassoimaharjoittelua voidaan jakaa useilla eri tavoilla esimerkiksi lihastyön laadun, käytettyjen kuormien, liikenopeuden, harjoittelun tavoitteiden tai käytettävän vastuksen mukaisesti (Zatsiorsky 2006, 81).

2.3 Lihastyön muodot harjoittelussa

2.3.1 Lihastyön muotojen luokittelu

Lihastyötä voidaan Verkhoshanskyn ja Siffin (2009, 127) mukaan jakaa useaan eri vaiheeseen: konsentriseen, eksentriseen ja isometriseen lihastyöhön, jonka lisäksi olemassa on vielä näiden kolmen vaiheen yhdistelmiä. Useimmissa ihmiskehon liikkeissä nähdään kaikkia näitä lihastyön vaihteita. Konsentrisessä lihastyössä lihas supistuu, jolloin lihaksen päät liikkuvat toisiaan kohti. Isometrisessä lihastyössä lihaksen pituus pysyy muuttumattomana, eli liikettä ei lihastyön kautta tapahdu. (Verkhoshansky & Siff 2009, 127.)

Eksentrisessä lihastyössä etäisyys lihaksen päiden välillä kasvaa. Supistumisen sijaan lihakseen kohdistetun kuorman määrä ylittää lihaksen voimantuoton määrän ja täten lihas pitenee: kyseessä on siis vastustettu pidentyminen. (Verkhoshansky & Siff 2009, 51; Douglas, Pearson, Ross & McGuigan 2017, 918.) Eksentristä lihastyötä kuvaavat esimerkiksi perinteisessä jalkakyykyssä alasmenvaihe, tai penkkipunnerruksessa tangon laskeminen rinnalle. Arkielämässä eksentristä kuormitusta löytyy esimerkiksi alamäkeen tai portaita alas kulkiessa. (Isner-Horobeti ym. 2013, 487.)

Terapeuttisessa harjoittelussa voidaan käyttää edellä mainittuja lihastyön yhdistelmiä tai niiden yksittäisiä muotoja kuntoutuksen eri vaiheissa. Esimerkiksi tendinopatioiden ja lihasvammojen kuntoutuksessa isometrisiä harjoitteita käytetään kuntoutuksen alkuvaiheissa kivun vähentämiseksi ja suorituskyvyn progressiiviseksi kehittämiseksi. (Hoskins & Pollard 2005, 181; Rio ym. 2015, 1280.) Eksentristä lihasvoimaharjoittelua käytetään kyseisten vammojen kuntoutuksen myöhemmissä vaiheissa (Lorenz & Reinman 2011, 33; Pull & Ranson 2007, 94).

2.3.2 Eksentrisen harjoittelu fysioterapiassa

Terapeuttisen harjoittelun näkökulmasta eksentrisen harjoittelu sisältää useita hyötyjä: eksentrisen harjoittelun suuren voimantuoton potentiaalin, hypertrofisten vaikutusten ja suhteessa pienempien aineenvaihdunnallisten kustannuksien takia sitä voidaan Mitchellin ym. (2017, 2) sekä LaStayon, Marcuksen, Dibblen, Frajacomon ja Lindstedtin (2013, 1432) mukaan käyttää hyödyksi useiden vammojen ja sairauksien kuntoutuksessa sekä lihasatrofian ehkäisyssä. Esimerkiksi eksentrisen harjoittelun kuormitus sydän- ja verenkiertoelimistöön on kaikista lihastyön tyypeistä matalin, jonka takia sitä voidaan käyttää hyödyksi lihasmassan ja voiman kehittämisessä tämän elimistön sairauksista kärsivillä. (Karagiannis, ym. 2017, 62.)

Eksentristä harjoittelua voidaan käyttää eri vammojen kuntoutuksessa. Viimeisimpien tutkimuksien mukaan eksentrisen voimaharjoittelu voi olla hyödyllinen muun muassa ylä- ja alaraajojen tendinopatioiden kuntoutuksessa (Camargo ym. 2014, 639; Everhart ym. 2016, 8; Kaux ym. 2013, 5; Maganaris ym. 2017, 8; Malliaras, Maffulli & Garau 2008, 1592; Ortega-Castillo, Medina-Porqueres & Cantero-Tellez 2014, 3.), hamstring-lihasryhmän ja lonkan lähentäjien lihasryhmän vammojen ehkäisyssä ja kuntoutuksessa (Bukner 2015, 1243; Ishoi, Sorensen, Kaae, Jorgensen, Hölmlich & Serner 2016, 1339; Lorenz & Reiman 2011, 33.), ikääntyneiden kaatumisten ehkäisyssä (LaStayo, Marcus, Dibble, Wong & Pepper 2017, 10) sekä lihasmassan ja voimantuoton parantamisessa kuntoutusprosessin aikana (Maroto-Izquierdo ym. 2017a, 7). Neurologisten sairauksien ja vammojen osalta positiivisia vaikutuksia on todettu esimerkiksi MS-potilailla ja aivohalvauksen kuntoutuksessa (LaStayo ym. 2014, 1428; Samaei, Bakhtiary, Hajihasan, Fatem & Motaharinezhad 2016, 39).

2.3.3 Eksentrisen harjoittelun vaikutusmekanismit

Ymmärtääksemme eksentrisen harjoittelun käyttömahdollisuuksia fysioterapiassa, tulee ymmärtää harjoittelun taustalla olevia neuromekaanisia ja fysiologisia vaikutusmekanismeja. Eksentrisen lihastyö eroaa useilla tavoilla konsentrisesta ja isometrisestä lihastyöstä. Lihaksen tuottama voima on eksentrisessä lihastyössä suurempi verrattaessa isometriseen tai konsentriseen lihastyöhön (Herzog 2013, 1407–1408; Verkhoshansky & Siff 2009, 126). Eksentrisen harjoittelun on todettu lisäävän eniten lihaksen eksentristä voimaa, mutta se kehittää myös konsentrista ja isometristä voimaa sekä voimantuoton nopeutta vaaditun liikkeen lihastyön laadusta ja nopeudesta riippuen. (Douglas ym. 2017, 930; Isner-Horobeti ym. 2013, 490.)

Eksentrisen lihastyön aikana mitattu lihasaktiivisuus, motoristen yksiköiden sytyminen sekä lihaksen energiankulutus ovat useissa tutkimuksissa konsentrista ja isometristä lihastyötä matalampia. Näitä eroja pyritään selittämään esimerkiksi poikkeavalla keskushermoston aktiivisuudella sekä lihassupistuksen mekaniikan kautta. (Duchateau & Baudry 2014, 1319; Hessel, Lindstedt & Nishikawa 2017, 2; Verkhoshansky & Siff 2009, 126.) Eksentrisellä harjoittelulla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia lihaksen EMG-aktiivisuuteen sekä harjoitettujen lihasten agonistien lisääntyneeseen ja antagonistilihasten vähentyneeseen aktiivisuuteen. Tämä voi vähentää hermoston liikettä hillitsevää inhibitiota ja ko-aktiivatiota, joka selittää osiltaan voimatasojen kasvua eksentrisen harjoittelun myötä. (Aagaard 2018, 9; Isner-Horobeti ym. 2013, 494.)

Eksentrisen lihastyö saattaa vaatia keskushermostolta erilaista aktiivisuutta kuin konsentrisen lihastyö: aivokuoren aktiivisuus on eksentrisessä työssä suurempaa, toiminnalliset yhteydet aivoissa heikompia ja hermosto tarvitsee suuremman valmistautumisajan liikkeen tuottamiseen. (Isner-Horobeti ym. 2013, 489; Perrey 2017, 7; Yao ym. 2016, 4.) Hermostollinen vaikutus näkyy myös eksentrisen harjoittelun voimakkaassa ristivaikutuksessa, jossa toisen puolen harjoittaminen tuo positiivisia ja akuutteja negatiivisia vaikutuksia myös kontralateraalin puolen voimaan ja lihasaktiivisuuteen. Vaikutus saattaa olla konsentrista lihastyötä suurempi. (Douglas ym. 2017, 919; Hedayatpour, Izanloo & Falla 2018, 158; Isner-

Horobeti ym. 2013, 494; Kidgell ym. 2015, 571; Lepley & Palmieri-Smith 2014, 586.)

Voimantuoton eroihin voi vaikuttaa esimerkiksi eksentrisen lihastyön mekanismi, jossa lihaksen tuottama voima on lihakseen kohdistuvaa kuormaa pienempi. Tämä vaikuttaa merkittävästi nivelen vääntömomentteihin ja sitä kautta lihassupistuksen neuraalisiin mekanismeihin. (Duchateau & Baudry 2014, 1421.) Perinteinen lihassolujen aktiini- ja myosiinifilamenttien liukuminen ja poikkisiltojen muodostaminen lihassupistuksessa ei täysin voi selittää eksentrisen voimantuoton ylivoimaisuutta konsentriseen lihastyöhön verrattuna. Muihin energiaa varastoiviin ja voimantuottoon vaikuttaviin tekijöihin voidaan lukea esimerkiksi lihassolujen sarkomeerien ”kiertyvä” filamentti titiini sekä lihakseen liittyvä jännekuodos. Energian varastoitumista ja eksentristä voimantuottoa ei pystytä nykytutkimuksien valossa täysin selittämään. (Hessel ym. 2017, 2; Hidalgo, Saripalli & Granzier 2014, 106; Nishikawa ym. 2014, 2. Nishikawa, Lindstedt & LaStayo 2018, 3.)

Eksentrisellä voimaharjoittelulla on positiivisia vaikutuksia lihaksistoon: se lisää hypertrofiaa, etenkin tyypin II-lihasolujen poikkipinta-alan kasvu on eksentrisessä harjoittelussa perinteistä tai konsentrista harjoittelua suurempaa. (Schoenfeld 2017, 2606.) Eksentrisellä harjoittelulla voidaan mahdollisesti vaikuttaa myös lihaksen fasikkulien pituuteen, jonka on todettu olevan yhteydessä esimerkiksi lihasvammojen riskeihin. (Baroni, Geremia, Rodriguez, Franke, Karamanidis & Vaz 2013, 5; Bourne ym. 2016, 5; Duhig 2017, 96.) Jänteissä eksentrisen harjoittelu saa aikaan rakenteiden muutoksia, kollageenin ja fibroblastien synteisiä sekä mahdollisesti patologisen neovaskularisaation hillintää. (Camargo, Albuquerque-Sendin & Salvini 2014, 639; Maganaris, Chatzistergos, Reeves & Narici 2017, 5; Kaux ym. 2013, 121.)

2.3.4 Eksentrisen ylikuormitus lihasvoimaharjoittelussa

Eksentristä lihastyön vaihetta tulee saada ylikuormitettua, jotta eksentrisen harjoittelun aikaansaamia kuntoutukselle edullisia adaptaatioita pystytään hyödyntämään fysioterapiassa. Perinteisessä painovoiman alaisena toimivassa vastusharjoittelussa lihaksen konsentrisen voima määrittää harjoitteessa käytettävän

kuorman, koska eksentrisesti tehtävä lihastyö on aina konsentrista lihastyötä voimakkaampi. Vaikka konsentriset voimatasot lihastyön aikana olisivatkin 100% maksimista, voi eksentrisen lihastyö jäädä liian vähälle kuormitukselle. (Douglas ym. 2016, 10; Pull & Ranson 2007, 92; Schoenfeld 2017, 2599.)

Ottaen huomioon eksentrisen harjoittelun hyödyt, on voimatasojen eroa pyritty tasoittamaan eksentrisellä ylikuormaharjoittelulla (eccentric overload training). Perinteisessä lihasvoimaharjoittelussa eksentristä ylikuormaa pyritty luomaan esimerkiksi tekemällä eksentrisen vaihe unilateraalisesti vain toista raajaa käyttäen, mutta konsentrisen vaihe bilateraalisesti molemmilla raajoilla. (Anderson, Pietilä, Jonsson & Lorentzo 1998, 362; Frohm, Saartok, Halvorsen & Renström 2007, 2; Kingma, de Knikker, Wittink & Takken 2007, 4).

Tämän opinnäytetyön käsittelemä flywheel-harjoittelu on yksi eksentrisen ylikuormaharjoittelun välineitä hyödyntävistä muodoista. Flywheelin lisäksi esimerkiksi hydrauliiikan kautta toimivaa Bromsmanin kyykkylaitetta tai vapautettavia lisäpainokoukkuja voidaan käyttää terapeuttisessa harjoittelussa eksentrisen ylikuormituksen luomiseksi. (Frohm ym. 2007, 2; Munger ym. 2017, 1193.)

2.3.5 Eksentrisen harjoittelun riskitekijät ja vasta-aiheet

Eksentrisen harjoittelun on todettu aiheuttavan muuta lihastyötä enemmän vaurioita lihakseen sen venymistä ja lihasjännitystä vaativasta luonteesta johtuen. Tämä johtaa suurempaan harjoittelun aiheuttamaan viivästyneeseen lihaskipuun (DOMS), lihasjäykkyyden lisääntymiseen, voimatasojen merkittävään hetkelliseen laskuun sekä tulehdustekijöiden nousuun. (Douglas, Pearson, Ross & McGuigan 2016, 9.) Lihasvauriot ja tulehdusreaktiot voivat liian suurina olla riski esimerkiksi kroonisista sairauksista kärsiville tai ikääntyneille, vaikka lihaksen kehittymisen kannalta nämä prosessit ovatkin edullisia (Mitchell ym. 2017, 2; Gault & Willems 2013, 352). Tämä on syytä ottaa huomioon harjoittelun ohjelmoinnissa, etenkin kokemattomien harjoittelijoiden, ikääntyneiden ja vakavasti sairaiden yksilöiden kuntoutuksessa.

Myopatiaa, kuten esimerkiksi Duchennen dystrofiaa, sairastaville yksilöille kova-tehoista eksentristä harjoittelua ei korostuneiden loukkaantumisriskien takia

voida suositella. Myopatioiden hoidosta eksentrisellä harjoittelulla on hyvin rajatusti tutkimustietoa tapaustutkimusten tai akuuttitutkimusten muodossa, eikä niistä voida vetää vielä johtopäätöksiä. (Roig, Shadgan & Reid 2008, 155.) Neurologisista sairauksista, sydän -ja verenkiertoelimistön häiriöistä sekä hengityssairauksista kärsivillä huomiota tulee kiinnittää esimerkiksi muutoksiin kehon lämpötilassa ja hengitystiheydessä. Eksentrisen harjoittelu voi Roigin ym. (2008, 154) kirjallisuuskatsauksen mukaan vaikuttaa kehon lämpötilaan ja hengitystiheyteen niitä nostavasti.

Eksentrisen harjoittelu aiheuttaa akuutteja muutoksia harjoitetun lihaksen proprioseptiikkaan ja mekanoreseptorien toimintaan. Esimerkiksi Brockett, Warren, Gregory, Morgan ja Proske (1997, 225), Paschalis, Nikoaidis, Giakas, Jamurtas, Pappas ja Koutedakis (2006, 499) sekä Vila-Chan Riis, Lund, Moller, Farina ja Falla (2011, 144) ovat havainneet eksentrisen harjoittelun tuottavan akuutteja häiriöitä nivelten asennonhallintaan avoimen ketjun liiketesteissä. Suljetun ketjun asennonhallinta ei Vila-Chanin ym. (2011, 145) mukaan ole kuitenkaan merkittävästi häiriintynyt. Lihaksen pituuden muutosten säätely ja siihen liittyvät reaktiot saattavat Paschaliksen ym. (2006, 500) mukaan häiriintyä eksentrisestä harjoittelusta. Mahdolliset häiriöt proprioseptiikassa häviävät alle vuorokauden kuluessa, kun taas muutokset lihaksen pituuden säätelyssä pysyvät yllä ainakin kolmen päivän ajan. (Paschalis ym. 2006, 500.) Näiden tulosten perusteella on epäselvää, vaikuttavatko nämä harjoittelun aiheuttamat proprioseptiikan häiriöt arjen liikkumiseen.

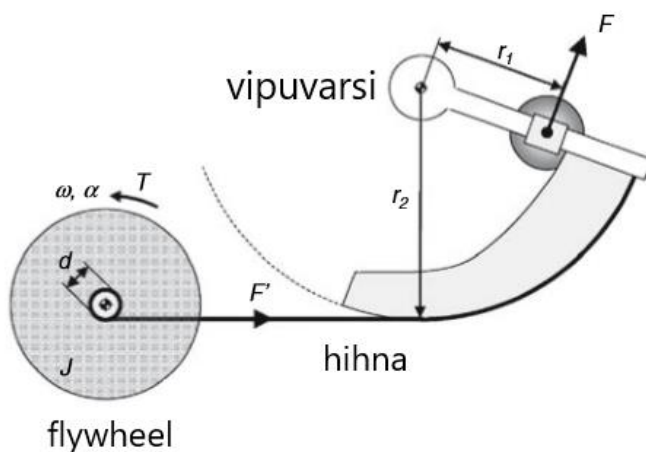
Eksentrisen harjoittelun mahdollisia vasta-aiheita ja haittavaikutuksia saadaan pienennettyä harjoittelun järkevällä periodisoinnilla, riittävän palautumisen mahdollistamisella sekä kevyillä, valmistavilla harjoitusjaksoilla (Fernandez-Gonzalo, Lundberg, Alvarez-Alvarez & de Paz 2014, 7; Harris-Love ym. 2017, 115; Isner-Horobeti 2013, 494; Lavender & Nosaka 2008, 294–296).

3 FLYWHEEL TERAPEUTTISEN HARJOITTELUN VÄLINEENÄ

3.1 Flywheelin toimintamekanismit ja käyttöaste Suomessa

Flywheel-harjoittelua voidaan kuvata painovoimasta riippumattomaksi lihasvoimaharjoitteluksi. Laite käyttää nimensä mukaisesti väkipyörää, jonka kautta liikuvalla kaapelilla suoritetaan valittu harjoitusliike. Konsentrisen liikkeen tuottama inertia pyöryttää väkipyörää ja tuottaa täten vastuksen eksentriseen vaiheeseen. (kuvio 1) Konsentrisessa vaiheessa väkipyörän liike kiihtyy, liikkeen pysähtyttyä ja liikesuunnan muuttuessa negatiiviseksi sama kiihdytyksessä tuotettu inertia kohdistuu tehtävän liikkeen eksentriseen vaiheeseen. (Maroto-Izquierdo ym. 2017a, 2; Naczki, Naczki, Brzenczek-Owczarzak, Arlet & Adach 2015, 191.)

Kirjallisuuskatsauksissa harjoitusmuodosta voidaan käyttää myös nimitystä isoinertial training eli isoinertiaharjoittelu. Käytettävä kuorma ja sen liikevoima määrittyy yksilön oman konsentrisen kiihdytyksen ja tuotetun voiman perusteella. Tarkan kuormituksen, esimerkiksi yhden toiston maksimin (1RM) tai kehonpainoon suhteutetun kuormituksen valitseminen, ei inertiaharjoittelussa ole joko mahdollista tai järkevää. Flywheeliä voidaan kuitenkin käyttää voimantuoton ja voimatasojen mittaamisessa erillisillä tietokoneohjelmistoilla. (Naczki ym. 2015, 192, 194.)



Kuvio 1: Flywheel-laitteen suunniteltu mekanismi. Suomennettu Norrbrand, Fluckey, Pozzo, Tesch (2008, 274).

Flywheel-laitteita ja harjoitusmenetelmiä on olemassa useita erilaisia, näihin luokituvat Inertial Training and Measurement System (ITMS), Flywheel Exercise Device (FWED), Impulse Training System (ITS), Cyklotren, YoYo, Versa Pulley sekä Inertial Kinetic Exercise (IKE). (Naczki, ym. 2015, 192.) Flywheel-laitteiden käyttöasteesta Suomessa ei ole tällä hetkellä saatavilla luotettavaa ja ajantasaista tietoa.

Vaikka jokainen laitteista noudattaa samanlaista inertiapohjaista kuormittamista, voi laitteiden välillä olla eroja esimerkiksi liikelaajuuksissa, liikesuunnissa tai erilaisten suoritustekijöiden mittauksessa. Myös inertia-kuorman muuttaminen tai painojen lisääminen on tietyissä flywheel -laitteissa mahdollista. Tavallisin inertia- vääntömomentti tutkimuksissa on 0,07–0,145 kgm² (Maroto-Izquierdo ym. 2017a, 3).

3.2 Flywheelin alkuperäinen käyttötarkoitus ja sen soveltaminen fysioterapiaan

Flywheel-laitteisto on alun perin kehitetty vastaamaan avaruusmatkailuun liittyvän mikropainovoiman ja kuormittamattomuuden aiheuttamaan kudosatrofiaan. (Tesch, Fernandez-Gonzalo & Lundberg 2017, 2.) Avaruuslennoilla koetulla mikropainovoimalla on useita vaikutuksia yksilön terveyteen ja toimintakykyyn, jotka johtuvat raajojen vähentyneestä kuormituksesta. Esimerkiksi voima, lihasmassa, luun tiheys ja luumassa vähenevät merkittävästi mikropainovoiman ja kuormittamattomuuden takia, jonka lisäksi kehonpaino, sydän ja verenkiertoelimistön toiminta ja hormonitoiminta kokee yksilön kannalta negatiivisia muutoksia. (Caruso ym. 2010, 828; Parmar ym. 2016, 64–68.)

Fysioterapian näkökulmasta samanlaista kuormittamattomuutta voidaan verrata esimerkiksi vuodelepoon, jota käytetään tutkimuksissa monesti simuloimaan mikropainovoiman vaikutuksia (Belavy, ym. 2017, 1; Tesch, Fernandez-Gonzalo & Lundberg 2017, 2). Flywheel-harjoittelu soveltuisi mekaniikkansa takia potilaille, jotka sairauden tai toimintakyvyn heikkenemisen takia joutuvat viettämään aikaa vähäisessä kuormituksessa, kuten vuodelevossa tai pyörätuolissa. Vastaavasti

esimerkiksi useissa tuki- ja liikuntaelinten vammoissa, kuten polven ACL:n vammassa vammautunutta niveltä kuormitetaan vähemmän, joka johtaa ilman interventioita kudosatrofiaan. (Lorenz & Reiman 2011, 37.)

Flywheelin käyttö ei vaadi painovoimaa, joten harjoittelua pystytään tehokkaasti toteuttamaan esimerkiksi selinmakuulla. Eksentrisen harjoittelun taloudellinen ja pienempää energia-aineenvaihdunnallista reaktiota aiheuttava luonne tekee siitä myös sopivan ratkaisun yksilölle, jolla toimintakyky on merkittävästi heikentynyt. Lisäksi vastus määrittyy paljolti laitteen käyttäjästä, joka varmistaa, ettei harjoittelu ole liian kuormittavaa tai tuota liian vajaan stimulaatiota. (Tesch ym. 2017, 13.)

Mikropainovoiman ja vuodelevon vaikutusten hillinnän lisäksi laitetta on tutkittu myös suorituskyvyn ja kehonkoostumuksen muutoksien näkökulmasta urheilijoilla ja terveillä yksilöillä (Maroto-Izquierdo ym. 2017, 1; Vicens-Bordas ym. 2018, 75). Harjoitusmenetelmän vaikuttavuutta on siis syytä tutkia esimerkiksi urheilufysioterapian, neurologisen kuntoutuksen sekä tuki- ja liikuntaelinten sairauksien kuntoutuksen näkökulmasta.

Flywheel-harjoittelusta on tehty useita narratiivisia ja systemaattisia kirjallisuuskatsauksia sekä meta-analyyseja liittyen suorituskyvyn ominaisuuksien ja kehonkoostumuksen, kuten lihasmassan, muutoksiin. (Maroto-Izquierdo ym. 2017, 1; Mosteiro-Munoz & Dominguez 2016, 1; Nunez Sanchez & Saez de Villareal 2017, 3177; Parmar, Perry, Cesarz, Roberts, Hardman & Caruso 2016, 64; Schoenfeld & Grgic 2017, 1; Tesch ym. 2017, 2; Vicens-Bordas, Esteve, Fort-Vanhmeerhaeghe, Bandholm & Thorborg 2018, 75). Flywheel-harjoittelua terapeuttisen harjoittelun näkökulmasta on käsitellyt Teschin ym. (2017, 13) narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Tesch ym. (2017, 13) toteavat tutkimustiedon erilaisten vammojen ja sairauksien kuntoutuksesta olevan vielä vähäistä, mutta alustavien tutkimuksien perusteella lupaavaa. Kriittisiä, systemaattisia kirjallisuuskatsauksia kuntoutuksen näkökulmasta ei flywheel-harjoittelusta ole tehty.

3.3 Flywheel-harjoittelun akuutit vaikutukset

Tämän opinnäytetyön tavoite on tutkia flywheel-harjoittelun pidempiaikaisia vaikutuksia. Jotta ymmärtäisimme pidempiaikaisen harjoittelun tuloksia, tulee avata myös flywheel-harjoittelun akuutteja vaikutuksia. Useat tutkimukset ovat vertailleet vapaiden painojen sekä flywheel-laitteiden aiheuttamia akuutteja vaikutuksia keskenään.

Norrbrand, Tous-Fajardo, Vargas ja Tesch (2011, 13) tutkivat YoYo -flywheelillä tehtyjen kyykkyjen eroja perinteiseen levytangolla tehtävään jalkakyykkyyn. Flywheel-kyykyt saivat aikaan suuremman konsentrisen voimantuoton, maksimaalisen eksentrisen voimantuoton, kokonaisvoimantuoton sekä voimantuoton maksimin. Nunez, Suarez-Arrones, Cater ja Mendez-Villanueva (2016, 10) toteivat flywheelillä tehdyn high-pull harjoitteen aiheuttavan suurempia huippunopeuksia ja eksentristä voimantuottoa vapaisiin painoihin verrattuna. T₂-relaksatiossa lihasten lisääntynyt aktiivisuus saattaa selittää osan flywheel-harjoitteiden suurempaa voimantuottoa (Norrbrand ym. 2011, 13). Fernandez-Gonzalo ym. (2016, 562) havaitsivat flywheelillä tehtyjen reiden takaosan lihasten harjoitteen saavan aikaan suurimman lihastyön kokonaismäärän verrattuna muihin harjoitteisiin.

De Paula Simolan ym. (2014, 10) erilaisia kyykkyjä ja hyppyjä vertailevassa tutkimuksessa todettiin korkeimmat RPE ja laktaattiarvot flywheel-kyykyillä tehtyjen sarjojen jälkeen. Myös Nunez ym. (2016, 10) havaitsivat flywheel-harjoitteiden aiheuttavan suurimmat laktaattitasojen nousut. Lisäksi flywheel-kyykyillä on mahdollisuus saada aikaa post-activation potentiation -ilmiö (PAP), joka näkyi parantuneena uintisuorituksena heti flywheel-kyykkyjen suorittamisen jälkeen. (Cuenca-Fernandez, Lopez-Contreras & Arellano 2015, 651)

Yhteenvetona voidaan todeta flywheel-harjoitteiden olevan voimantuotoltaan ja lihastyöltään tehokas harjoitusmuoto, joka useissa tutkimuksissa on osoittautunut akuutisti stimuloivan voimantuottoa pääasiassa monipuolisemmin ja suuremmin kuin perinteiset lihasvoimaharjoitteet. Flywheelin avulla pystytään mahdollisesti kuormittamaan kehoa suuremmissa määrin, joka näkyy RPE:n ja laktaattitasojen määrien muutoksissa.

4 TYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyö on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka tarkoituksena on kartoittaa, millaisia fysiologisia ja toiminnallisia vaikutuksia yli neljän viikon flywheel-harjoittelulla on, sekä miten sitä voidaan käyttää hyödyksi terapeuttisessa harjoittelussa.

Tavoite tämän opinnäytetyön tilaajan näkökulmasta on saada kriittisesti tarkasteltua tietoa tämän harjoitusmetodin toimivuudesta ja käytännön sovellutuksista erilaisten vammojen kuntoutuksessa. Fysioterapian alalle tämä opinnäytetyö tuo uutta koottua ja syntetisoitua tietoa flywheel-laitteen hyödyistä kuntoutuksessa. Kartoitus flywheel -laitteen käytettävyydestä terapeuttisessa harjoittelussa voi vaikuttaa laitteen käyttöasteeseen ja antaa laitteen hankkijalle useita huomioon otettavia tekijöitä metodin toimivuudesta.

Henkilökohtaisia tavoitteita on opinnäytetyön kautta syventää osaamista systemaattisten kirjallisuuskatsauksien tekoon sekä tutkimukselliseen kirjoittamiseen. Lisäksi tavoitteenani on saada uusinta tietoa eksentrisen harjoittelun sekä flywheel-harjoittelun käyttömahdollisuuksista, vaikutuksista ja metodeista terapeuttisessa harjoittelussa.

Tutkimusongelmat voidaan muotoilla seuraavasti:

- Mitä tiedetään yli neljän viikon flywheel -harjoittelun vaikutuksista ihmisen fysiologiaan sekä toiminta- ja suorituskykyyn?
- Miten tätä tietoa voidaan hyödyntää fysioterapiassa?

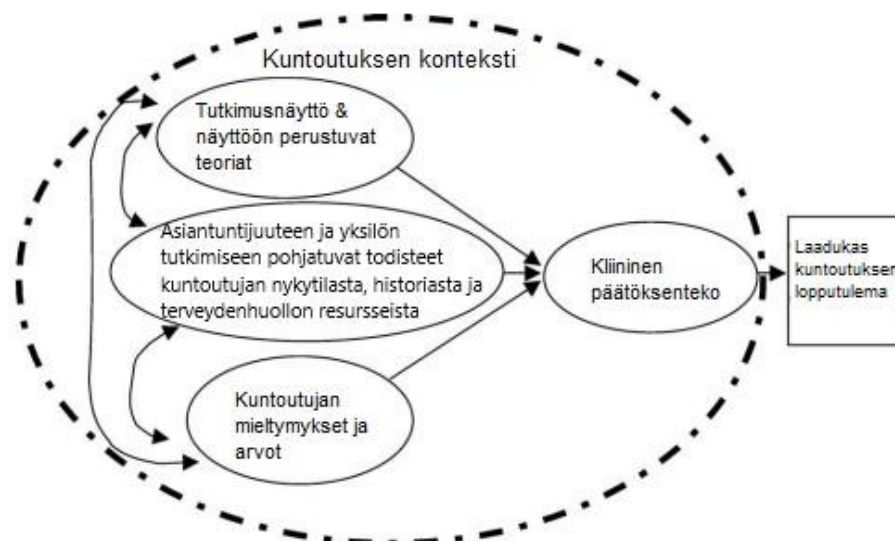
5 SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS

5.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Tämä opinnäytetyö on systemoitu kirjallisuuskatsaus. Systemoitu katsaus eroaa systemaattisesta kirjallisuuskatsauksesta siten, että katsauksen tekee vain yksi tutkija. Systemaattisessa katsauksessa tutkijoita on kaksi tai useampi. (Suhonen, Axelin & Stolt 2016, 14.) Tästä huolimatta työtä käsitellään systemaattisena kirjallisuuskatsauksena ja termiä käytetään myös opinnäytetyön otsikossa perustuen työssä käytetyn tutkimusmenetelmän helpompaan tunnistamiseen. Systemoitu kirjallisuuskatsaus voi analyysin tai tiedonhaun näkökulmasta erota systemaattisesta katsauksesta (Suhonen, Axelin & Stolt 2016, 14), mutta tätä opinnäytetyötä tehdään systemaattisen kirjallisuuskatsauksen periaatteiden mukaisesti tutkijoiden määrästä riippumatta.

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen on tarkoitus tuoda tietyn aihealueen tutkimuksista kattava tiivistelmä, jolla pystytään tarkemmin testaamaan hypoteeseja ja tulkitsemaan tutkimuksien tuloksia, löytäen samalla uusia tutkimustarpeita. (Salminen 2011, 9.) Tätä kirjallisuuskatsauksen tyyppiä pidetään usein näyttöön perustuvan tutkimustiedon korkeimpana muotona meta-analyysien kanssa (Fieneout-Overholt, Melny, Schultz 2005, 338).

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla pystytään antamaan mahdollisimman hyvin näyttöön perustuvia ratkaisuja ja toimintamalleja. Se on systemaattinen tapa vähentää julkaisuharhaa niin tutkimusten valintavaiheessa kuin tulosten analysoinnissakin. (Moher ym. 2015, 3; Salminen 2011, 10.) Tulkittaessa Fieneout-Overholtin ym. (2005, 336) mallia (kuvio 2), muodostaa tämä opinnäytetyö alustavaa tietoa, jota voidaan käyttää osana kliinistä päätöksentekoa tuoden kriittisesti tarkasteltua näyttöä interventiosta, sen teorioista ja vaikuttavuudesta.



Kuvio 2. Näyttöön perustuvan toiminnan rakenne. Mukailtu ja suomennettu Fineout-Overholt ym. 2005, 336.

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen päätteeseihin kuuluvat Moherin ym. (2015, 3) mukaan:

- a) Tarkat ja selkeät tutkimusmenetelmät ja tavoitteet
- b) Systemaattinen kirjallisuuden hakuprosessi, joka pyrkii löytämään jokaisen mukaanottokriteerit täyttävän tutkimuksen
- c) Löydettyjen tutkimusten validiteetin arviointi
- d) Systemaattinen löydettyjen tutkimuksien tulosten esittäminen ja synteesi.

5.2 Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen eteneminen

Opinnäytetyön tutkimussuunnitelma hyväksyttiin toukokuussa 2017. Tiedonhaku toteutettiin viiteen tietokantaan kesäkuussa 2017, lisäykset tiedonhakuun asiantuntijalähteistä ja tutkimuksien lähdeluetteloista haettiin kesä–heinäkuussa 2017. Alkuperäistutkimukset ja niiden olennaiset tulokset kirjoitettiin auki Microsoft Excel -taulukointiohjelmalla heinäkuussa 2017. Samalla toteutettiin myös PEDron skaalan mukainen laadunarviointi.

Elo–syyskuun 2017 aikana alkuperäistutkimuksen olennaisimmat tulokset pelkistettiin, koodattiin ja ryhmiteltiin. Pelkistämisestä syntyneiden yhtenäisten ryhmien

perusteella rakennettiin opinnäytetyön tutkimusongelmien ja tarkoituksen mukaiset teemat. Alustavat teemat rakennettiin opinnäytetyöhön syys–lokakuun 2017 vaihteessa. Nämä teemat on myöhemmin muutettu ohjaajien palautteesta joulukuussa 2017.

5.3 Aineiston hakumenetelmät

Hakumenetelmien esiintuonnilla ja selkeällä hakuprosessilla on olennainen merkitys systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemisessä. Tässä opinnäytetyössä hakulausekkeiden määrittämiseksi käytettiin Boolean logiikkaa. Myös MeSH -asiasanastoa pyrittiin käyttämään apuna hakulausekkeiden muodostamisessa. Aihealueen erikoistuneesta luonteesta johtuen MeSH-haku ei kuitenkaan tuottanut relevantteja asiasanoja.

Alkuperäistutkimusten haku suoritettiin viidestä tietokannasta: Google Scholar, PubMed, PEDro, Science Direct ja Research Gate. Tämän lisäksi tutkimuksien lähdeluettelot tarkistettiin ja niistä löytyvät relevantit lähteet luettiin mukaan analyysiin. Myös aihealueen merkittävimpien tutkijoiden julkaisut tarkastetaan lisäyksien vuoksi. Nämä tutkimukset laskettiin asiantuntijalähteiksi.

Hakutermeinä toimi kaikissa tietokannoissa ”flywheel”, ”isoinertial training”, ”inertial training”, ”Eccentric overload”, ”gravity-independent training”, sekä näiden sanojen yhdistelmät ja muunnokset käyttäen Boolean operaattoria, sanankatkaisuja sekä sulkeita käytettävästä tietokannasta riippuen. Boolean operaattori toimii asiasanojen ja hakutermin erottamisessa sekä yhdistämisessä käyttäen tiedonhaussa AND, OR ja NOT termejä, muut keinot saavat aikaan hakutermin muunnoksien etsimistä sekä yhdistämistä. (Lehtiö & Johansson 2016, 38.) Hakulausekkeissa käytettiin vain englannin kieltä, koska valittujen tutkimuksien tuli olla englanniksi.

5.4 Tiedonhakuprosessin tulokset ja alkuperäistutkimuksien valinta

Tiedonhaku toteutettiin viidestä tietokannasta kesäkuussa 2017. Kuviossa 3 on tiivistettynä tiedonhakuprosessin tulos ja poisluettujen tutkimusten määrä. Tiedonhaussa otsikoiden perusteella valittiin yhteensä 164 tutkimusta, joista 18 tuli tietokantojen ulkopuolelta, eli asiantuntijälähteistä ja tutkimusten lähdeluette-loista. Google Scholar -tietokannasta löytyi käytetyillä hakulausekkeilla 45 tutki-musta, Pubmed -tietokannasta 40, ResearchGate -tietokannasta 44, PEDron tie-tokannasta 7 ja Science Directistä 10.

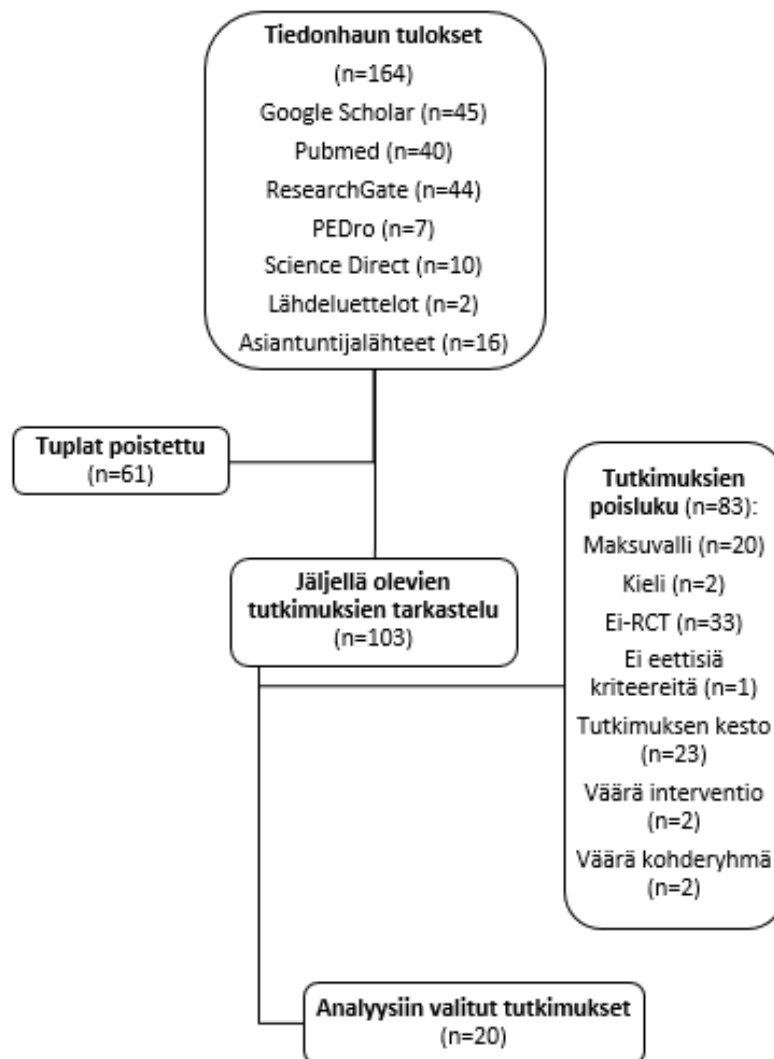
Asiantuntijana käytettiin flywheel-laitteiden myyntiyritys Sporto Oy:n Jari Puus-tista. Asiantuntijalta artikkeleita saatiin 16. Lopulta valikoitujen artikkeleiden läh-deluettelot tarkistettiin, josta löydettiin kaksi olennaista uutta tutkimusta. Koska eri tietolähteistä löytyi lukuisia samoja artikkeleita, tuli seuraavaksi karsia samat tutkimusartikkelit pois tulosten joukosta. Samojen artikkeleiden, eli tuplien, pois-tamisen jälkeen jäljelle viidestä tietokannasta, asiantuntijälähteestä ja lähdeluet-teloista jäi 103 alkuperäistä tutkimusta.

Tehdyn tiedonhaun perusteella tutkimukset valikoitiin mukaan tarkasti asetetun kriteeristön perusteella. Tällä varmistettiin analyysiin päätyneiden tutkimusten vastaavan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Mukaanottokriteerit tässä työssä ovat:

- a) Tutkimuksen on oltava satunnaistettu ja kontrolloitu (RCT-tutkimus)
- b) Tutkimus on saatavilla kokonaisena ilmaiseksi määritetyistä tietokannoista.
- c) Tutkimuskielenä on englanti.
- d) Tutkimuksen intervention kesto on vähintään 4 viikkoa.
- e) Tutkimus on kirjannut noudattavansa eettisiä tutkimusperiaatteita.
- f) Tutkimus on tehty ihmisillä.

- g) Tutkimusinterventiona on flywheel-laitteeseen pohjautuva harjoitusohjelma. Käytettävä laite ja harjoitusmenetelmät tarkastetaan erikseen.

Tutkimus suljettiin pois, jos intervention kesto oli alle neljä viikkoa (n=23), tutkimusta ei saatu haltuun (n=20), kyseessä oli eläimillä tehty interventio (n=2), muun kielinen tutkimus (n=2), tai muu tutkimusmenetelmä (n=33). Yksi tutkimus suljettiin pois, koska se ei kirjannut eettisen ennakoarvioinnin toteutumista ja eettisten periaatteiden noudattamista. Eettinen arviointi ja tutkimusetiikka otetaan mukaanottokriteereissä huomioon Vergnesin ym. (2010,4) suositusta mukailleen. Tutkimuksien tekovuotta ei rajattu tutkimustiedon rajallisuuteen vedoten. Valitut alkuperäistutkimukset on julkaistu vuosien 2003 ja 2017 välisenä aikana. Lopulta 20 tutkimusta hyväksyttiin analyysiin.



Kuvio 3. Tiedonhakuprosessin tulokset.

5.5 Aineiston käsittely ja sisällönanalyysi

5.5.1 Aineiston käsittelymenetelmä

Toteutetun tiedonhaun ja tutkimusten valitsemisen jälkeen aineisto käsiteltiin ja niiden tuottamat tulokset esitettiin opinnäytetyöhön asetettujen tutkimusongelmien mukaisesti. Aineiston käsittelyä voidaan Kangasniemen ja Pölkin (2016, 80) mukaan jakaa kolmeen eri päävaiheeseen: käsittelymenetelmän valintaan, valitun aineiston esittelyyn ja valitun aineiston tulosten esittelyyn. Tulosten esittelyssä käytettiin laadullisen tutkimuksen sisällönanalyysin menetelmiä Tuomea ja Sarajärveä (2006, 93) mukaillen.

Käsittelymenetelmän valinta perustuu tutkimuksen tarkoitukseen ja tavoitteisiin (Kangasniemi & Pölkki 2016, 81). Opinnäytetyön aineisto on hyvin heterogeenistä ja tutkimusongelmat vaihtelevia, jonka analyysi tuotti tutkimustuloksia yhdistelevää tietoa. Aineiston synteesi ja analysointi tapahtuivat laajojen käsitteiden kautta jakautuen useaan eri teemaan.

5.5.2 Aineiston tulosten käsittely ja esittely

Jotta valitulle aineistolle voidaan tehdä tarkempi sisällönanalyysi, tulee valittujen alkuperäistutkimusten tulokset avata kattavasti. Tutkimusten tarkka ja systemaattinen avaaminen kuuluu hyvän tieteellisen tutkimisen käytänteisiin (TENK 2012, 6). Valitusta aineistosta esitettiin tutkijaryhmän lisäksi julkaisuajankohta, interventio, koeryhmän perustiedot, verrokkiryhmä, tutkimuksen laatu PEDron skaalan mukaisesti sekä keskeisimmät tutkimustulokset.

Koeryhmää koskevissa tiedoissa täsmennettiin kohderyhmän erityispiirteet, ikä sekä tutkimusotoksen koko. Keskeisimmät tutkimustulokset ovat niitä määrällisiä tuloksia, jotka ovat relevantteimpia tämän opinnäytetyön tavoitteille sekä tarkoitukselle. Määrällisiä tuloksia tarkasteltiin prosentuaalisten muutosten, efektikokojen sekä tilastollisen merkitsevyyden näkökulmasta. Valitut tutkimukset ja niiden keskeiset muuttujat kirjattiin alkuperäistutkimuksen valinnan jälkeen Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Nämä tulokset ovat taulukossa 4.

Laadunarvioinnissa käytetyssä PEDron skaalassa on 11 kohtaa, joista kymmenen kohtaa arvioidaan välillä 0–1 sen perusteella täyttääkö tutkimus asetettua kriteeriä vai ei. Laadunarvioinnin maksimipisteet ovat 10. Ensimmäistä kohtaa, joka koskee mukaanottokriteereiden määrittystä, ei oteta pisteytykseen mukaan. Tutkimus on laadukas, jos PEDron pistemäärä on > 5 , keskitason laatuiseksi pistemäärän ollessa 4–5 ja heikkotasoiseksi jos pistemäärä on < 3 . (Roig, Shadgan & Reid 2008, 149.) PEDron skaalan kriteeristö ja tutkimuksien pisteytys on avattu tarkemmin liitteessä 2.

5.5.3 Sisällönanalyysi

Sisällönanalyysi tapahtui induktiivisen aineistolähtöisen teema-analyysin kautta. Sisällönanalyysi on laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmä, jolla voidaan Tuomen ja Sarajärven (2006, 105) mukaan analysoida tutkimuksia systemaattisesti. Induktiivisen analysoinnin mukaisesti teemat rakentuvat analysoidun aineiston pohjalta (Kangasniemi & Pölkki 2016, 87). Analyysi on aineistolähtöinen, joka tarkoittaa tutkimusaineiston käyttämistä teoreettisten kokonaisuuksien rakentamiseksi (Tuomi & Sarajärvi 2006, 97). Tämä toteutettiin teemoittelun ja tutkimustulosten kategorisoinnin kautta.

Teema-analyysi on yleisin synteessin luomisen muoto, joka poimii käsitellyssä aineistossa tavallisimmin ilmeneviä sisältöjä ja esittelee niitä omina kokonaisuuksinaan, eli teemoina (Coughlan, Cronin & Ryan 2013, 96). Coughlanin ym. (2013, 97) mukaan teema-analyysin syiden ja perusteiden tulee näkyä tulosten esittelyn yhteydessä opinnäytetyön luotettavuuden lisäämiseksi: lukijoiden tulee siis olla selvillä siitä, miten tutkija päätyi kyseiseen teemoitteluun. Teema-analyysin eteni sille asetettujen periaatteiden mukaisesti (Coughlan ym. 2013, 97; Thomas, Harden 2008, 6): alustavat tulokset koodattiin tulosten kategorioimiseksi, jonka jälkeen luotujen koodien suhteista etsittiin samankaltaisuuksia ja niistä muodostetaan yhtäläisiä teemoja. Teemat nimettiin ja niille luotiin kategorioita ja alakategorioita, jotta selkeä kokonaiskuvan analysoidusta tutkimustiedosta saatiin rakennettua.

6 VALITUT ALKUPERÄISTUTKIMUKSET

6.1. Alkuperäistutkimuksien koehenkilöt ja tutkimusryhmät

Valittuihin alkuperäistutkimuksiin osallistui yhteensä 576 koehenkilöä, joista 65% oli miehiä. Keskimäärin koehenkilöitä tutkimuksessa oli 28,35 ja vaihteluväli oli 16–53 koehenkilöä. Koehenkilöt olivat 15,8–69,9 vuoden ikäisiä.

Tutkimuksista suuri osa (n=18) otti mukaan perusterveitä yksilöitä. Greenwood ym. (2007, 698) käyttivät tutkimuksessaan erityyppisistä polvivammoista kärsiviä koehenkilöitä, joiden polvivamman diagnoosi oli mahdollisuuksien mukaan eroteltu kyselyn kautta. Fernandez-Gonzalo ym. (2016, 2) tutkivat flywheel-harjoittelun vaikutuksia aivohalvauspotilailla.

Kontrolliryhmän perusteella analyysin tutkimukset voitiin jakaa neljään ryhmään: vuodelepo tai muu kuormittamattomuus (n=9), urheilulajin oheisharjoittelu (n=2), perinteinen voimaharjoittelu (n=5) sekä mitääntekemätön kontrolliryhmä (n=4). Tämän opinnäytetyön tarkemmassa analyysissä urheilulajin oheisharjoittelu ja perinteinen voimaharjoittelu luokiteltiin saman teeman alle.

Kuormittamattomuuteen verranneissa tutkimuksissa suurimmassa osassa kaikki koehenkilöt olivat vuodelevossa 6° kulmassa pää alaspäin. Näiden tutkimuksien kontrolliryhmissä vastusharjoittelua flywheelillä ei tehty, mutta erikseen mainittua tarkemmin määrittelemätöntä fysioterapiaa, nivelten mobilisaatiota tai pehmytkudoskäsittelyä toteutettiin molemmille ryhmille. Watanaben ym. (2004, 1772) vuodelepotutkimuksessa käytettiin erillisenä interventiona suonensisäistä pamidronaattia. Hausin ym. (2007, R1723) tutkimus sekä Fernandez-Gonzalon ym. (2014, 695) tutkimus käyttivät kontrollina toisen alaraajan kuormittamattomuutta riiputuksen tai kipsauksen kautta joko osan tutkimuksesta tai koko sen keston ajan.

Urheilulajin oheisharjoittelu riippui lajin vaatimuksista ja sitä toteutettiin valmentajien linjauksen mukaisesti Gualin ym. (2016, 1837) sekä Naczkin ym. (2016, 3) tutkimuksissa. Perinteisessä voimaharjoittelussa verrokkiryhmä käytti tavallisia

kuntosalilaitteita tai levytanko- ja käsipainoharjoitteita. Mitäntekemätön kontrolliryhmä jatkoi arkielämäänsä normaalisti tutkimuksen keston ajan.

Tutkimuksesta poisjäämistä raportoitiin vähän. Loukkaantumisista ja poisjättäytymisestä raportoi vain kaksi tutkimusta: Gualin ym. (2016, 1839) tutkimuksessa interventioryhmästä pois jättäytyi loukkaantumisten takia 7 koehenkilöä, kontrolliryhmällä lukeman ollessa 3. Loukkaantumiset eivät tapahtuneet tutkimuksen kohdealueelle, mutta intervention osallisuudesta vammojen syntyyn ei voida olla varmoja. Belavyn ym. (2017, 3) yksi koehenkilö joutui jättää intervention kesken loukkaantumisen takia.

6.2 Alkuperäistutkimuksien interventiot

Lähes kaikissa vuodelepotutkimuksissa (n=7) käytettiin kahta flywheel-harjoitetta: jalkaprässiä sekä nilkkojen plantaarifleksiota. Harjoitteet tehtiin selinmaakuulla. Harjoitteita tehtiin vuodelepotutkimuksessa neljä sarjaa, jalkaprässiä tehtiin seitsemän toistoa ja pohjelihasten harjoitetta 14 toistoa. Poikkeuksena vuodelepotutkimuksissa oli Hausin ym. (2007, R1723) tutkimus, joka käytti jalkaprässin lisäksi polven ojennuksia. Voluumi molemmissa harjoitteissa oli neljä sarjaa ja seitsemän toistoa. Edgell ym. (2007, R2344) ei maininnut tutkimusmenetelmisään tehtäviä harjoitteita tai toistomääriä. Flywheel-harjoitteita tehtiin vuodelepotutkimuksissa 2–3 kertaa viikossa, suurin osa tutkimuksista linjasi harjoittelun tapahtuneen joka kolmas päivä.

ITMS-tyyppistä flywheel-laitetta käyttäneissä tutkimuksissa (n=3) Brzenczek-Owczarzak ym. (2013, 435) sekä Naczki ym. (2014, 20) teettivät kolme harjoitusliikettä olkanivelelle, joista jokaista tehtiin yksi 20 sekunnin sarja. Naczkin ym. (2016, 3) tutkimuksessa tehtiin uinnille spesifiä yläraajaharjoitetta neljä 15 sekunnin sarjaa. Harjoittelua toteutettiin tutkimuksissa 4 viikkoa ja harjoituksia tehtiin kolme kertaa viikossa. ITMS-laitetta käyttäneet tutkimukset olivat ainoita, jossa flywheel-laitteeseen lisätty kuorma toimi muuttuvana tekijänä. Naczkin ym. (2014, 20) tutkimuksessa interventioryhmiä oli kolme: lisäkuormaton, viiden kilon lisäkuorma ja 10 kg lisäkuorma. Brzenczek-Owczarzak ym. (2013, 435) käyttivät tutkimuksessaan joko lisäkuormatonta harjoitusta tai viiden kilon lisäkuormaa.

Muualla kuin vuodelevossa tehdyissä flywheel-tutkimuksissa oli paljon eroavaisuuksia: sarjoja harjoituksissa oli keskimäärin 3,72, toistoja 8,14. Vaihteluvälit olivat sarjoille 1–6 ja toistoille 6–10. Poikkeuksena tästä oli McLodan, Murphyn ja Davisonin (2003, 232) tutkimus, jossa toistoja tehtiin neljä sarjaa 30 sekunnin ajan. Harjoitteita tutkimuksissa tehtiin 2,43 kertaa viikossa, vaihteluvälin ollessa 1–3 kertaa viikossa.

Tehdyissä harjoitusliikkeissä oli paljon variaatiota: McLodan ym. (2003, 233) tutkimuksessa käytettiin kolmea variaatiota spesifistä yläraajan heittoharjoitteesta, kun taas Naczki ym. (2016, 3) käyttivät uinnille spesifiä yläraajaharjoitetta. De Hoyo ym. (2015, 157) käyttivät horisontaalista etuaskellusharjoitetta, Fernandez-Gonzalo ym. (2016, 4) sekä Maroto-Izquierdo, Garcia-Lopez ja de Paz (2017b, 3) käyttivät jalkaprässiä. Gonzalo-Skokin ym. (2016, 9) tutkimuksessa oli kuusi flywheelillä tehtävää monisuuntaista alaraajaharjoitusta. Greenwood, Morrissey, Rutherford ja Narici (2007, 698) käyttivät polven ojennus- ja koukistusliikkeitä, Onanmbele ym. (2008, 3134) teettivät polven ojennuksia. Gual, Fort-Vanmeerhaeghe, Romero-Rodriguez ja Tesch (2016, 1836) käyttivät kyykkyharjoitetta.

6.3 Alkuperäistutkimuksien tulosten käsittely

Tutkimustulokset sisälsivät useita erilaisia mittareita ja mittaustapoja, jolloin useamman muuttujan käyttäminen antoi selkeämmän kuvan harjoitusvaikutuksista. Valittujen tutkimuksien relevantteja tuloksia on esitelty taulukossa 4 prosentuaalisten muutosten, tilastollisen merkitsevyyden (p -arvo) sekä efektikokojen (d) kautta.

Tuloksien avaamisen ja analysoinnin yhteydessä käytetyllä merkitsevyydellä tarkoitettiin tilastollista merkitsevyyttä. Tilastollista merkitsevyyttä raportoitiin p -arvojen kautta. Korkeampi p -arvo, esimerkiksi $p > 0,05$, kertoo että tulokset viittaavat siihen, ettei tutkimusinterventiolla ole riittävän merkitsevää vaikutusta tutkimustuloksiin. Pieni p -arvo, esimerkiksi $p < 0,05$ taas viittaa siihen, että interventio tuotti riittävän merkitseviä tuloksia. (Sedgwick 2014, 1.) Efektikoon luokittelussa käy-

tään Rhea (2004, 919) mallia voimaharjoittelun efektikoosta, joka esitetään taulukossa 2. Suurempi efektikoko viittaa suurempiin vaikutuksiin koeryhmän harjoittelusta riippumatta. Efektikoko voidaan lyhyesti määrittellä koeasetelman vaikutusten koon arviointina intervention ja kontrollin keskiarvot sekä keskihajonta huomioon ottaen. Efektikoko ilmaistaan tavallisesti d symbolilla tai Coheinin d :nä. (Rhea 2004, 918.) Valittujen alkuperäistutkimusten tulosten efektikoot, merkitsevyys sekä prosentuaaliset muutokset ovat tarkemmin ilmoitettu taulukossa 4.

Taulukko 1. Mukailtu efektikoko Rhea (2004, 919) mukaan.

Vaikutuskoko	<1 vuoden harjoitustausta	1–5 vuoden harjoitustausta	>5 vuoden aktiivinen harjoitustausta
Merkityksetön	<0,50	<0,35	<0,25
Pieni	0,5–1,25	0,35–0,80	0,25–0,50
Keskikokoinen	1,25–1,9	0,80–1,50	0,5–1,0
Suuri	>2,0	>1,50	>1,0

6.4 Alkuperäistutkimuksien laadunarviointi

Käytetyn PEDron skaalan laadunarvioinnin kriteeristö ja valittujen alkuperäistutkimuksien laadunarvioinnin pisteytyksen tarkempi erittely on esitetty liitteessä 2. Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset olivat laadultaan laadukkaita (55% tutkimuksista) ja keskitasoisia (45% tutkimuksista). Laadun arvioinnin keskiarvo oli 4,8 ja hajonta 4–7. Pääasiassa laatukriteerit täytettiin yleisimmin lähtötietojen, tulosten raportoinnin ja tulosten vertailun kautta.

Arvosanaa heikentäviä kohtia olivat lähes poikkeuksetta sokkouttamiseen liittyvät tekijät: vaikka esimerkiksi tutkimustulosten analysoijan sokkoutuksen pitäisi olla mahdollista, vain yksi tutkimus oli tämän maininnut tutkimuksessaan. Fysioterapeuttien tai koehenkilöiden sokkoutus ei aina ole mahdollista tutkimusasetelmassa (Moseley, Herbert, Sherrington ja Maher 2002, 46).

6.5 Alkuperäistutkimuksien sisällönanalyysi

Tutkimustulosten teemoittelu on esitelty taulukossa 3. Taulukkoon on numeroitu hakasulkeissa teemaan, kategoriaan tai dataan liitetyt tutkimukset, jotka löytyvät avattuna ja numeroituna taulukosta 4. Teemoihin päädyttiin tutkimusmenetelmissä linjatun sisällönanalyysin mukaisesti. Sisällönanalyysin ensimmäisenä vaiheena oli sisällön käsittely, pelkistäminen ja koodaus tutkimustulosten käsittelyn jälkeen. Olennaisista tuloksista, jotka on esitetty taulukossa 4, tunnistettiin seuraavia muuttujia opinnäytetyön tutkimusongelmiin ja tavoitteisiin liittyen: Lihaksen poikkipinta-ala ja voluumi, lihassolut, luukudos, verenkiertoelimistö, hormonit ja proteiinit, nestetasapaino, jännekudos, nivelen vääntömomentti, voimantuotto, voima, lihasaktiivisuus, hyppy- ja loikkasuoritukset, kävelykyky, tasapaino, pallon heitto, kognitio, lineaarinen nopeus ja suunnanmuutosnopeus.

Pelkistämisen yhteydessä koeryhmien eroavaisuudet ja kontrollitoimenpiteet koodattiin erikseen niiden vaikuttaessa myöhempään sisällön analysointiin. Näistä alueista esille nousivat kuormittamattomien, terveiden yksilöiden epäaktiivinen verrokkiryhmä, terveet koehenkilöt normaalissa kuormituksessa, urheilijat, polvivammoista kärsivät sekä aivohalvauksen kokeneet koehenkilöt. Koeryhmästä luotiin datalle erillinen kategoria. Tästä alakategoriasta ja datasta pystyttiin ryhmittelemään tietoa edemmäs neljään tutkittuun muutoskokonaisuuteen: Rakenteellisiin ja fysiologisiin muutoksiin, muutoksiin voimantuoton ominaisuuksissa, muutoksiin toimintakyvyssä sekä muutoksiin suorituskvyssä. Rakenteellisten ja fysiologisten muutosten kategoriaan ryhmiteltiin lihaksen koon, lihassolujen, luu- ja jännekudoksen, verenkiertoelimistön, hormonien ja proteiinien sekä nestetasapainon muutokset.

Muutokset voimantuoton ominaisuuksissa sisälsivät dataa nivelen vääntömomentista, lihasaktiivisuudesta, voimantuotosta ja voimasta. Suorituskvyn muutoksien ryhmään kuului lineaarinen juoksunopeus, suunnanmuutosnopeus, pallon heitto sekä hyppy- ja loikkasuoritukset. Voimantuoton muutokset erotettiin suorituskvystä sen ollen avatuissa tutkimuksissa yksi eniten tutkituista osa-alueista eri koeryhmien sisällä. Toimintakyvyn muutoksiin lasketaan muutokset kognitiossa, kävelykyvyssä sekä tasapainossa.

Kategorioiden perusteella luotiin koeryhmät ja opinnäytetyön tutkimusongelmat huomioon ottaen kolme tutkimusten sisällön kattavaa teemaa. Tulosten pohjalta voidaan tutkimuksista muodostaa kolme pääteemaa, liittyen eri parametrien muutoksiin: flywheel-harjoittelun käyttömahdollisuudet atrofian ehkäisyssä, suoritus- ja toimintakyvyn kehittämisessä sekä neurologisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa.

Taulukko 2. Tutkimustulosten teemoittelu.

Teema	Kategoriat	Alakategoriat	Data
Flywheelin käyttömahdollisuudet atrofian ehkäisyssä [2,3,5,6,7,12,13,14,16,18,19,20]	Rakenteelliset ja fysiologiset muutokset [2,3,5,6,7,12-16,18,19,20]	Kuormittamattomat, terveet koehenkilöt [2,3,5,6,12,14,18-20]	Lihaksen koko [2,3,7,12,13,15] Lihassolut [3] Luukudos [14,18,19]
Flywheelin käyttömahdollisuudet suoritus- ja toimintakyvyn kehittämisessä [1,4,7,8,9,10,11,13,15,16,17,20]	Muutokset voimantuoton ominaisuuksissa [1,4,7,8,10,11,13,15,17,]	Terveet koehenkilöt normaalissa kuormituksessa [1,7,8,17]	Verenkiertoelimistö [20] Hormonit ja proteiinit [3,6] Nestetasapaino [5]
	Muutokset toimintakyvyssä [7,16]	Terveet koehenkilöt verratussa kuormituksessa [4, 16]	Jännekudos [16] Vääntömomentti [1,17] Voimantuotto [1,4,7,10,11,13]
	Muutokset suorituskvyssä [4,8,9,13]	Urheilijat [9, 11, 13,15] Polvivammasta kuntoutujat [10] Aivohalvauksesta kuntoutujat [7]	Voima [13,15] Lihasaktiivisuus [8,15,17] Hyppysuoritus [4,9,13] Kävelykyky [7] Tasapaino [7,16] Pallon heitto [8] Kognitio [7] Lineaarinen nopeus [4,13] Suunnanmuutostesti [9,13]
Flywheelin käyttömahdollisuudet neurologisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa [7]			

Taulukko 4. Tiedonhakuanalyysin tulokset ja tutkimusten laadunarviointi.

Tutkimus	PEDro	Koeryhmät	Interventio	Kontrolli	Tulokset
Brzenczek-Owczarzak ym. 2013 ^[1]	5/10	Terveitä yksilöitä, flywheel (FW) ryhmiä oli kaksi: 0kg lisäpainoryhmä (FW0) n= 18, 5kg lisäpainoryhmä (FW5) n=17. CON n=10 Ikä ka=63,2	FW-harjoittelua tehtiin joko: +0kg tai +5kg lisäpainoilla. toistoina 3 x 20s/käsi. Harjoittelun kesto oli 4 vko, useus 3xvko.	n=10, Kontrolliryhmä oli epäaktiivinen.	Vääntömomentti (TRQ) kasvoi FW0 -ryhmällä: 10,7–21,9% (p<0,05), FW5: 3,5-6,9% (p<0,05) ja CON: 2,2–2,6%. Voimantuotto (PWR) kasvoi FW0: 27,6–34,3% (p<0,05), FW5: 9,8–18,2% (p<0,05). Voimantuotto ja vääntömomentti kasvoivat merkitsevästi enemmän FW0-ryhmässä vs. FW5 (p<0,05). Kontrolliryhmällä ei tapahtunut muutosta.
Belavy, Ohshima, Rittweger, Felsenberg 2017 ^[2]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW-ryhmä n=9 CON n=16 Ikä ka=31,8	FW- harjoittelua tehtiin 90 päivää joka 3. päivä. Toistoina oli 4x7 jalkaprässissä ja 4x14 pohjelihaskäilyssä.	n= 16 Pelkkä vuodelepo (BR)	FW-ryhmällä oli merkitsevästi vähemmän lihasatrofiaa m. Triceps Surae, m. Tibialis Posterior, m. Flexor Digitorum Longus, m. Vastus Lateralis (VL) ja m. Adductor Magnus lihaksissa. P-arvot kaikissa p<0,001, paitsi m. Gastrocnemius lateralis p=0,02.
Chopard, Arrighi, Carrino, Marini 2005 ^[3]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW n=8, CON n=9	FW- harjoittelua tehtiin 90 päivää joka 3. päivä. Toistoina oli 4x7 jalkaprässissä ja 4x14 pohjelihaskäilyssä.	n= 9 Pelkkä vuodelepo (BR)	FW ylläpiti m. Soleuksen (SOL) poikkipinta-alan (CSA). m.Soleuksessa nopeiden lihassolujen osuus +62%, hitaiden -13%. (p<0,01) Hitaiden lihassolujen osuus VL-lihaksessa -14% p<0,01). γ -Sarkoglukaani ja dysferliini +70% ja +108% (p<0,1).
De Hoyo ym. 2015 ^[4]	4/10	Terveitä yksilöitä, FW n=12, CON n=12 Ikä ka =22	Harjoittelua tehtiin 6 vko (3 x vko). Toistot progressiivisesti 5 x 8 – 7 x 8	n=12 Voimaharjoittelu	Molemmissa ryhmissä parannus 10m juoksuun (CON: p=0,05, d=0,91; FW: p=0,01, d=1,19), esikevennyshyppyyn (CMJ, CON: p=0,001, d=0,90; FW: p=0,05, d=0,39) ja polven ojentajien MVIC:hen (CON: p=0,026,

					$d=0,45$; FW: $p=0,011$, $d=1,02$). Kontrolliryhmällä merkitsevä parannus 20m juoksussa ($p=0,05$, $d=36$),
Belin de Chantemele ym. 2004 ^[5]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW n=9, CON n=9, Ikä ka = 35,8	FW- harjoittelua tehtiin 90 päivää joka 3. päivä. Toistoina oli 4x7 jalkaprässissä ja 4x14 pohjelihasliikkeessä.	n=9 BR	FW ei ehkäissyt nesteen poistumista kehosta tai plasman voluumin ja hormonitason muutoksia.
Fernandez-Gonzalo ym. 2014. ^[6]	4/10	Terveitä yksilöitä, FW n=10, CON n=11, Ikä ka=41	Harjoittelua tehtiin 5 vko (2-3 x vko). Toistot polven ojennuslaitteessa 4 x 7	n=11 Kuormittamattomuus	FW ehkäisi kuormittamattomuuden aiheuttamia muutoksia PGC-1 α , VEGF, ja PFK -tuloksissa, jotka kertovat lihaksen oksidatiivisesta kapasiteetista.
Fernandez-Gonzalo ym. 2016. ^[7]	6/10	Aivohalvauspotilaita, FW n=14, CON n=15 Ikä ka=63,5	Harjoittelua tehtiin 12 vko 2 x vko, toistoja FW jalkaprässissä 4 x7	n=15 Ei mitään	FW-ryhmällä tasapaino- ja kävelysuoritus +8,9% ja +10,6% ($p<0,001$ ja $p=0,01$), kontrolliryhmässä tasapainosuoritus +3,6% ($p=0,01$). Voimantuotto ja Quadriceps femoriksen keskimääräinen ja suurin poikkipinta-ala kasvoi enemmän vaikuttuneessa alaraajassa FW-ryhmässä ($p<0,001$ ja $p=0,001$). PWR kasvoi molemmissa alaraajoissa kontrolliryhmää enemmän ($p=0,01$).
MacLoda, Murphy & Davison 2003. ^[8]	4/10	Terveitä yksilöitä, FW n=18, CON n=18 Ikä ka=19,4	Harjoittelua tehtiin 4 vko 2 x vko, toistoja heittoliikkeenä 4x30 s	n=18 Ei mitään	FW: ei vaikutuksia pallon heitonopeuteen, tarkkuuteen tai yläraajojen EMG:hen.
Gonzalo-Skok ym. 2016 ^[9]	7/10	Urheilijoita, FW n=19, CON n=19	Harjoittelua tehtiin 8 vko 2 x vko, FW-ryhmä käytti 6 eri liikettä,	n=19 Jalkakyykky.	FW kehitti suunnanmuutostestiä (COD, $d=0,44$), Horizontaalista (HJ, $d=0,54$) ja Lateraalista (LJ, $d=0,70$) loikkasuoritusta enemmän kuin CON ($d=0,36$, $d=0,37$)

		Ikä ka=20,5	toistot FW-ryhmällä ja kontrollilla progressiivisesti 1x6–1x10	Toistot 6x6–6x10	ja $d=0,60$). CON kehitti paremmin CMJ tuloksia kuin FW (CON: $d=0,45$; FW: $d=0,35$).
Greenwood, Morrissey, Rutherford, Narici 2007 [10]	4/10	Erilaisia Polvivammoja, FW n=15, CON n=14, Ikä ka=39,5	Harjoittelua tehtiin 12 vko 3 x vko. Toistot reiden ojennuksessa 4x10	n=14. Voimaharjoittelu	FW ja CON: kehitystä useissa voimantuotollisissa ominaisuuksissa alaraajoissa ($p<0,05$). Ryhmien välillä ei merkitseviä eroja.
Gual, Fort-Vanmeerhaeghe, Romero-Rodriguez, Tesch 2016 [11]	4/10	Urheilijoita, FW n=27, CON n=26, Ikä ka=23,5	Harjoittelua tehtiin 24 vko 1 x vko. FW toistot kyykyssä 4x8	n=26 Oheisharjoittelu	FW paransi Eksentristä (ECC) ja Konsentrista (KON) voimantuottoa ($p<0,01$) sekä esikevennyshyppyä merkittävästi kontrolliryhmää paremmin ($p<0,05$).
Haus, Carrithers, Carroll, Tesch, Trappe 2007 [12]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW-ryhmä 35 pvä. alaraaja kuormittamattomana n=10, Toinen FW-ryhmä 90 pvä vuodelevossa n=8, CON n=11 ja n=9, Ikä ka=36,75	Vuodeleporiymällä harjoittelua tehtiin 90 pvä 2-3 x vko, kuormittamattomuusryhmällä 35 pvä 2-3 x vko. Toistoja jalkaprässissä 4x7	35 pvä alaraajaa kuormittamaton ryhmä n=11, 90 pvä vuodelepo n=9	QF-lihaksen voluumi 35 päivän CON ja 35 päivän FW -ryhmissä -9% ja +8%. 90 päivän CON ja 90 päivän FW-ryhmissä QF lihaksen voluumi -18 % ja -1%.
Maroto-Izquierdo, Garcia-Lopez & de Paz 2017 [13]	6/10	Käsipalloilijoita, FW n=15, CON n=14, Ikä ka=21,8	Harjoittelua tehtiin 6 vko, yhteensä 15 kertaa. Jalkaprässin toistot 4x7	n=14 Jalkaprässi 4x7	Molemmat ryhmät paransivat jalkaprässin 1RM (FW: +12,2%, $d=0,72$; CON: +7,9%, $d=0,49$) tulosta, Kyykyhyppytulosta (FW: $d=0,54$; CON: $d=0,36$) ja 20m nopeutta (FW: $d=1,45$; CON: $d=0,85$). CMJ, voimantuotto ja suunnanmuutosnopeus paranivat merkittävästi vain FW-ryhmässä ($d=0,61$, $d=0,42-0,83$ ja $d=1,44$) FW-

					ryhmällä oli merkitsevästi suurempi VL hypertrofia verrattuna CONiin kaikilla mittausalueilla ($p < 0,001-0,01$).
Meuche ym. 2007 ^[14]	4/10	Terveitä yksilöitä, Yhdistetty FW + Aerobin harjoittelu (AE) n=8, CON n=8	Harjoittelua tehtiin 60 pvä, Aerobista 3-4xvko, FW 2-3xvko. Toistot FW jalkaprässissä 4x7 ja pohjelihhasliikkeessä 4x14	n=8 BR	FW+AE: Luuntiheys isossa sarvennoisessa ($p < 0,05$) ja koko lonkassa ($p < 0,01$) vähenivät merkitsevästi vähemmän kuin CON-ryhmällä: -1,6% ja -2% vs. -3,4% ja -4,1%
Naczk, ym. 2016 ^[15]	5/10	Kilpauimareita, FW n=7, CON n=7 Ikä ka=15,8	Harjoittelua tehtiin 4 vko 3 x vko, toistoja lajispesifissä harjoitteessa 4x15s	n=7 Oheisharjoittelu	FW-ryhmällä voima ja PWR kasvoivat +12,8% ja +14,2% ($d=2,26$ ja $d=3,06$). Kynnärpään ojennuksen EMG +22,7%. Uinti 100m ja 50m -1,83% ja -0,76% ($d=2,70$ ja $d=2,50$). CON-ryhmän muutokset uintisuorituksessa olivat pieniä ja triviaaleja (-0,17%, $d=0,38$ ja -0,08%, $d=0,15$). Ei muutoksia lihasmassassa.
Onambele ym. 2008 ^[16]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW n=12, CON n= 12 Ikä ka=69,9	Harjoittelua tehtiin 12 vko 3 x vko, toistot polven ojennuksissa progressiivisesti edeten 1x8-4x12	n=12 Polven ojennukset samoin toistoin	FW ja CON-ryhmissä QF Isometrinen (ISO) PWR kasvoi +4% ja +28% ($p < 0,01$). ISO voima lisääntyi FW: +8% ja CON: +17%, QF-lihaksen EMG FW: -25% ja CON: +27%. Tasapainotestin tulos FW: +45% ja CON: -1%. Gastrocnemiuksen jänteen jäykkyys ja neuromuskulaarinen taloudellisuus kasvoi FW: 136% ja 5,5x, CON: 54% ja 4,6x.
Naczk, Brzenczek-Owczarzak, Arlet, Naczk, Adach 2014 ^[17]	5/10	Terveitä yksilöitä, kolme ryhmää perustuen käytettyihin kuormiin. FW0 n=11, FW5 n=11, FW10 n=11,	Harjoittelua tehtiin 4 vko 3 kertaa vko. Toistot yläraajan harjoitteissa 3x20s/käsi. Lisäpainot eri ryhmillä 0kg (FW0), 5kg (FW5) ja 10kg (FW10).	n=13 Ei mitään	Kaikki FW-ryhmät paransivat vääntömomenttia kontrolliryhmää enemmän ($p < 0,05$, $d=0,84-2,03$). Voimantuottoa kontrolliryhmää merkitsevästi enemmän paransivat FW0 ja FW5 ryhmät ($p < 0,05$, $d=1,65$ ja $d=0,92$).

		Ikä ka=21,15			FW0 ryhmän Pectoralis Major -lihaksen EMG aktiivisuus kasvoi muita ryhmiä enemmän.
Watanabe ym. 2004 ^[18]	5/10	Terveitä yksilöitä, FW n=9, CON n=16 Ikä ka=32,6	Harjoittelua tehtiin 90 pvä joka 3. päivä. Toistot jalkaprässissä 4x7 ja pohjelihasharjoitteessa 4x14	n=16 BR ja Pamidronaatti	FW lisäsi kallon luuntiheyttä ja luunmuodostusta kehossa, muttei ollut riittävä ehkäisemään muuta luun tiheyden heikentymistä ja resorptiota.
Smith ym. 2008 ^[19]	4/10	Terveitä yksilöitä, Yhdistetty kestävyys ja flywheel-harjoitteluryhmä FW+AE n=8, CON n=8 Ikä ka=32,6	Harjoittelua tehtiin 60 pvä, kestävyyttä 3-4 x vko ja FW 2-3 x vko. Toistot jalkaprässissä 4x7 ja pohjelihasharjoitteessa 4x14	n=8 BR	FW+AE: luuntiheys väheni merkitsevästi vähemmän lonkassa ja alaraajassa kontrolliin verrattuna (p<0,05). Luun resorptio pysyi samana.
Edgell ym. 2007 ^[20]	4/10	Terveitä yksilöitä, Yhdistetty kestävyys- ja flywheel-harjoitteluryhmä FW+AE n=8, CON n=16, Ikä: 25-45	Harjoittelua tehtiin 56 pvä, kestävyyttä 3-4 x vko, FW 2-3 x vko. Toistot ja liikkeet ei raportoitu	n=16 BR	FW+AE esti leposykkeen ja iskutilavuuden muutokset. Jalkojen verenkierron vastus muuttui FW+AE-ryhmässä (p=0,04).

Käytetyt lyhenteet: FW = Flywheel, CON= Kontrolli, AE = Aerobinen harjoittelu, BR = Vuodelepo, TRQ = Vääntömomentti, PWR = Voimantuotto, QF = Quadriceps Femoris, SOL = Soleus, CSA = Poikkipinta-ala, MHC = Myocin Heavy Chain, VL = Vastus Lateralis, RE = Vastusharjoittelu, PO = Polven ojennus, MVIC = Maximal voluntary isometric contraction, COD = Suunnanmuutos, HJ, Horisontaalinen loikka, LJ = Lateraalinen loikka, CMJ = Esikevennyshyppy, KO = Kyynärvarren ojentajat, KON = Konsentrinen, ECC = Eksentrinen, ISO = Isometrinen, ULLS = Unilateral Lower Limb Suspension, toisen alaraajan kuormittamattomuus.

7 TULOKSET

7.1 Flywheel-harjoittelun vaikutukset

7.1.1 Flywheel-harjoittelun vaikutukset rakenteellisiin ja fysiologisiin tekijöihin.

Flywheel-harjoittelulla pystytään muun kuormituksen määrästä riippumatta joko ehkäisemään tai hillitsemään lihaksien atrofiaa. Kehon ollessa kuormittamattomana, tässä tapauksessa vuodelevossa, flywheel-harjoittelulla pystyttiin merkittävästi ($p=0,01-0,02$) vähentämään lihasatrofiaa kolmessa tutkimuksessa (Belay ym. 2017, 5; Chopard ym. 2005, 6–8; Haus ym. 2007, 1725).

Pelkkä flywheel-harjoittelu ei riitä täysin kumoamaan kuormittamattomuuden aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia lihaskudokseen, vaan harjoittelun vaikutus on enemmänkin atrofiaa hillitsevä. Esimerkiksi vaikka m. soleuksen poikkipinta-alan pientyminen ja sen lihassolujen aktiini- ja myosiinifilamenttien määrien muutokset pystyttiin Chopardin ym. (2005, 6–8) mukaan ehkäisemään harjoittelulla, tapahtui lihaksen tukirangan proteiineissa silti lihaksen rakenteen kannalta negatiivisia muutoksia. Flywheel-harjoittelun positiiviset vaikutukset lihaksistossa näkyvät kuormittamattomuudesta aiheutuvien energia-aineenvaihdunnan negatiivisten muutosten ehkäisynä (Fernandez-Gonzalon ym. 2014, 696).

Muuhun harjoitteluun verrattuna flywheel -harjoittelu sai aikaan vaihtelevia tuloksia: flywheelin käytöllä saatiin aikaan merkitseviä ($p<0,001-0,05$) hypertrofisia muutoksia harjoitetuissa lihaksissa kahdessa tutkimuksessa (Greenwood ym. 2007, 701; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5), mutta vain Maroto-Izquierdon ym. (2017b, 5) tutkimuksessa flywheel-harjoittelu osoittautui vaikutukseltaan suuremmaksi ja merkittävästi paremmaksi kuin perinteinen voimaharjoittelu ($d=0,63-1,64$ vs. $d=0,15-0,39$). Tätä vastoin Naczki ym. (2016, 6) tai Greenwood ym. (2007, 701) eivät löytäneet merkitseviä eroja lihaskasvussa flywheel-harjoittelun ja muun harjoittelun väliltä. Tuloksien tulkinnassa on huomioitava, että näissä tutkimuksissa käytettiin eri mittausmenetelmiä lihaksen koon muutoksien kartoittamisessa.

Luukudoksen tiheyttä tutkineista tutkimuksista Smith ym. (2008, 579) ja Meuche ym. (2007, 1) totesivat aerobisen kestävyysharjoittelun ja flywheel-harjoittelun yhdistelmän hillitsevän luuntiheyden vähenemistä vuodelevon aikana merkitsevästi ($p < 0,01-0,05$). Sitä vastoin Watanabe ym. (2004, 1777) ei löytänyt positiivisia vaikutuksia. Tutkimusten perusteella flywheel-harjoittelulla ei välttämättä pystytä vaikuttamaan ehkäisevästi luukudoksen resorptioon, mutta sillä on mahdollisia positiivisia vaikutuksia luun muodostumiseen vaikuttaviin biokemiallisiin tekijöihin, etenkin vuodelevon pitkittyessä. (Meuche ym. 2007, 1; Smith 2008, 579; Watanabe ym. 2004, 1777.) Tulokset voi johtua siitä, ettei luu saa harjoittelussa selkeää kuormitusta sitä ympäröivien kudosten tuomaa tensiota lukuun ottamatta.

Luu- ja lihassolutason muutosten lisäksi flywheel-harjoittelulla pystytään mahdollisesti vaikuttamaan positiivisesti nivelten jännekudokseen sekä sydän- ja verenkiertoelimistöön. Onambelen ym. (2008, 3136) tutkimuksessa 12 viikon harjoittelulla akillesjänteen jäykkyys (stiffness) lisääntyi perinteisellä voimaharjoittelulla 56% ja flywheel-harjoittelulla 136%. Edgellin ym. (2007, R2351) mukaan yhdistetyllä flywheel- ja kestävyysharjoittelulla pystyttiin ehkäisemään muutokset sydämen leposykkeessä ja iskuilavuudessa. Tämän lisäksi alaraajojen verenkiertollinen vastus kasvoi harjoitteluryhmällä vuodelevon aikana merkitsevästi. Tutkimusasetelman takia ei ole varmaa, onko pelkällä flywheel-harjoittelulla vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistöön. Nestetasapainon negatiivisia muutoksia ei flywheel-harjoittelulla Belin de Chantemelen ym. (2004, 558) tutkimuksen mukaan pystytty ehkäisemään.

7.1.2 Flywheel-harjoittelun vaikutukset suoritus- ja toimintakykyyn

Kymmenen voimantuottoa ja maksimivoimaa tarkastellutta tutkimusta havaitsivat flywheel-harjoittelun vaikuttavan positiivisesti ja merkitsevästi lihasvoimaan, tulosten vaikuttavuuden ollen pientä, keskitasoista ja suurta ($ES=0,42-3,06$). Lihasvoiman ominaisuuksista kehitystä raportoitiin vääntömomenteilla (Brzenczek-Owczarzak ym. 2013, 439; de Hoyo ym. 2015, 162; Naczk ym. 2015, 24), maksimivoimamittauksilla, kokonaisvoimantuotolla sekä lihastyön mukaan eritellyllä voimantuotolla (Brzenczek-Owczarzak ym. 2013, 439; Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7; Naczk ym. 2015, 24; Naczk ym. 2016, 5; Maroto-Izquierdo ym. 2017b,

5). Flywheel-harjoittelu kehitti lihasvoimaa merkitsevästi muuta harjoittelua tai normaalia kuormitusta paremmin kaikissa paitsi yhdessä tutkimuksessa (Greenwood ym. 2007, 701). Nämä tulokset ovat linjassa aiempien aiheesta tehtyjen kirjallisuuskatsauksien ja meta-analyysien kanssa (Douglas ym. 2017, 930; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 4; Nunez Sanches & Saez de Villameal 2017, 3182; Vicens-Bordas ym. 2018, 79).

EMG:llä mitattuun lihasaktiivisuuteen flywheel-harjoittelu vaikutti ristiriitaisesti: kaksi tutkimuksesta löysi aktiivisuutta lisäävän vaikutuksen (Naczki ym. 2014, 25; Naczki ym. 2016, 6), yksi tutkimus lihasaktiivisuuden vähenemisen (Onambele ym. 2007, 3135) ja yksi ei löytänyt vaikutusta. (McLoda ym. 2003, 234). EMG-aktiivisuuden muutoksista ei selkeitä johtopäätöksiä näiden tutkimusten perusteella voida vetää.

Lihassoiman ja -aktiivisuuden lisäksi tutkimuksissa tarkasteltiin suorituskyvyn muutoksia pallonheitossa, esikevennyshypyssä, kyykyhypyssä, horisontaalisen ja lateraalisen suunnan loikissa, 20 metrin lineaarisessa juoksuopeudessa, suunnanmuutostestissä sekä 100m uintinopeudessa. Hyppy- ja loikkasuorituksissa flywheel-harjoittelu sai aikaan positiivisia, merkitseviä ja vaikuttavuudeltaan pieniä ($ES=0,39-0,70$) tuloksia kaikissa tutkimuksissa (De Hoyo ym. 2015, 162; Gonzalo-Skok ym. 2016, 12; Gual ym. 2016, 1838; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 10). Verrattaessa muuhun harjoitteluun tulokset kuitenkin olivat ristiriitaisia, eikä näyttöä flywheel-harjoittelun paremmuudesta muuhun lihasvoimaharjoitteluun ole riittävästi. Flywheel-harjoittelulla oli positiivisia ja vaikuttavuudeltaan suuria ($d=2,70$ ja $d=2,50$) vaikutuksia uintinopeuteen 50m ja 100m matkoilla (Naczki ym. 2016, 6). Pallon heitonopeuteen, tarkkuuteen tai heittäjän puolen yläraajan liikenoiteen ei löydetty merkitseviä vaikutuksia (MacLoda ym. 2013, 233).

Flywheel-harjoittelu vaikutti positiivisesti lineaariseen juoksuopeuteen, suunnanmuutosnoiteen vaikutukset olivat sekä positiivisia että negatiivisia (De Hoyo ym. 2015, 162; Gonzalo-Skok ym. 2016, 24; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5). Vaikuttavuus oli sekä lineaarista nopeutta että suunnanmuutosnoiteutta tutkivissa tutkimuksissa triviaali, pieni tai suuri ($ES: -0,08-1,45$). Selkeitä johtopäätöksiä ei voida tehdä.

töksiä harjoittelun vaikutuksista nopeusominaisuuksiin verrokkiryhmään verrattuna ei voida tehdä, koska vain yksi tutkimus sai aikaan verrokkiryhmää suurempia muutoksia lineaarisessa juoksunopeudessa (Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5) ja kaksi tutkimusta suunnanmuutosnopeudessa (Gonzalo-Skok ym. 2016, 24; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5).

Flywheel-harjoittelulla oli positiivisia vaikutuksia yksilöiden toimintakykyyn. Harjoittelun vaikutuksia havaittiin merkitsevästi parantuneena tasapainona (Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7; Onambele ym. 2008, 3136), merkitsevästi vähentyneinä oireina polven vammoista ja aivohalvauksesta kuntoutuvilla (Greenwood ym. 2007, 701; Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7) sekä merkitsevästi parantuneena Timed Up and Go -testin tuloksilla aivohalvauksesta kuntoutujilla (Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7). Kipuoireiden vähenemisen lisäksi flywheel-harjoittelu sai Fernandez-Gonzalon ym. (2016, 7) tutkimuksessa aikaan merkitsevästi positiivisia muutoksia eri kognitiivisissa tekijöissä: keskittymiskyky ($p=0,02$), työmuisti ($p=0,03$), informaation käsittely ($p=0,01$) ja toiminnanohjaus ($p=0,02$).

7.2 Flywheel-harjoittelun hyödyntäminen terapeuttisessa harjoittelussa

7.2.1 Flywheel-harjoittelu tuki- ja liikuntaelinten vammoissa sekä sairauksissa

Tuki- ja liikuntaelinten (TULE) vaivoihin voidaan lukea monia kehon niveliin, lihaksiin, luustoon tai jännekudokseen vaikuttavia vammoja ja sairauksia. Näihin lukeutuvat esimerkiksi selän ja niska-hartiaseudun kiputilat, nivelrikko ja reuma. TULE-vaivat aiheuttavat kipua sekä toimintakyvyn alenemista, vaikuttaen sitä kautta merkitsevästi esimerkiksi elämänlaatuun. (Woolf & Pfleger 2003, 647.) Lihasvoimaharjoittelun on yleisesti todettu vaikuttavan positiivisesti esimerkiksi kipuun ja toimintakykyyn useissa eri tuki- ja liikuntaelinten vammoissa ja sairauksissa (Rodriguez, Gomes, Tanhoffer & Leite 2014, 337; Taylor 2005, 1212).

Aiempaa tutkimustietoa tukien flywheel-harjoittelulla pystytään merkitsevästi lisäämään lihasmassaa ja lihasvoimaa, mikä voi osittain edistää TULE-vammojen ja sairauksien kuntoutusta (Brzenczek-Owczarzak ym. 2013, 439; Belavy ym. 2017, 5; de Hoyo ym. 2015, 162; Chopard ym. 2005, 6–8; Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7; Haus ym. 2007, 1725; Naczki ym. 2015, 24; Naczki ym. 2016, 5;

Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5). Flywheel-harjoittelun vaikutukset hypertrofisissa ja lihasvoimaa lisäävissä muutoksissa ovat useissa tutkimuksissa parempia verrattuna perinteiseen painopakalliseen lihasvoimaharjoitteluun, mutta suoraa yhteyttä TULE-vaivojen kuntoutukseen ei voida vielä vetää.

TULE-vaivojen kuntoutusta valituista alkuperäistutkimuksista käsitteli vain yksi artikkeli. Greenwoodin ym. (2007,701) mukaan harjoittelulla on mahdollista ehkäistä polvivammasta johtuvan pienemmän kuormittamisen tuomaa lihasatrofiaa, parantaa lihasvoimaa sekä vähentää polvikivun oireita. Kuitenkaan verrattuna perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun painopakoilla ei tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt.

Flywheel-harjoittelun ja eksentrisen harjoittelun vaikutukset jännekudokseen ja lihasjänteeseen sisältävät käyttöpotentiaalia esimerkiksi tendinopatioiden kuntoutuksessa. Onambelen ym. (2008, 3136) mukaan flywheel-harjoittelu vaikutti positiivisesti jänteiden jäykkyyteen. Tätä tukee tutkimustieto eksentrisen harjoittelun käytettävyydestä jänteen jäykkyyden lisäämisessä ja tendinopatioiden kuntoutuksessa (Maganaris ym. 2017, 5). Lisää tutkimuksia flywheel-harjoittelun hyödyistä tuki- ja liikuntaelinten vaivojen kuntoutuksesta tarvitaan ennen kuin selkeämpiä johtopäätöksiä voidaan vetää.

7.2.2 Flywheel-harjoittelu ikääntyneiden fysioterapiassa

Flywheel-harjoittelua voidaan hyödyntää ikääntyneiden sekä vuodelevossa tai vähäisessä kuormituksessa olevien yksilöiden fysioterapiassa. Ikääntyessä lihasmassa vähenee merkitsevästi, suurimman vaikutuksen ollessa tyypin II lihas-solujen koossa ja määrässä (Mero ym. 2013, 641). Lisäksi usean päivän kuormittamattomuus vaikuttaa negatiivisesti lihasmassaan. Lihaskato voi merkitsevästi nostaa kuolleisuusriskiä etenkin ikääntyneillä yksilöillä. (Mitchell ym. 2017, 1.)

Flywheel-harjoittelulla pystytään vaikuttamaan vähintäänkin hillitsevästi lihasmassan atrofiaan, etenkin silloin, kun yksilön oma fyysinen aktiivisuus ja kehon kuormittaminen on jo vähäistä. (Belavy ym. 2017, 5; Chopard ym. 2005, 6–8; Haus ym. 2007, 1725.) Lisäksi eksentrisen harjoittelun on osoitettu kehittävän

voimakkaimmin juuri tyypin II lihassoluja (Schoenfeld ym. 2017, 2606). Flywheel-harjoittelu ei yksinään ole riittävä keino osteoporoosia tai luukudoksen heikentymistä vastaan (Meuche ym. 2007, 1; Smith 2008, 579; Watanabe ym. 2004, 1777). Luun tiheyden muutosten kannalta painovoima ja siihen liittyvät suuremman mekaanisen kuorman käyttö olisi suotavaa, esimerkiksi aerobisen harjoittelun kautta. (Booth, Roberts & Laye 2012, 54.) Yhdistettynä aerobiseen harjoitteluun flywheel-harjoittelulla pystytään hillitsemään myös verenkiertoelimistössä tapahtuvia vähäisen kuormituksen aiheuttamia negatiivisia muutoksia (Edgell ym. 2007, R2351).

Flywheel-harjoittelua voidaan käyttää ikääntyneiden lihasmassan lisäämisen lisäksi voiman ja toimintakyvyn kehittämiseen. Ikääntymisen aikaisen toimintakyvyn heikkenemisen yksi syy saattaa olla lihasmassan ja lihasvoiman vähenemisessä (Mero ym. 2013, 641). Lihasten voimantuoton heikkenemisellä on olennainen rooli ikääntyneiden ja kriittisesti sairaiden yksilöiden elinajanodotteeseen (Mitchell ym. 2017, 1). Analysoitujen tulosten perusteella flywheel-harjoittelulla pystytään merkittävästi parantamaan lihasten voimantuottoa (Brzenczek-Owczarzak ym. 2013, 439; Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7; Naczki ym. 2015, 24; Naczki ym. 2016, 5; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 5).

Voimantuoton kehittyminen voi osiltaan selittää positiivisia muutoksia toimintakyvyssä, joita havaittiin esimerkiksi tasapainotaidossa sekä Timed Up and Go -testissä (Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7; Onambele ym. 2008, 3136). Näistä tutkimuksista vain Onambele ym. (2008, 3135) vertasivat flywheel-harjoittelua perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun. Tutkimuksessa flywheel-harjoittelu osoittautui perinteistä lihasvoimaharjoittelua paremmaksi tasapainon kehittäjäksi. Flywheel-harjoittelulla oli positiivisia vaikutuksia useisiin kognition osa-alueisiin (Fernandez-Gonzalo ym. 2016, 7), joka tukee aiempaa tutkimusnäyttöä voimaharjoittelun positiivisista vaikutuksista kognitioon (Mavros ym. 2016, 6).

Ikääntyneiden kuntoutuksessa eksentrisen harjoittelun kuormittavuus on otettava huomioon. Analyysin valittujen tutkimuksien koehenkilöiden iän keskiarvot olivat korkeimmillaan 69,9 (Onambele ym. 2008, 31,34), joka viittaa siihen, että lisää tutkimuksia ikääntyneiden flywheel-harjoittelusta tarvitaan. Flywheel-harjoittelun

käyttöä kuntoutuksessa saattaa tukea eksentrisen harjoittelun taloudellisempi luonne, jolloin koko kehon kuormitus jää pienemmäksi, vaikka harjoitusvaste on yhtä suuri tai suurempi kun verrataan normaaliin dynaamiseen tai konsentriseen harjoitteluun. (Duchateau & Baudry 2014, 1319; Hessel, Lindstedt & Nishikawa 2017, 2.) On epäselvää, onko flywheel-harjoittelulla samanlaisia taloudellisia mekanismeja. Hyvin suunniteltu progressiivinen eksentrisen harjoittelun ohjelmointi pystyy ehkäisemään eksentrisen harjoittelun suurimpia haittavaikutuksia lihaskaurioissa ja loukkaantumisriskissä. (Harris-Love ym. 2017, 115; Isner-Horobeti 2013, 494; Lavender & Nosaka 2008, 294–296.)

7.2.3 Flywheel-harjoittelu urheilufysioterapiassa

Urheilufysioterapian päätavoitteina voidaan pitää loukkaantumisten ehkäisyn lisäksi liikkumisen ja suorituskyvyn kehittämistä loukkaantumisen jälkeen. Fysioterapiaa toteutetaan, jotta urheilija voi harjoitella turvallisesti ja tehokkaasti lajiaan sekä palata loukkaantumisen jälkeen lajiharjoittelun pariin. (Hoover, VanWye & Judge 2016, 1.) Suorituskyvyn kehittäminen ja lajinomainen harjoittelu ovat olennainen osa erilaisten urheiluvammojen, kuten tendinopatioiden, takareisivammojen tai ACL-vammojen, kuntoutuksen viimeisiä vaiheita (Hoover ym. 2016, 10; Lorenz & Reiman 2011, 33).

Kuntoutuksen progressiivinen ohjelmointi ja periodisointi koostuu useista eri vaiheista. Vaiheet etenevät nivelen liikelaajuuden, lihasvoiman ja niveltä liikuttavan lihaksiston kehittämisestä sekä vamman parantumista edistävästä harjoittelusta lajinomaiseen suorituskyvyn kehittämiseen (Hoover ym. 2016, 10). Flywheel-harjoittelulla pystytään monipuolisesti kehittämään suorituskykyä useilla edellä mainitun kuntoutusprosessin osa-alueilla.

Positiivisia vaikutuksia flywheel-harjoittelusta löydettiin esimerkiksi hyppy- ja loikkasuoritusten, lineaarisen nopeuden sekä suunnanmuutosnopeuden kehittämiseen (De Hoyo ym. 2015, 162; Gonzalo-Skok ym. 2016, 12; Gual ym. 2016, 1838; Maroto-Izquierdo ym. 2017b, 10). Vaikutuksien suuruus ja ero muuhun lihasvoimaharjoitteluun on kuitenkin vielä kyseenalainen. Flywheel saattaa kuitenkin tarjota helpon tavan toteuttaa eksentrispainotteista harjoittelua, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi hamstring -lihasten, eri jänteiden tendinopatioiden ja polven

ACL:n vammojen kuntoutuksessa sekä lajinomaisen suunnanmuutosnopeuden kehittämisessä kuntoutuksen myöhemmissä vaiheissa. (De Hoyo ym. 2016, 5; Hewit, Cronin, Button, Hume 2011, 47; Lorenz & Reiman 2011, 33.)

Flywheel-laitteen ominaisuudet mahdollistavat harjoittelun toteuttamista useisiin liikesuuntiin sekä molemminpuolisesti, eli bilateraalisesti, että toispuoleisesti, eli unilateraalisesti. Tällainen vaihtoehto voi tarjota hyötyjä eri lajien spesifiin kuntouttamiseen. (Vicens-Bordas ym. 2018, 81.) Monisuuntaista unilateraalista harjoittelua hyödynsivät esimerkiksi Gonzalo-Skok, ym. (2016, 9). Tutkimuksessa flywheel-harjoittelu kehitti normaaliin jalkakyykyharjoitteluun verrattuna paremmin lateraali- ja horisontaalisuunnan räjähtävää voimaa sekä yleistä suunnanmuutosnopeutta, vaikutusten ollessa pieniä ja keskitasoisia.

Loukkaantumiseriskiä tai lajissa tapahtuvia loukkaantumisia ei mitattu yhdessäkään tutkimuksessa, vaikka monissa tutkimuksissa koehenkilöt harrastivat jotain joukkuelajia. Aiheesta on kuitenkin alustavia tutkimuksia: analyysistä poisluetun Asklingin, Karlssonin ja Thorstenssonin (2003, 248) tutkimuksessa oheisharjoittelun lisäksi toteutettu hamstring -lihasuryhmän flywheel-harjoittelu vähensi merkittävästi kauden aikaisia hamstring -lihasten vammoja ($p < 0,05$). Yleisesti eksentrisen harjoittelun on todettu vähentävän esimerkiksi hamstring -lihasuryhmän sekä lonkan lähentäjien lihasuryhmän vammoja (Al Attar, Soomro, Sinclair, Pappas, Sanders 2017, 915; Ishoi ym. 2015, 1340). On mahdollista, että suorituskyvyn kehittämisen lisäksi flywheel-harjoittelulla pystytään vaikuttamaan positiivisesti loukkaantumisten ehkäisyyn.

7.2.4 Flywheel-harjoittelu neurologisten sairauksien kuntoutuksessa

Flywheel-harjoittelulla saattaa olla potentiaalisia käyttömahdollisuuksia neurologisten sairauksien kuntoutuksessa, tutkimusnäyttöä tarvitaan kuitenkin vielä lisää. Analysoiduista tutkimuksista Fernandez-Gonzalo ym. (2016, 7) tarkastelivat 12 viikon flywheel-harjoittelun vaikutuksia aivohalvauspotilaiden toimintakykyyn ja lihasmassaan. Harjoittelulla oli merkitseviä vaikutuksia lihasmassan kasvuun, voimantuottoon, TUG-testiin sekä tasapainoon. Tulokset olivat prosentuaalisesti suurempia aivohalvauksen vaikuttamalla puolella. Tutkimuksessa verrokkiryhmä

oli epäaktiivinen. Ei tiedetä, onko flywheel-harjoittelu perinteistä lihasvoimaharjoittelua parempi harjoitusmenetelmä aivohalvauspotilailla. Terveillä yksilöillä flywheel-harjoittelu kehitti tasapainoa perinteistä lihasvoimaharjoittelua paremmin (Onambele ym. 2008, 3136).

Vaikka tutkimustieto eksentrisen harjoittelun vaikutuksesta neurologisiin sairauksiin on vielä vähäistä, ovat alustavat tutkimukset positiivisia esimerkiksi CP-vamman, MS-taudin ja Parkinsonin taudin kuntoutuksessa toimintakyvyn edistämisessä, nivelten neuromuskulaarisessa hallinnassa sekä lihasmassan lisäämisessä. (Isner-Horobeti 2013, 500; LaStayo 2014, 1429; Samaei ym. 2016, 39; Patrocinio de Oliveira, Moreira, Carrion-Yagual, Perez, de Paz 2017, 4; Pull & Ranson 2007, 91.) Flywheel-harjoittelulla on tämän opinnäytetyön analyysin perusteella positiivisia vaikutuksia kävelykykyyn, kipuun, tasapainoon ja kognitiivisiin toimintoihin.

Näitä tuloksia voidaan mahdollisesti selittää eksentrisen harjoittelun hermostollisen tason merkitsevällä poikkeavuudella konsentriseen lihastyöhön verrattuna. Esimerkkejä ovat korostunut ristivaikutus, erilainen aivoaktiivisuus sekä lihassolujen hermotuksen muutokset. (Isner-Horobeti ym. 2013, 489; Kidgell ym. 2015, 571; Yao ym. 2016, 4.) Flywheel-harjoittelun merkitystä neurologisten sairauksien kuntoutuksessa on tämän analyysin tulosten perusteella syytä tutkia vielä lisää, selvittäen etenkin sen turvallisuutta sekä eroavaisuuksia perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun.

8 POHDINTA

8.1 Pohdintaa tutkimustuloksista

Flywheel-harjoittelu on painovoimasta riippumaton lihasvoimaharjoittelun muoto, jolla voidaan kehittää lihaksistoa, voimantuottoa sekä toiminta- ja suorituskykyä. Harjoitusmenetelmällä on lukuisia käyttömahdollisuuksia erilaisten tuki- ja liikuntaelinten, urheiluvammojen sekä neurologisten sairauksien ja vammojen kuntoutuksessa. Kuormittamattomuuden aiheuttamiin negatiivisiin vaikutuksiin pystytään vaikuttamaan flywheel-harjoittelulla lihasatrofiaa hillitsevästi, mutta vaikutuksia ei pelkällä harjoittelulla voida täysin ehkäistä. Vaikutukset luustoon ja nestetasapainon säätelyyn eivät ole selkeitä. On viitteitä, ettei pelkkä flywheel-harjoittelu ole riittävä interventio luuston negatiivisten muutosten ehkäisyyn.

Flywheel-harjoittelu sai aikaan pieniä, keskitasoisia ja suuria muutoksia lihasvoimassa, jotka olivat useissa tutkimuksissa perinteistä voimaharjoittelua parempia. Harjoitusmetodi saattaa siis olla tehokkaampi tapa kehittää lihasvoimaa kuntoutusprosessin myöhäisemmillä vaiheilla. Positiiviset tulokset lihasvoiman ja lihasmassan kehittämisessä saattavat siirtyä osittain myös toiminta- ja suorituskykyyn, kuten juoksu- ja hyppysuorituksiin sekä tasapainoon ja kävelykykyyn. Saadut tulokset ovat linjassa muiden aiheesta tehtyjen systemaattisen kirjallisuuskatsauksien kanssa. (Maroto-Izquierdo ym. 2017, 1; Nunez Sanchez & Saez de Vilareal 2017, 3177; Parmar, ym. 2016, 64; Vicens-Bordas, Esteve, ym. 2018, 75)

Ei ole täysin selkeää, vaikuttaako flywheel-harjoittelu muuta lihasvoimaharjoittelua paremmin analysoiduilla osa-alueilla niin, että se olisi kliinisesti merkitsevää. On mahdollista, että flywheelin monipuolinen käytettävyys sen mekaniikasta johtuen on terapeuttisessa harjoittelussa etu verrattuna perinteisiin kuntosalilaitteisiin: harjoitusvälinettä voi käyttää myös esimerkiksi vuodelevossa tai pyörätuolissa, lisäksi sillä voidaan harjoitella monipuolisesti useilla liikesuunnilla ja liikelajuuksilla. Flywheelin kuormitus määrittyy yksilön suoritustason mukaisesti, mikä voi olla eduksi verrattuna standardoituihin kuormiin.

Tutkimusnäyttö fysioterapian kentällä on vielä vajavaista ja lisää tutkimuksia tarvitaan. Vielä ei tiedetä, miten erilaiset vammat ja sairaudet vaikuttavat laitteen käyttömahdollisuuksiin tai vaikuttavuuteen. Alustavia tutkimuksia tässä analyysissä toteutettiin erilaisten polvivammojen ja aivohalvauksen kuntoutuksessa.

8.2 Tutkimuksen validiteetti, reliabiliteetti, eettisyys ja puutteet

Tutkimukseen liittyviä luotettavuuskysymyksiä on tarkasteltava sen reliabiliteetin ja validiteetin kautta. Validiteetti kertoo siitä, vastaako tutkimus sille asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja tavoitteisiin. Validiteetti jaetaan usein sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin, joista ulkoinen validiteetti viittaa työn yleistettävyyteen ja sisäinen tutkimuksen omaa luotettavuutta. Reliabiliteetti vastaa siihen, onko työ toistettavissa. (Metsämuuronen 2006, 55–64.) Validiteetin kannalta on syytä pohtia, vastataanko työssä asetettuihin tutkimusongelmiin ja ovatko ne linjassa tutkimuksen tavoitteiden ja tarkoituksen kanssa. Tutkimuksen tulosten tulkitaan olevan hyvin linjassa asetettujen tavoitteiden ja tarkoituksen kanssa. Koen myös, että tulokset antavat vastauksia asetettuihin tutkimusongelmiin.

Tässä opinnäytetyössä tutkimussuunnitelmaan luotiin teoriapohjan perusteella tutkimuskysymykset, joihin tutkimussuunnitelman ja myöhemmin kirjallisuuskatsauksen kautta lähdettiin vastaamaan. Tutkimussuunnitelmassa käytetyt menetelmät on raportoitu vaihe vaiheelta sosiaali- ja terveysalan tutkimusmenetelmiin liittyvään kirjallisuuteen tukeutuen. Opinnäytetyön tuottama aineisto ja analyysi vastaavat esitettyihin tutkimuskysymyksiin, joka lisää tutkimuksen validiteettia. Tämän työn validiteetti kärsii sen ollessa tutkijoiden määrästä johtuen systemoitu kirjallisuuskatsaus systemaattisen katsauksen sijaan. Lisäksi tutkijan kokemattomuus vaikuttaa negatiivisesti tutkimuksen luotettavuuteen. (Kangasniemi & Pölkki 2016, 91.)

Aineiston haku toteutettiin hyviä tieteellisiä käytäntöjä noudattaen systemaattisesti ja avoimesti. Hakusuunnitelmat, aikataulu, hakulausekkeet sekä käytetyt tietokannat on raportoinnissa tuotu selkeästi esille. Tutkimusaiheeseen liittyvistä syistä monia hakuprosessin laatua parantavia tekijöitä, kuten PICO-mallia tai

asiasanastoja ei pystytty hyödyntämään. Alustavana kartoituksena aihe osoittautui hyvin laajaksi, mikä tarkoittaa sitä, että tutkimus pystyy vastaamaan asetettuihin tutkimusongelmiin vain pintapuolisesti.

On myös mahdollista, että tiedonhaun ja alkuperäistutkimusten ulkopuolelle jäi tuloksille olennaisia tutkimuksia. Opinnäytetyössä käytettiin viittä eri tietokantaa, eikä kaikkia mahdollisia tutkimuksia saatu analysoitavaksi. Kustannussyistä osa mahdollisesti laadukkaista ja analyysiin sopivista tutkimuksista jouduttiin jättämään pois. Maksuvallien takana tai muissa tietokannoissa olevien tutkimuksien merkitystä esitetyille tutkimusongelmille ei tiedetä, mikä vaikuttaa katsauksen tuloksiin ja samalla heikentää tutkimuksen validiteettia.

Aineiston valinnassa käytettiin selkeitä, opinnäytetyön tarkoitukseen ja tavoitteisiin vastaavia kriteereitä. Lisäksi poisluettujen tutkimusten määrät ja poisluokemisen syyt raportoitiin. Valikoitujen alkuperäistutkimuksien olennaisimmat tiedot on avattu tässä opinnäytetyössä kattavasti ja muokkaamatta. Valitut alkuperäistutkimukset olivat englanninkielisiä, joten käännöksiin liittyviä virheitä ei voida täysin poislukea. Koen, ettei käänöksistä aiheutunut opinnäytetyön luotettavuuteen puutteita.

Valikoitujen alkuperäistutkimuksien laatu vaikuttaa siihen, kuinka hyödyllisiä ja katsauksen aikaansaamat johtopäätökset ovat. Tällä on suora vaikutus opinnäytetyön luotettavuuteen. Analyysiin päätyneet tutkimukset olivat vähintäänkin keskitasoisia ja hyvälaatuisia. Tämä viittaa siihen, että aiheesta tehtyä tutkimustietoa voidaan pitää luotettavana ainakin tutkimusmenetelmien kannalta. Näitä tuloksia ei kuitenkaan saa sekoittaa tämän opinnäytetyön yhteenvedon ja johtopäätösten validiteettiin: Tutkimuksen laatu ei tuo esille tutkimustulosten merkitsevyyttä tai intervention vaikutuksen suuruutta. Alkuperäistutkimusten tulosten käsittelyssä intervention vaikuttavuutta ja merkityksellisyyttä pyrittiin raportoimaan p-arvojen ja efektikokojen kautta synteessin luomiseksi. Sisällönanalyysi tapahtui avoimen ja systemaattisen raportoinnin kautta.

Reliabiliteetissa tärkeimpiä määrittäviä tekijöitä on se, kuinka tarkasti ja selkeästi tutkimusmenetelmä on kirjoitettu auki ja kuinka tulokset on esitelty. (Moher, ym.

2015, 2; Kangasniemi & Pölkki 2016, 91) Työ pystyttäisiin siinä kirjattujen kuvauksien perusteella toistamaan siten, että toistetun työn johtopäätökset olisivat samankaltaiset kuin tässä työssä. Tutkimuksen toteutussuunnitelma ja sen vaiheet pyrittiin tässä opinnäytetyössä kirjaamaan mahdollisimman tarkasti, avoimesti ja rehellisesti.

Tämän kirjallisuuskatsauksen teossa on pyritty noudattamaan tutkimuseettisen neuvottelukunnan TENKin hyvän tieteellisen käytännön ohjeita. Hyvän tieteellisen käytännön ohjeiden lähtökohtiin kuuluvat esimerkiksi tutkimuksellinen rehellisyys ja huolellisuus, laadukkaat ja avoimet tutkimusmenetelmät, muiden tutkijoiden tekemän työn kunnioitus sekä erinäiset tutkimuksen prosessiin liittyvät sopimukselliset, tutkimuslupiin, tietosuojaan sekä tutkimuksen rahoitukseen liittyvät käytännöt (TENK 2012, 6). Tässä opinnäytetyössä jokainen tutkimusvaihe tutkimussuunnitelmasta aineiston käsittelyyn ja analyysiin on tuotu avoimesti esille ja raportoitu kattavasti. Käytetyt tutkimus- ja analysointimenetelmät pohjautuvat näyttöön perustuvaan luotettavaan kirjallisuuteen ja hyvään kansainväliseen tutkimuskäytäntöön.

Näiden lisäksi kirjallisuuskatsauksen tekijällä on vastuu mukaan luettujen tutkimusten tutkimuseettikan arvioinnissa, ja se otettiin huomioon myös tässä opinnäytetyössä. Opinnäytetyön eettisissä näkökulmissa noudatettiin Vergnesin ym. (2010, 773) ohjeistusta, jossa eettisen arvioinnin hyväksyntä toimi tutkimuksissa yhtenä sisäänottokriteerinä. Kun jokainen analysoiduista töistä noudattaa hyväksyttyä tutkimuseettiikkaa, pystytään varmistamaan myös tämän opinnäytetyön eettisyys.

8.3 Opinnäytetyöprosessin arviointi

Opinnäytetyön tavoitteet, tarkoitus ja toteutus pysyivät muuttumattomana läpi opinnäytetyöprosessin. Hakuprosessi tehtiin suunnitelman mukaan systemaattisesti ja aikataulussa. Aikataulussa pysyminen ja selkeästi rakennettu ja tarkkaan rajattu tutkimussuunnitelma mahdollistivat työn valmistumisen, eikä tutkimusten analysointi tuottanut ongelmia. Motivaatio työtä kohtaan pysyi yllä läpi prosessin sen käytännön hyötyjen takia. Prosessin aikana toimin useiden urheiluseurojen

fysiikkavalmentajana ja rakensin tietoperustaa eksentriseen harjoitteluun muihin projekteihin, jotka auttoivat tuomaan käytännön näkökulmaa työhön.

Kokonaisuutenaan opinnäytetyö osoittautui kiinnostavaksi, mielekkääksi ja opettavaiseksi kokemukseksi. Itse työn tekeminen oli helppoa huolellisen suunnittelun, järkevän aikataulutuksen ja riittävän kiinnostuksen avulla. Kirjallisuuskatsauksen aikaan sitomaton luonne mahdollisti työn tekemisen omalla tahdillani eikä täten aikataulutuksessa ollut ongelmia.

Työn teoreettisesta pohjasta on ollut minulle runsaasti hyötyä eksentrisen voimaharjoittelun, mutta myös esimerkiksi terapeuttisen harjoittelun syvemmän ymmärtämisen kautta. Vaikkakin tutkimuksien ja kirjallisuuskatsauksien luku itsessään on ollut jo pitkään tuttua toimintaa, opetti tämän työn tekeminen silti lisää esimerkiksi kirjallisuuskatsauksen systemaattisesta otteesta, mutta myös tutkimuksen laadun ja sisällön arvioinnista sekä analysoinnista. Opinnäytetyön teon jälkeen osaan tulkita paremmin tutkimuksien tuloksia, laatua ja käytännön vaikuttavuutta.

8.4 Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa tietoa siitä, millaisia vaikutuksia flywheel-harjoittelulla on ihmiseen ja millaisia käyttömahdollisuuksia sillä on fysioterapiassa. Aikaisempia kriittisiä ja systemaattisia kirjallisuuskatsauksia ei aiheesta ole tästä näkökulmasta minun mukaani tehty, joten työ tuo uusia näkökulmia laitteen käyttömahdollisuuksiin. Mielestäni työn tarkoitus saavutettiin, joskin löydetyt tutkimustiedon määrä yllätti ja samalla tuotti haasteita tulosten analysointiin. Verrattuna muihin aiheesta tehtyihin kirjallisuuskatsauksiin, tuo tämä työ olennaista suomenkielistä tietoa sekä flywheel-harjoittelun, mutta myös yleisemmin eksentrisen harjoittelun, hyödyistä fysioterapiassa ja terapeuttisessa harjoittelussa.

Opinnäytetyön yhteenveto tuo esille useita selkeitä jatkotutkimusaiheita. Flywheel-harjoittelua on tutkittu paljon terveillä yksilöillä, mutta fysioterapiassa ja

terapeuttisen harjoittelun välineenä laitetta ei vielä juurikaan ole tutkittu. Eksentrisellä harjoittelulla voi olla kuntoutuksessa useita hyötyjä, joihin flywheel-harjoittelua pystyttäisiin mahdollisesti käyttämään.

Selkein jatkotutkimusaihe onkin siis RCT-tasolla tutkittuna flywheel-harjoittelun vaikutus kuntoutuksessa erilaisten tuki- ja liikuntaelinten, sisäelinten sekä neurologisten sairauksien ja vammojen kanssa. Sitä tulisi myös verrata muiden terapeuttisen harjoittelun muotojen kanssa vaikuttavuuden arvioinnin kannalta. Sen lisäksi on syytä tutkia flywheel-laitteen turvallisuutta ja käytettävyyttä esimerkiksi ikääntyneillä tai vakavammin sairailta yksilöillä, ennen kuin selkeitä johtopäätöksiä sen hyödyistä voidaan tehdä. Suorituskyvyn kehittämisen ja loukkaantumisten ehkäisyn näkökulmasta tarvitaan myös lisää tutkimuksia. Flywheel-harjoittelua on syytä verrata urheilijoilla esimerkiksi muuhun eksentriseen voimaharjoitteluun tai samankaltaisia liikesuuntia ja ominaisuuksia sisältävään perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun.

LÄHTEET

Aagaard, P. 2018. Spinal and supraspinal control of motor function during maximal eccentric muscle contraction: Effects of resistance training, *Journal of Sport and Health Science*.

Al Attar, W., Soomro, N., Sinclair, P., Pappas, E., Sanders, R. 2017. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*; 47(5); 907–916.

Alfredson, H., Pietilä, T., Johnsson, P., Lorentzon, R. 1998. Heavy-Load Eccentric Calf Muscle Training For the Treatment of Chronic Achilles Tendinosis. *The American Journal Of Sports Medicine*; 26(3); 360-6.

Askling, C., Karlsson, J., Thorstensson, A. 2003. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*; 13: 244–250.

Bali, Y. 2012. Concepts of Therapeutic Exercise- a Review. *JPSI*; 1(3): 25-26.

Baroni, B., Geremia, J., Rodriguez, R., Franke, R., Karamanidis, K., Vaz, M. 2013. Muscle Architecture Adaptations to Knee Extensor Eccentric Training: Rectus Femoris vs. Vastus Lateralis. *Muscle & Nerve*.

Belavy, D., Ohshima, H., Rittweger, J., Felsenberg, D. 2017. High-intensity flywheel exercise and recovery of atrophy after 90 days bed-rest. *BMJ Open Sport Exerc Med*; 3.

Belin de Chantemele, E., Blanc, S., Pellet, N., Duvareille, M., Ferretti, G., Gauquelin-Koch, G., Gharib, C., Custaud, M-A. 2004. Does resistance exercise prevent body fluid changes after a 90-day bed rest? *Eur J Appl Physiol*; 92: 555–564.

Booth, F., Roberts, C., Laye, M. 2012. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol*. 2012 April; 2(2): 1143–1211.

Bourne, M., Duhig, S., Timmins, R., Williams, M., Opar, D., Najjar, A., Kerr, G., Shield, A. 2016. Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med*. Julkaistu ennen painatusta 22.9.2016.

Brzenczek-Owczarzak, W., Naczek, M., Arlet, J., Forjasz, J., Jedrzejczak, T., Adach, Z. 2013. Estimation of the Efficacy of Inertial Training in Older Women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2013, 21, 433-443.

Brockett, C., Warren, N., Gregory, J., Morgan, D., Proske, U. 1997. A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research* 771: 251–258.

Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., Chaouachi, A. 2008. Understanding Change of Direction Ability in Sport - A Review of Resistance Training Studies. *Sports Med*; 38 (12): 1045-1063.

Brukner, P. 2015. Hamstring injuries: prevention and treatment—an update. *Sports Med*; 49: 1241–1244.

- Camargo, P., Albuquerque-Sendin, F., Salvini, T. 2014. Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: Review and perspectives. *World J Orthop* November 18; 5(5): 634-644.
- Caruso, J., Coday, M., Taylor, S., Mason, M., Lutz, B., Ford, J., Kraemer, W. 2010. Prediction of Resultant Testosterone Concentrations from Flywheel-Based Resistive Exercise. *Aviat Space Environ Med. Sep*;81(9):825-32.
- Cheung, K., Hume, P., Maxwell, L. 2003. Delayed Onset Muscle Soreness - Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Med*; 33 (2): 145-164.
- Chopard, A., Arrighi, N., Carnino, A., Marini, J. 2005. Changes in dysferlin, proteins from dystrophin glycoprotein complex, costameres, and cytoskeleton in human soleus and vastus lateralis muscles after a long-term bedrest with or without exercise. *The FASEB Journal express article* 10.1096/fj.04-3336fje.
- Cohen, J. 1990. Things I have learned (so far). *Am. Psych.* 45:1304–1312.
- Cuenca-Fernandez, F., Lopez-Contreras, G., Arellano, R. 2015. Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: Lunge and YoYo squat. *J Strength Cond Res* 29(3): 647–655.
- Coughlan, M., Cronin, P., Ryan, F. 2013. *Doing a Literature Review in Nursing Health and Social Care*. UK: SAGE publications.
- De Hoyo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Dominguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J., Gonzalo-Skok, O. 2016. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, DOI: 10.1080/02640414.2016.1157624.
- De Hoyo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Dominguez-Cobo, S., Mateo-Cortes, J., Cadenas-Sanchez, M., Nimphius, S. 2015. Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *Journal of Human Kinetics*; 47, 155-167.
- De Paula Simola, R., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., Ferrauti, A. 2014. Evaluation of tensiomyography after strength exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, julkaistu ennen painatusta.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., McGuigan, M., 2016. Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Med*. DOI 10.1007/s40279-016-0624-8.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., McGuigan, M. 2017. Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Med* 47: 917–941.
- Duchateau, J., Baudry, S. 2014. Insights into the neural control of eccentric contractions. *J Appl Physiol* 116: 1418–1425.
- Duhig, S. 2017. *Hamstring Strain Injury: Effects of high-speed running, kicking and concentric versus eccentric strength training on injury risk and running recovery*. Väitöskirja, Queensland University of Technology: Australia.
- Edgell, H., Zuj, K., Greaves, D., Shoemaker, J., Custaud, M., Kerbeci, P., Arbeille, P., Hughson, R. 2007. WISE-2005: adrenergic responses of women following 56-days, 6°

head-down bed rest with or without exercise countermeasures. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*; 293: R2343–R2352.

Everhart, J., Cole, D., Sojka, J., Higgins, J., Magnussen, R., Schmitt, L., Flanigan, D. 2016. Treatment Options for Patellar Tendinopathy: A Systematic Review. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*.

Fernandez -Gonzalo, R., Irimia, J., Cusso, R., Gustafsson, T., Linné, A., Tesch, P. 2014. Flywheel resistance exercise to maintain muscle oxidative potential during unloading. *Aviat Space Environ Med*; 85: 694 – 9.

Fernandez-Gonzalo, R., Tesch, P., Linnehan, R., Kreider, R., Di Salvo, V., Suarez-Arrones, L., Alomar, X., Mendez-Villanueva, A., Rodas, G. 2016. Individual Muscle use in Hamstring Exercises by Soccer Players Assessed using Functional MRI. *Int J Sports Med*; 37: 559–564.

Fernandez-Gonzalo, R., Fernandez-Gonzalo, S., Turon, M., Prieto, C., Tesch, P., del Carmen Garcia-Carreira, M. 2016. Muscle, functional and cognitive adaptations after flywheel resistance training in stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*; 13: 37.

Fineout-Overholt, E., Melnyk, B., Schultz, A. 2005. Transforming Health Care from the Inside Out: Advancing Evidence-Based Practice in the 21st Century. *Journal of Professional Nursing*; 21(6): 335–344.

Frohm, A., Saartok, T., Halvorsen, K., Renström, P. 2007. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomized short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*; 41: e7.

Gault, M., Willems, M. 2013. Aging, Functional Capacity and Eccentric Exercise Training. *Aging and Disease*; 4(6): 351–363.

Greenwood, J., Morrissey, M., Rutherford, O., Narici, M. 2007. Comparison of conventional resistance training and the fly-wheel ergometer for training the quadriceps muscle group in patients with unilateral knee injury. *Eur J Appl Physiol*; 101:697–703.

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A., Arjol-Serrano, J., Moras, G., Mendez-Villanueva, A. 2016. Eccentric Overload Training in Team-Sports Functional Performance: Constant Bilateral Vertical vs. Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodriguez, D., Tesch, P. 2016. Effects of In-Season Inertial Resistance Training with Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. *J Strength Cond Res*; 30(7): 1834–1842.

Harris-Love, M., Seamon, B., Gonzales, T., Hernandez, H., Pennington, D., Hoover, B. 2017. Eccentric Exercise Program Design: A Periodization Model for Rehabilitation Applications. *Front. Physiol.* 8:112.

Haus, J., Carrithers, J., Carroll, C., Tesch, P., Trappe, T. 2007. Contractile and connective tissue protein content of human skeletal muscle: effects of 35 and 90 days of simulated microgravity and exercise countermeasures. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*; 293: R1722–R1727.

- Hedayatpour, N., Izanloo, Z., Falla, D. 2018. Effect of Eccentric Exercise and Delayed Onset Muscle Soreness on the Homologous Muscle of the Contralateral Limb. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.
- Heiderscheit, B., Sherry, M., Silder, A., Chumanov, E., Thele, D. 2010. Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation, and Injury Prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 40(2): 67–81.
- Herzog W. 2014. Mechanisms of enhanced force production in lengthening (eccentric) muscle contractions. *J Appl Physiol*. 116(11): 1407–17.
- Hessel, A., Lindstedt, S., Nishikawa, K. 2017. Physiological Mechanisms of Eccentric Contraction and Its Applications: A Role for the Giant Titin Protein. *Front. Physiol*. 8 (70)
- Hewitt, J., Cronin, J., Button, C., Hume, P. 2011. Understanding Deceleration in Sport. *Strength and Conditioning Journal*. 1(33).
- Hidalgo, C., Saripalli, C., Granzier, H. 2014. Effect of exercise training on post-translational and post-transcriptional regulation of titin stiffness in striated muscle of wild type and IG KO mice. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 552–553: 100–107.
- Hoover, D., VanWye, W., Judge, L. 2016. Periodization and physical therapy: Bridging the gap between training and rehabilitation. *Physical Therapy in Sport* 18: 1–20.
- Hoskins, W., Pollard, H. 2005. Hamstring injury management—Part 2: Treatment. *Manual Therapy* 10 (2005) 180–190.
- Houglum, P. 2016. *Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries*. USA: Human Kinetics. 4. Pains.
- Ishoi, L., Sorensen, C., Kaae, N., Jorgensen, L., Hömlich, P., Serner, A. 2016. Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football: A randomized controlled trial. *Scan J Med Sci Sports*; 26(11): 1334–1342.
- Isner-Horobeti, M., Dufour, S., Vautravers, P., Geny, B., Coudeyre, E., Richard, R. 2013. Eccentric Exercise Training: Modalities, Applications and Perspectives. *Sports Med*. 43, 483–512.
- Jette, A., Delitto, A. 1997. Physical therapy treatment choices for musculoskeletal impairments. *Phys Ther*; 77: 145-154.
- Kangasniemi, M., Pölkki, T. 2016. Aineiston käsittely: Kirjallisuuskatsauksen ydin. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. toim. Stolt, M. Axelin, A. Suhonen, R. Turku: Turun Yliopisto. 80–94.
- Kaux, J-F. ym. 2012. Eccentric Training Improves Tendon Biomechanical Properties: A Rat Model. *J Orthop Res* 31:119–124.
- Kidgell, D., Frazer, A., Rantalainen, T., Ruotsalainen, I., Ahtiainen, J., Avela, J., Howatson, G. 2015. Increased Cross-Education of Muscle Strength and Reduced Corticospinal Inhibition Following Eccentric Strength Training. *Neuroscience* 300: 566–575.
- Kingma, J., de Knikker, R., Wittink, H., Takken, T. 2007. Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review. *Br J Sports Med*; 000:1–6.

LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Frajacomo, F., Lindstedt, S. 2014. Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. *J Appl Physiol* 116: 1426–1434.

LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Wong, B., Pepper, G. 2017. Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program. *BMC Geriatr.*; 17: 149.

Lavender, A., Nosaka, K. 2008. A light load eccentric exercise confers protection against a subsequent bout of more demanding eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*; 11, 291–298.

Lehtiö, L., Johansson, E. 2016. Järjestelmällinen tiedonhaku hoitotieteessä. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. toim. Stolt, M. Axelin, A. Suhonen, R. Turku: Turun Yliopisto.

Lepley, L., Palmieri-Smith, R. 2014. Cross-Education Strength and Activation After Eccentric Exercise. *Journal of Athletic Training*; 49(5): 582–589.

Lorenz, D., Reiman, M. 2011. The Role and Implementation of Eccentric Training in Athletic Rehabilitation: Tendinopathy, Hamstring Strains, and ACL Reconstruction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 6(1): 27–44.

MacLoda, T., Murphy, K., Davison, S. 2003. Functional effects of inertial training of the upper extremity. *J Sport Rehabil*; 12:229-239.

Maganaris, C., Chatzistergos, P., Reeves, N., Narici, M. 2017. Quantification of Internal Stress-Strain Fields in Human Tendon: Unraveling the Mechanisms that Underlie Regional Tendon Adaptations and Mal-Adaptations to Mechanical Loading and the Effectiveness of Therapeutic Eccentric Exercise. *Front. Physiol.* 8:91.

Malliaras, P., Maffulli, N., Garau, G. 2008. Eccentric training programmes in the management of lateral elbow tendinopathy, *Disability & Rehabilitation* 30:20,1590–1596.

Maroto-Izquierdo, S., Garcia-Lopez, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O., Gonzalez-Gallego, J., Paz, J. 2017a. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentricoverload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Julkaistu ennen painatusta

Maroto-Izquierdo, S., Garcia-Lopez, D., de Paz, J., 2017b. Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of Human Kinetics*. Julkaistu ennen painatusta.

Mavrov, Y., Gates, N., Wilson, G., Jain, N., Meiklejohn, J., Brodaty, H., Wen, W., Singh, N., Baune, B., Suo, C., Baker, M., Foroughi, N., Wang, Y., Sachdev, P., Valenzuela, M., Singh, M. 2017. Mediation of Cognitive Function Improvements by Strength Gains After Resistance Training in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: Outcomes of the Study of Mental and Resistance Training. *Journal of the American Geriatrics Society*: 65(3): 550–559.

Mero, A., Hulmi, J., Salmijärvi, H., Katajavuori, M., Haverinen, M., Holviala, J., Ridanpää, T., Häkkinen, K., Kovanen, V., Ahtiainen, J., Selänne, H. 2013. Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. *Eur J Appl Physiol*; 113: 641–650.

- Meuche, S., Macias, B., Tullet, R., Schneider, S., Lee, S., Smith, S., Zwart, S., Hagens, A. 2007. Combined Training Protocol with Supine Treadmill Exercise in Lower Body Negative Pressure and Resistive Exercise Mitigates Bed Rest Induced Bone Loss in Healthy Women. 53rd Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (1407).
- Metsämuuronen, J. 2006. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 4. painos, Vajaakoski: Gummerus.
- Mitchell, K., Taivassalo, T., Narici, M., Franchi, M. 2017. Eccentric Exercise and the Critically Ill Patient. *Front. Physiol.* 8:120.
- Moseley, A., Herbert, R., Sherrington, C., Maher, C. 2002. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy* 48: 43-49.
- Morton, N. 2009. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy* 55: 129–133.
- Mosteiro-Munoz, F., Dominquez, R. 2016. Effects of Inertial Overload Resistance Training on Muscle Function. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte.*
- Munger, C., Archer, D., Leyva, W., Wong, M., Coburn, J., Costa, P., Brown, L. 2017. Acute effects of eccentric overload on concentric front squat performance. *J Strength Cond Res* 31(5): 1192–1197.
- Naczki, M., Lopacinski, A., Naczki, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Adach, Z. 2016. Influence of short-term inertial training on swimming performance in young swimmers. *European Journal of Sport Science.*
- Naczki, M., Naczki, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Adach, Z. 2015. Inertial training: from the oldest devices to the newest Cyklotren technology. *Trends in Sport Sciences* 4(22): 191–196.
- Naczki, M., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczki, A., Adach, Z. 2014. Training Effectiveness of The Inertial Training and Measurement System. *Journal of Human Kinetics*; 44: 19-28.
- Nishikawa, K., Monroy, J., Uyeno, T., Yeo, S., Pai, D., Lindstedt, S. 2011. Is titin a 'winding filament'? A new twist on muscle contraction. *Proc. R. Soc. B.*
- Nishikawa, K., Lindstedt, S., LaStayo, P. 2018. Basic Science and Clinical Use of Eccentric Contractions: History and Uncertainties. *Journal of Sport and Health Science.*
- Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R., Tesch, P. 2011. Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviat Space Environ Med*; 82:13–9.
- Norrbrand, L., Fluckey, J., Pozzo, M., Tesch, P. 2008. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*; 102: 271–281.
- Nunez Sanchez, F., Saez de Villarreal, E. 2017. Does flywheel paradigm training improve muscle volume and force? A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 31(11): 3177–3186.

- Onambele, G., Maganaris, C., Mian, O., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I., Narici, M. 2008. Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics*; 41: 3133–3138.
- Ortega-Castillo, M., Medina-Porqueres, I., Cantero-Tellez, R. 2014. A Systematic, Critical Review of the Literature to Evaluate the Effectiveness of the Eccentric Training in Symptomatic Upper Limb Tendinopathies. *Yoga Phys Ther.* 5: 193.
- Parmar, P., Perry, R., Cesarz, G., Roberts, A., Hardman, H., Caruso, J. 2016. Physiological Effects of Spaceflight/Unloading and the Mitigating Effects of Flywheel-Based Resistive Exercise. *Gravitational and Space Research Volume 4(1)*: 64–77.
- Pull, M., Roig, C. 2007. Eccentric muscle actions: Implications for injury prevention and rehabilitation. *Physical Therapy in Sport* 8: 88–97.
- Quirino, D. 1999. PEDro Scale. Viitattu 28.7.2017 https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale.pdf
- Rhea, M. 2004. Determining the Magnitude of Treatment Effects in Strength Training Research through the Use of the Effect Size. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 18(4): 918-920.
- Rio, E., Kidgell, D., Purdam, C., Gaida, J., Moseley, L., Pearce, A., Cook, J. 2015. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*; 49: 1277–1283.
- Rodrigues, E., Gomes, A., Tanhoffer, A., Leite, N. 2014. Effects of exercise on pain of musculoskeletal disorders: a systematic review. *Acta Ortop Bras.*; 22(6): 334-8.
- Roig, M., Shadgan, B., Reid, W. 2008. Eccentric exercise in patients with chronic health conditions: a systematic review. *Physiother Can* ;60: 146-160.
- Samaei, A., Bakhtiary, H., Hajihassani, A., Fatemi, E., Motaharinezhad, F. 2016. Uphill and Downhill Walking in Multiple Sclerosis - A Randomized Controlled Trial. *Int J MS Care*; 18: 34–41.
- Sakamoto, A., Sinclair, P., Naito, H. 2016. Strategies for maximizing power and strength gains in isoinertial resistance training: Implications for competitive athletes. *J Phys Fitness Sports Med*, 5 (2): 153-166.
- Schoenfeld, B., Grgic, J. 2018. Eccentric overload training: A viable strategy to enhance muscle hypertrophy? *Journal of Strength and Conditioning*.
- Schoenfeld, B., Ogborn, D., Vigotsky, A., Franchi, M., Krieger, J. 2017. Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res* 31(9): 2599–2608.
- Sedgwick, P. 2014. Understanding P values. *BMJ*; 349: g4550.
- Smidt, N., de Vet, H., Bouter, L., Dekker, J. 2005. Effectiveness of exercise therapy: A best-evidence summary of systematic reviews. *Australian Journal of Physiotherapy* 51: 71–85.
- Smith, S., Zwart, S., Heer, M., Lee, S., Baecker, N., Meuche, S., Macias, B., Shackelford, L., Schneider, S., Hargens, A. 2008. WISE-2005: Supine treadmill exercise within lower

body negative pressure and flywheel resistive exercise as a countermeasure to bed rest-induced bone loss in women during 60-day simulated microgravity. *Bone*; 42: 572–581.

Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N., Specos, C., Sheppard, J., Newton, R. 2014. Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J Strength Cond Res* 28(9): 2415–2423.

Suhonen, A., Axelin, A., Stolt, M. 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. toim. Stolt, M., Axelin, A., Suhonen, R. Turku: Turun Yliopisto. 7–23.

Taylor, N., Dodd, K., Damiano, D. 2005. Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. *Phys Ther*; 85: 1208 –1223.

Taylor, N., Dodd, K., Shields, N., Bruder, A. 2007. Therapeutic exercise in physiotherapy practice is beneficial: a summary of systematic reviews 2002–2005. *Australian Journal of Physiotherapy* 53: 7–16.

TENK: Tutkimuseettinen Neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012.

Tesch, P., Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. 2017. Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Front. Physiol.* 8:241.

Thomas, J., Harden, A. 2008. Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*; 8(45).

Tuomi, J., Sarajärvi, A. 2006. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Gummerus: Porvoo.

Verkhoshansky, Y., Siff, M. 2009. Supertraining. 6. painos, Italia: Verkhoshansky SSTM.

Vergnes, J-N., Marchal-Sixou, C., Nabet, C., Maret, D., Hamel, O. 2010. Ethics in systematic reviews. *J Med Ethics*.

Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., Thorborg, K. 2018. Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21: 75–83.

Watanabe, Y., Ohshima, H., Mizuno, K., Sekiguchi, C., Fukunaga, M., Kohri, K., Rittweger, J., Felsenberg, D., Matsumoto, T., Nakamura, T. 2004. Intravenous Pamidronate Prevents Femoral Bone Loss and Renal Stone Formation During 90-Day Bed Rest. *J Bone Miner Res*; 19: 1771–1778.

Watts, D. 2015. A Brief Review on the Role of Maximal Strength in Change of Direction Speed. *J. Aust. Strength Cond.* 23(2); 100-108.

Wolf, A., Pflieger, B. 2003. Burden of Major Musculoskeletal Conditions. *Bulletin of the World Health Organization*; 81: 646-656.

Yao, W., Jiang, Z., Li, J., Jiang, C., Franlin, C., Lancaster, J., Huang, Y., Yue, G. 2016. Brain Functional Connectivity Is Different during Voluntary Concentric and Eccentric Muscle Contraction. *Front. Physiol.*7:521.

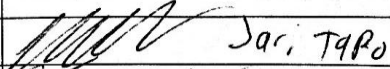
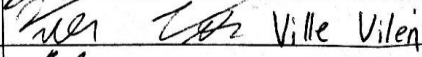
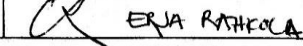
Zatsiorsky, V. 2006. Science and Practice of Strength Training. USA: Human Kinetics.
2. painos.

LIITTEET

- Liite 1. Toimeksiantosopimus
- Liite 2. PEDro -laadunarviointi
- Liite 3. Flywheel-harjoittelun kontraindikaatiot

OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTOSOPIMUS

Tämä sopimus soveltuu käytettäväksi ainoastaan sellaisten opinnäytetöiden yhteydessä, joita ei toteuteta ammattikorkeakoulun ulkopuolisen rahoituksen hankkeessa.

Toimeksiantaja	Nimi (esim. yritys) tmi Jari Tapio Yhteystiedot (yhteyshenkilö, puhelin, sähköposti) Jari Tapio, 040 1451131, info@kehonhuoltamo.fi	
	Työn aihe Systemaattinen kirjallisuuskatsaus flywheel-harjoittelun hyödyntämisestä fysioterapiassa	
Tekijä	Nimi Ville Vilén	Opiskelijanumero
	Katuosoite Jokiväylä 11	Postinumero 96300
	Puhelin	Postitoimipaikka Rovaniemi
	Suoritettava tutkinto Fysioterapia (AMK)	Sähköpostiosoite ville.vilen@edu.lapinamk.fi
Lapin AMK	Yhteyshenkilön nimi (ohjaaja) Mika Rahkola	Ryhmätunnus R75F15s
	Toimipaikka ja osoite Rantavitikka, jokiväylä 11, 96300 Rovaniemi	Tehtävänimike Lehtori, opinnäytetyön ohjaaja
	Puhelin 0400 526 733	Sähköpostiosoite mika.rahkola@lapinamk.fi
	Toimeksiantosopimuksen ehdot	
Ohjaus	Ohjaava opettaja valvoo työtä ammattikorkeakoulun puolesta ja antaa työn edellyttämiä ohjeita ja neuvoja. Ammattikorkeakoulu ja opettaja eivät ole konsulttivastuussa työstä.	
Dokumentointi	Ammattikorkeakoulun opinnäytetyöt ovat julkisia. Työstä laaditaan ammattikorkeakoulun opinnäyteohjeen mukainen kirjallinen esitys, josta toimitetaan yksi kansitettu kappale ammattikorkeakoulun kirjastoon tai julkaistaan sähköisessä muodossa Theseus-verkkokirjastossa. Työ arkistoidaan oppilaitoksella sekä tulostettuna että sähköisessä muodossa.	
Oikeudet	Opinnäytetyön tekijänoikeudet kuuluvat tekijälle. Toimeksiantaja saa rinnakkaisen käyttöoikeuden opinnäytetyön tuloksiin opinnäytetyön valmistuttua. Ammattikorkeakoululla on jatkuvasti voimassa oleva oikeus käyttää tuloksia omassa opetus- ja TKI-toiminnassaan. Sopijapuolilla on mahdollisuus sopia muista opinnäytetyön tuloksia koskevista oikeuksista kuitenkin niin, että tämän sopimuskohdan nojalla ammattikorkeakoulun saamat oikeuden säilyvät voimassa.	
Keksinnöt	Jos tekijä on osallisena keksintöön, joka patentoidaan, mainitaan hänet yhtenä keksijöistä. Mahdollisesta keksintökorvauksesta sovitaan erikseen noudattaen ammattikorkeakoulun tai toimeksiantajan keksintöohjeen linjauksia. Opinnäytetyön tai sen osan julkaiseminen tai hyödyntäminen ei saa vaarantaa sen tai sen osan suojaamista patentilla tai hyödyllisyysmallilla.	
Vastuut	Opinnäytetyön tulos toimitetaan sellaisena kuin se on. Tekijä tai ammattikorkeakoulu eivät anna tulokselle takuuta eivätkä vastaa sen soveltuvuudesta toimeksiantajan tarpeisiin. Sopijapuolet ovat vastuussa toisilleen sopimusrikkomuksen aiheuttamista välittömistä vahingoista. Vastuun syntyminen edellyttää tahallaan tai törkeällä huolimattomuudella aiheutettua sopimusrikkomusta.	
Lisäksi sovitaan		
Salassapito	Ohjaavilla opettajilla ja opinnäytetyön tekijöillä on salassapitovelvollisuus työn aikana esille tulleisiin luottamuksellisiin asioihin. Toimeksiantajan tulee tarkistaa, että julkaistava opinnäytetyö ei sisällä salassa pidettävää aineistoa. Tarvittaessa käytetään toimeksiantajan erillistä salassapitosopimusta.	
	Tätä sopimusta on laadittu kolme (3) samansisältöistä kappaletta, yksi (1) kullekin sopimuksen osapuolelle. Sopimus perustuu ammattikorkeakoulun hyväksymään opinnäytetyösuunnitelmaan ja se astuu voimaan allekirjoitushetkellä.	
	Paikka ja päivämäärä	Allekirjoitus
Toimeksiantaja	Rovaniemi 24.10.17	 Jari Tapio
Tekijä	Rovaniemi 1.6.2017	 Ville Vilén
Lapin AMK	Rovaniemi 21.10.2017	 ERJA RAHKOLA

PEDro -laadunarviointi

LIITE 2

Tutkimus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	YHT
Belavy ym. 2017		x					x	x	x	x		5
Belin de Chantemele ym. 2004	x	x		x				x	x	x		5
Brzenczek-Owczarzak ym. 2013		x		x				x	x	x		5
Chopard, ym. 2005	x	x		x				x	x	x		5
De Hoyo ym. 2015	x	x						x		x	x	4
Edgell ym. 2007	x	x						x	x	x		4
Fernandez-Gonzalo ym. 2014	x	x						x	x	x		4
Fernandez-Gonzalo ym. 2016	x	x	x	x				x	x	x		6
Gonzalo-Skok ym. 2016	x	x	x	x				x	x	x	x	7
Greenwood ym. 2007	x	x						x	x	x		4
Gual ym. 2016	x	x		x				x		x		4
Haus ym. 2007	x	x		x				x	x	x		5
MacLoda ym. 2003	x	x						x	x	x		4
Maroto-Izquierdo ym. 2017b	x	x		x				x	x	x	x	6
Meuche ym. 2007		x						x	x	x		4
Naczki ym. 2014		x		x				x		x	x	5
Naczki ym. 2016.	x	x						x	x	x	x	5
Onambele ym. 2008		x		x				x	x	x		5
Smith ym. 2008	x	x						x	x	x		4
Watanabe ym. 2004	x	x		x				x	x	x		5

1	Sisäänottokriteerit on mainittu (ei pisteytetä)
2	Koehenkilöt jaettiin ryhmiin satunnaisesti
3	Tutkimusryhmiin jakaminen oli peitetty
4	Tutkimusryhmät olivat tärkeimpien prognostisten kriteerien perusteella samanlaisia.
5	Kaikki koehenkilöt sokkoutettiin
6	Terapiaa suorittaneet terapeutit sokkoutettiin
7	Vähintään yhtä tulosta arvioivat arvioijat sokkoutettiin
8	Tulokset vähintään yhdestä tutkimuksen mittarista saatiin >85%:lta ryhmiin jaetuilta koehenkilöiltä.
9	Kaikki mitatut koehenkilöt saivat tutkimuksen mukaisen terapian tai ainakin hoitoaikomus oli analysoitu
10	Tulokset ryhmien välisistä vertailuista on raportoitu vähintään yhdestä olennaisesta tutkimusmittarista
11	Tutkimuksessa on esillä saatujen efektien koko sekä vaihteluväli vähintään yhdestä olennaisesta tutkimusmittarista.

Vaikka flywheel-harjoittelua ja eksentristä harjoittelua pidetään nykyisen tutkimustiedon valossa pääasiassa turvallisena (Isner-Horobeti ym. 2013, 502–504; Mitchell ym. 2017, 3; Tesch, Fernandez-Gonzalo & Lundberg 2017, 12; Roig, Shadgan & Reid 2008, 157), sisältävät sen käytännön sovellutukset useita huomioon otettavia vasta-aiheita, eli kontraindikaatioita.

Flywheel-harjoittelun aloittaminen tulee harkita tapauskohtaisesti. Yksi olennaisimmista eksentrisen harjoittelun kontraindikaatioista liittyy eksentrisen harjoittelun lihaskudosta rikkovaan vaikutukseen. Lihaskipujen määrä on eksentristen harjoitusten jälkeen suurimmillaan muuhun lihastyöhön verrattuna. (Cheung, Hume & Maxwell 2003, 148) Vaurion yhteydessä syntyy usein myös erilaisia tulehdustekijöitä ja voimantuotto-kyky lihaksessa heikentyy hetkellisesti. Vaikkakin kehittymisen kannalta tarpeellisia, lihasvauriot ja tulehdusreaktiot voivat liian suurina olla riski esimerkiksi kroonisista sairauksista kärsiville tai ikääntyneille. (Mitchell ym. 2017, 2; Gault & Willems 2013, 352)

Myopatiaa, kuten esimerkiksi Duchennen dystrofiaa, sairastaville yksilöille kovatehoista eksentristä harjoittelua ei korostuneiden loukkaantumisriskien takia voida suositella. Myopatioiden hoidosta eksentrisellä harjoittelulla on hyvin rajatusti tutkimustietoa tapaututkimusten tai akuuttitutkimusten muodossa, eikä niistä voida vetää vielä johtopäätöksiä. (Roig, Shadgan & Reid 2008, 155) Lihasvaurioita ja viivästyneitä lihaskipuja voidaan kuitenkin lieventää harjoittelun järkevällä progressiolla ja kuormituksen säätämällä. (Harris-Love ym. 2017, 112; Isner-Horobeti ym. 2013, 494; Lavender & Nosaka 2008, 294–296)

Neurologisista sairauksista, sydän -ja verenkierron häiriöistä sekä hengityssairauksista kärsivillä huomiota tulee kiinnittää esimerkiksi muutoksiin kehon lämpötilassa ja hengitystiheydessä. Eksentrisen harjoittelu voi Roigin ym. (2008, 154) kirjallisuuskatsauksen mukaan vaikuttaa kehon lämpötilaan ja hengitystiheyteen niitä nostavasti. Eksentrisen harjoittelu voi myös vaikuttaa negatiivisesti liikettä aistiviin ja sääteleviin mekanoreseptoreihin. Tutkimuksissa on havaittu, että nivelten hallinta ja asentotunto muuttuvat useiksi päiviksi eksentrisen harjoituksen jälkeen. (Brockett, Warren, Gregory, Morgan, Proske 1997, 225; Pull & Ranson 2007, 92) Ei ole varmaa, aiheuttaako flywheel-harjoittelu vastaavia häiriöitä, mutta proprioseptiikan muutokset tulisi ottaa huomioon harjoittelua seuraavien päivien liikunnassa.