

Opinnäytetyö (AMK)

Fysioterapiakoulutus

2023

Adele Arvonen & Elisa Koski

# Flywheel-harjoittelun hyödyntäminen TULE-vaivojen kuntoutuksessa

– Integroiva kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö (AMK ) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Fysioterapiakoulutus

2023 | 66 + 8 sivua

Adele Arvonen & Elisa Koski

## Flywheel-harjoittelun hyödyntäminen TULE-vaivojen kuntoutuksessa

### - Integroiva kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa flywheel-menetelmän hyödynnettävyyttä TULE-vaivojen kuntoutuksessa arvioimalla ja kokoamalla yhteen tutkittua tietoa. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa, miten kuntoutujat ja terapeutit ovat kokeneet flywheel-harjoittelun. Tavoitteena oli koota yhteen kriittisesti tarkasteltua tietoa flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa. Tämä voi auttaa lisäämään tietoisuutta flywheel-menetelmän käytöstä lisäten sen käyttöä kuntoutuksessa. Fysioterapian alalle tämä opinnäytetyö tuo uutta tietoa flywheel-harjoittelun soveltuvuudesta TULE-vaivojen kuntoutukseen, sillä aikaisempia vastaavia tutkimuksia ei ole vielä suomen kielellä.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui integroiva kirjallisuuskatsaus. Aineistojen haku suoritettiin viiteen eri tietokantaan hyödyntäen myös manuaalista hakua. Lopulta työhön valikoitui kolme tutkimusta. Tutkimusten laadunarvioinnissa hyödynnettiin JBI:n arviointikriteeristöjä. Aineisto analysoitiin induktiivisella sisällönanalyysillä.

Flywheel-harjoittelun tehokkuutta TULE-vaivojen kuntoutuksessa on tutkittu laajasti ja tutkimustulokset ovat olleet lupaavia. Flywheel-harjoittelulla saatiin merkittäviä tuloksia lihaskadon hillitsemisessä. Lisäksi useat tutkimukset ovat osoittaneet, että flywheel-harjoittelu voi olla tehokas harjoittelumuoto verrattuna muihin perinteisiin kuntoutusmenetelmiin, erityisesti patellajänteen tendinopatian osalta. Intensiivinen flywheel-harjoittelu voi olla myös potentiaalinen keino parantaa reiden etuosan lihasvoimaa ACL-leikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa. Yhteenvetona voidaan todeta, että flywheel-harjoittelusta voi olla hyötyä TULE-vaivojen kuntoutuksessa, sillä se tarjoaa monipuolisia ja tehokkaita harjoitusvaihtoehtoja. Täten flywheel-harjoittelua tulisi harkita osaksi kuntoutusohjelmaa TULE-vaivojen kuntoutuksessa.

### Asiasanat:

Flywheel, tuki- ja liikuntaelimestö, kuntoutus, eksentrisen harjoittelu, lihasvoimaharjoittelu

Bachelor's Thesis| Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in physiotherapy

2023| 66 + 8 pages

Adele Arvonon & Elisa Koski

# Rehabilitation of Musculoskeletal disorders using Flywheel training

## - Integrative literature review

The purpose of the thesis was to find out the implications of flywheel training in the rehabilitation of MSDs by evaluating and compiling research data. In addition, the purpose of the thesis was to find out how the users of the device have experienced flywheel training. The aim was to compile critically reviewed information on the implications of flywheel training in the rehabilitation of MSDs. This can help raise awareness of the use of flywheel training and increase its usage in rehabilitation. In the field of physiotherapy, this thesis provides new information of potential of flywheel training for the rehabilitation of MSDs, as there are no previous studies on the subject in Finnish yet.

An integrative literature review was chosen as the research method for the thesis. The literature search was conducted from five different databases also utilizing manual search. In the end, three studies were selected for the thesis. The quality assessment of the studies utilized JBI's evaluation criteria. Inductive content analysis was used for further analysis.

The effectiveness of flywheel training in the rehabilitation of musculoskeletal disorders has been studied extensively and the research results have shown possible benefits of flywheel training in physiotherapy. Flywheel training has shown positive effects on muscle atrophy. In addition, studies have shown that flywheel training can be just as effective compared to other traditional training modalities, especially for patella tendon tendinopathy. In addition, intensive flywheel training can be a potential way to improve anterior thigh muscle strength in post-ACL rehabilitation. In conclusion, flywheel training can be useful for MSD rehabilitation as it offers versatile and effective training options. Therefore, flywheel training should be considered as part of rehabilitation program for MSD rehabilitation.

## Keywords:

Flywheel, musculoskeletal, rehabilitation, eccentric training, strength training

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖ</b>	<b>10</b>
2.1 Tuki- ja liikuntaelinsairauksien yleisyys ja taloudellinen merkitys	10
2.2 Tuki- ja liikuntaelinsairauksien kuntoutus fysioterapiassa	11
<b>3 LIHASVOIMAHARJOITTELU</b>	<b>12</b>
3.1 Intensiteetti	13
3.2 Volyymi	14
3.3 Frekvenssi	14
3.4 Voimaharjoittelun vaikutusmekanismit	15
<b>4 EKSENTRINEN LIHASTYÖ JA SEN HARJOITTAMINEN</b>	<b>16</b>
4.1 Eksentrisen harjoittelun vaikutusmekanismit	16
4.2 Eksentrisen lihastyön riskitekijät ja vasta-aiheet	17
4.3 Kuntoutus eksentristä lihastyötä hyödyntäen	18
<b>5 FLYWHEEL-HARJOITTELU</b>	<b>20</b>
5.1 Flywheel-laitteen toimintamekanismi	20
5.2 Flywheel-laitteet ja harjoitusmenetelmät	21
<b>6 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA MENETELMÄT</b>	<b>24</b>
6.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	24
6.2 Tutkimuskysymykset	24
6.3 Integroiva kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä	25
<b>7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS</b>	<b>28</b>
7.1 Aineiston kerääminen	28
7.1.1 Sisäänottokriteerit	28
7.1.2 Hakulausekkeet	30
7.1.3 Kirjallisuushaut	31

7.2 Tutkimusten laadun arviointi	34
7.3 Tutkimusten esittely	37
7.4 Aineiston analysointi	41
<b>8 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET</b>	<b>44</b>
8.1 Flywheel-harjoittelun vaikutus lihaskatoon	44
8.2 Flywheel-harjoittelun vaikutukset ja käyttö ACL- leikkauksesta kuntoutuvilla	44
8.3 Flywheel- harjoittelun vaikutukset ja käyttö patellajänteen tendinopatiasta kärsivillä	45
<b>9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA</b>	<b>46</b>
9.1 Opinnäytetyön tulosten tulkinta	46
9.1.1 Flywheel-harjoittelun mahdollisuus lihaskadon ehkäisyssä	48
9.1.2 Flywheel-harjoittelu kuntoutuskeinona ACL- leikkauksesta kuntoutuville	49
9.1.3 Flywheel-harjoittelu kuntoutuskeinona patellajänteen tendinopatiasta kärsiville	52
9.1.4 Pohdintaa tutkimustuloksista	54
9.2 Opinnäytetyön eettisyys	55
9.3 Opinnäytetyön luotettavuus	56
9.4 Tulevaisuuden tutkimustarve	59
<b>Lähteet</b>	<b>61</b>

## **Liitteet**

Liite 1. Tiedonhaun taulukko

Liite 2. Laadunarviointi

Liite3. Sisällönanalyysi

## Kuviot

Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet (mukaillen Salakari, 2020).	27
Kuvio 2. Tiedonhakuprosessi ja sen tulokset.	33

## Kuvat

Kuva 1. Flywheel- laitteen suunniteltu mekanismi (Norrbrand ym, 2008, 274).	21
Kuva 2. Flywheel- laitteen käytön esimerkki (Tesch ym. 2004)	22
Kuva 3. Esimerkki flywheel- laitteesta (Adele Arvonen, 2023)	22
Kuva 4. Esimerkki täytetystä kvasikokeellisen tutkimuksen laadunarvioinnista JBI:n kriteereitä hyödyntäen (JBI, n.d.).	36

## Taulukot

Taulukko 1 Kartoittava haku: Tutkimuskysymys: Minkälaista näyttöä on flywheel -menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa?	25
Taulukko 2 Laadullinen tutkimusasetelma: Tutkimuskysymys: Mitä kokemuksia on kuntoutujilla ja terapeuteilla flywheel-menetelmästä TULE- vaivojen kuntoutuksessa?	25
Taulukko 3. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit.	29
Taulukko 4. Tutkimusten tiivistelmät.	39
Taulukko 5 Aineiston sisällönanalyysin esimerkki.	43

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

ACL	Anterior Crucial Ligament, etummainen ristiside
ACLR	Anterior Crucial Ligament Reconstruction
CAR	Central Activation Ratio
DOMS	Delayed Onset Muscle Soreness, viivästynyt lihaskipu
HSR	Heavy-Slow Resistance
IKE	Inertial Kinetic Exercise
ITMS	Inertial Training and Measurement System
ITS	Impulse Training System
MSD	Musculoskeletal Disorders
MVIC	Maximal Voluntaric Isometric Contraction, maksimaalinen isometrinen supistus
RCT	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus
TULE	Tuki- ja liikuntaelin

# 1 JOHDANTO

Tuki- ja liikuntaelimestön vaivat ovat yleisiä ja aiheuttavat merkittävän kuluuerän länsimaiden terveydenhuollossa (Luomajoki 2022, 21). Vuonna 2013 Kela maksoi 4,9 miljoonaa päivää sairauspäivärahoja, joiden maksuperusteena olivat TULE-vaivat (Kauranen 2019, 41). Arviolta noin kolme viidestä henkilöstä kärsii TULE-vaivoista. Terapeuttisen harjoittelun osalta näyttö TULE-vaivojen hoidossa on kiistaton (Luomajoki 2022, 21) ja niiden prognoosi on hyvä (Kauranen 2019, 41).

Eksentrisen lihasvoimaharjoittelun tehokkuutta verrattuna konsentriseen tai isometriseen lihasvoimaharjoitteluun on tutkittu paljon. Sen on todettu lisäävän lihasmassaa tehokkaammin verrattuna muihin lihastyömuotoihin. Eksentrisen lihasvoimaharjoittelu mahdollistaa suuremman maksimivoiman tuottokyvyn mahdollistaen suurempien harjoitteluvastusten käytön. Lisäksi eksentrisen lihastyö saa lihassoluun aikaan enemmän mikrovaurioita, jonka seurauksena lihaskudoksen hypertrofia eli lihassolujen poikkileikkauspinta-alan lisääntyminen (Kauranen 2014, 397) superkompensaation aikana on myös suurempaa. (Kauranen 2019, 583.)

Eksentristä lihastyömuotoa on tutkittu paljon TULE-vaivojen kuntoutuksessa, mutta flywheel-harjoittelua, joka mahdollistaa eksentrisen ylikuormituksen liikkeen aikana, on tutkittu vain vähän. Tämän integroivan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on koota yhteen tutkittua tietoa flywheel-menetelmän käytettävyydestä TULE- vaivojen kuntoutuksessa sekä kartoittaa laitteen käyttäjien kokemuksia. Katsaus flywheel-laitteen hyödynnettävyydestä ja käytettävyydestä TULE- vaivojen kuntoutuksessa voi vaikuttaa merkittävästi harjoittelumenetelmän käyttöasteeseen fysioterapian parissa. Flywheel-harjoittelun etuna on lihaksen kuormittuminen koko liikeradan aikana, mikä voi auttaa kehittämään lihasten voima- ja kestävyystuotto-ominaisuuksia monipuolisemmin tavanomaiseen lihasvoimaharjoitteluun verrattuna. Täten fysioterapeutit voivat hyödyntää flywheel-harjoittelua osana monipuolista



terapeuttista harjoittelua ja soveltaa sitä asiakkaan yksilöllisten tarpeiden mukaan.

Flywheel-harjoittelu menetelmänä on vielä melko uusi ja otettu käyttöön vasta noin 90-luvun alkupuolella. Aluksi sitä käytettiin astronauteilla vähentämään muun muassa lihasatrofiaa pitkään kestävillä avaruuslennoilla, joilla painovoimaa ei voitu hyödyntää. (Beato & Dello Iacono 2020, 1). Flywheel-harjoittelun suosio voimankasvatuksen parissa on lisääntynyt viime vuosikymmenien aikana (Petrè ym. 2018). Lisäksi menetelmän suosio on kasvanut myös urheilijoiden keskuudessa, joiden tavoitteena on voiman ja suorituskyvyn parantuminen (Exxentric, n.d.). Pikkuhiljaa menetelmä on laajentumassa myös terapeuttiseen harjoitteluun sekä vammojen ennalta ehkäisyyn.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Ossi Nikula. Nikula on mukana työryhmässä, joka maahantuo ja myy flywheel-teknologiaa hyödyntäviä laitteita Suomessa. Opinnäytetyö toteutetaan integroivana kirjallisuuskatsauksena, jonka teoreettisessa viitekehyksessä tullaan käsittelemään TULE-vaivojen yleisyyttä, merkitystä terveydenhuollossa ja kuntotutusta sekä lihasvoimaharjoittelua, eksentristä harjoittelua ja flywheel-harjoittelua.

## 2 TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖ

Tuki- ja liikuntaelimestö on elinkokonaisuus, joka mahdollistaa asennon säilyttämisen sekä liikkumisen (Kauranen 2019, 35). Tuki- ja liikuntaelimestön keskeisiä tehtäviä ovat sisäelinten suojaaminen ulkoisilta kuormituksilta sekä tukirankana toimiminen koko keholle ja sen eri osille (Bäckman 2010, 40). Se muodostuu luiden muodostamasta luurangosta, lihasten muodostamasta lihaksistosta, luita yhdistävistä nivelistä, voimaa välittävistä jänteistä sekä sidekudoksesta, joka sitoo ja yhdistää kudoksia toisiinsa (Kauranen 2019, 35).

### 2.1 Tuki- ja liikuntaelinsairauksien yleisyys ja taloudellinen merkitys

Pitkäaikaisia TULE-vaivoja on noin miljoonalla suomalaisella. Yleisimmät TULE-sairaudet ovat perinnöllisiä tai synnynnäisiä sairauksia, aineenvaihdunnan häiriöitä, tulehduksia, akuutteja vammoja tai ikääntymisen myötä tulleita rappeumia sekä kasvaimia. Nivelsäryt, niskakipu ja selän kiputilat puolestaan ovat yleisimpiä TULE-vaivoja. Tuki- ja liikuntaelinvaijien riskitekijöitä ovat mm. ylipaino, liikunnan puute, tupakointi, tapaturmat sekä työn aiheuttamat kuormitustekijät, joita psykososiaaliset oireet saattavat pahentaa. Niiden prognoosi on kuitenkin hyvä. (Kauranen 2019, 41.)

TULE-vaivat vaikuttavat suuresti myös yhteiskunnalle aiheutuviin kustannuksiin. Merkittävin ja kallein seuraus TULE-vaivoista on työkyvyn rajoittuminen (Lindgren & Aho 2005, 14). Lääkärilehdessä julkaistussa tutkielmassa liittyen työterveyspalveluiden kohdentuvuuteen, TULE-vaivat ovat yleinen syy mielenterveyden häiriöiden ohella sairauspoissaoloihin sekä ennen aikaisiin työkyvyttömyyseläkkeisiin. Samalla ne kuluttavat suuren osan työhuollon resursseista. Aineistona tutkielmassa toimi työterveyshuollon potilastiedot vuodelta 2018. Noin 49 % työterveydenpalvelun käyttäjistä on jokin TULE-vaiva ja tämä täydentää käsitystä TULE-vaivojen merkityksestä työkyvyn näkökulmasta. Huomioitavaa tutkimuksen tuloksissa on se, että hoito keskittyy pääosin vain lääkärille ja vain noin kolmasosa käy fysioterapeutilla. (Hynninen

ym. 2023.) Jotta TULE-vaivoja voitaisiin vähentää, on tärkeää kiinnittää huomiota niiden ennaltaehkäisyyn ja vaivojen varhaiseen toteamiseen (Bäckmand 2010, 5), vaikuttaen samalla edullisesti myös yhteiskunnan hyvinvointiin ja talouteen.

## 2.2 Tuki- ja liikuntaelinsairauksien kuntoutus fysioterapiassa

Ensisijainen hoitolinja TULE-vaivojen kuntoutuksessa on konservatiivinen hoito (Kauranen 2019, 41), jolla tarkoitetaan muuta kuin operatiivista hoitoa (Terveyskirjasto, 2016). Terapeuttisen harjoittelun avulla voidaan saada samat tai jopa paremmat tulokset kuin operatiivisella hoidolla, kun tuloksia tarkastellaan suhteessa kipuun tai koettuun päivittäiseen haittaan. Täten fysioterapian kustannustehokkuus on erittäin hyvä ja terapeuttisen harjoittelun tehokkuudesta TULE-vaivojen kuntoutuksessa on erittäin hyvää tieteellistä näyttöä. Fysioterapian erinomainen näyttö perustuu ennen kaikkea aktiiviseen hoitoon ja harjoitteluun. (Luomajoki 2022, 24.) Harjoittelun, erityisesti lihasvoimaharjoittelun avulla lihasvoima lisääntyy ja fyysinen suorituskyky kohentuu. (Kauranen 2014, 378).

### 3 LIHASVOIMAHARJOITTELU

Lihassoimalla tarkoitetaan maksimaalista supistumisvoimaa, joka saadaan tahdonalaisesti aikaan lihaksen lähtö- ja kiinnityskohdan välille. Tuotetun voiman suuruuteen vaikuttavat lihaksen koko, hermoston toiminta, ikä sekä sukupuoli. Lihaksen supistuvan osatekijän sarkomeerien lisäksi lihaksen voimantuottokykyyn vaikuttaa myös lihaksen mekaanisen mallin mukaan lihaksen elastinen osatekijä. Tämä voidaan jakaa supistuvan osatekijän kanssa rinnakkain toimivaan elastiseen komponenttiin REK, johon kuuluu lihaksen sidekudosrakenteet ja sarkomeerien titiini-molekyylit, sekä peräkkäin toimivaan elastiseen komponenttiin PEK, johon kuuluu aktiinien ja myosiinien väliset poikkisillat, jänteet ja aponeuroosit. (Sandström & Ahonen 2011, 122–123.) Kehittyvän voiman suuruuteen vaikuttaa myös lihaksen supistumistapa, joka luokitellaan isometriseen, konsentriseen sekä eksentriseen. Usein käytetään myös termiä isotoninen supistus viittamaan lihaksen supistumistapaan, jossa lihaksen pituus muuttuu. Tällöin kyseessä voi olla joko konsentrisen tai eksentrisen supistus. Lihaksen supistumisvoimaan vaikuttaa myös sen supistusnopeus. Lihaksen mekaaninen teho eli voima suhteutettuna nopeuteen on suurin, kun voima ja supistusnopeus ovat noin 1/3 maksimiarvoistaan. (Sandström & Ahonen 2011, 123.)

Lihassoimaharjoittelulla voidaan vaikuttaa poikkijuovaiseen lihaskudokseen ja sen supistumisominaisuuksiin, lisäten lihasten voimaa, voimantuottonopeutta, lihaskestävyyttä ja lihasten kokoa erilaisten lihassoimaharjoitteiden avulla. Harjoittelun tavoitteena on lihasten voiman kasvattaminen progressiivisten harjoitteiden avulla. Yksilön mukaan lihassoimaharjoittelussa tavoitteena voi olla urheilusuorituksen parantuminen, fyysisen suorituskyvyn edistyminen, kehon ulkonäön kohentaminen, työkyvyn ylläpitäminen, vammojen ehkäisy, päivittäisistä toiminnoista selviytyminen tai kuntoutus. Harjoittelu suunnitellaan ylikuormittamaan lihaksia niin, että ne stimuloivat lihaskudoksen kehitystä vastaamaan lisääntyneitä kuormitustasoa ja vaatimuksia. (Kauranen 2014, 378.)

Lihassoimahaarjoittelu lisää lihasvoimaa (Sandström & Ahonen 2011, 126) ja on ensisijainen harjoittelumuoto lihasvoiman lisääntymisen kannalta (Schoenfeld 2018, 107). Lihassoimahaarjoittelua voidaan toteuttaa vastuslaitteilla, vapailla painoilla, omaa kehon painoa tai muita vastuksia hyödyntäen. (Kauranen 2014, 378). Lihasmassalla ja lihasvoimalla on merkittävä vaikutus niin kokonaisterveyteen kuin sairauksien ennaltaehkäisyyn, kehon koostumukseen, luuston terveyteen sekä suorituskykyyn. Lisäksi lihasvoimahaarjoittelu voi auttaa ehkäisemään tuki- ja liikuntaelinsairauksia. (Damas ym. 2018.) Harjoittelun muuttujien oikeanlainen manipulointi on tärkeää lihasvoiman lisääntymisen kannalta, joita ovat intensiteetti, volyyymi sekä frekvenssi.

### 3.1 Intensiteetti

Harjoittelun intensiteetillä tarkoitetaan lihasvoimahaarjoituksessa käytettävää harjoitusvastusta tai kuormitustasoa suhteutettuna prosentuaalisesti lihaksiston maksimaaliseen voimantuottokykyyn (Kauranen 2014, 467). Lihassoimahaarjoittelun muuttujista intensiteetti on merkityksellisin (Schoenfeld 2010, 2863), sillä se vaikuttaa lihaksen stressireaktion suuruuteen ja adaptaatiomuutoksen määrään (Mäennenä ym. 2019, 57). Lisäksi käytetty harjoitteluintensiteetti riippuu lihasvoimahaarjoittelun tavoitteesta, toisin sanoen onko tavoitteena maksimi-, kestovoiman tai hypertrofian lisääntyminen (Kauranen 2014, 468). Intensiteetti voidaan jakaa suhteelliseen ja absoluuttiseen intensiteettiin. Absoluuttisella intensiteetillä tarkoitetaan vastuksen suhdetta 1 RM:ään. Eli jos 1 RM on esimerkiksi 80 kg, 80 % intensiteetti tarkoittaisi 64 kg harjoitteluvastusta. Absoluuttinen intensiteetti on tärkein voimahaarjoittelun muuttuja, sillä se määrittää harjoitusvaikutuksen. Suhteellinen intensiteetti puolestaan vastaa kysymykseen: "miten haastavalta harjoittelu tuntui?" Suhteellinen intensiteetti vaikuttaa harjoittelun kuormittavuuteen ja täten progressioon sekä volyyymiin niin yksittäisen harjoituskerran kuin koko harjoitusohjelman tasolla. (Mäennenä ym. 2019, 57–58.)

### 3.2 Volyymi

Harjoittelun volyyymi koostuu toistoista, sarjoista sekä intensiteetistä (Mäennenä ym. 2019, 58) ja se voidaan määritellä koko tehtynä työn määränä. Harjoittelun volyyymi voidaan ilmaista monella tavalla, joista yleisin on tehtyjen sarjojen määrä. Lisäksi volyyymi saatetaan ilmoittaa usein ilmoittamalla kokonaistoistojen määrä harjoittelun aikana. (Schoenfeld 2018, 107.) Sarjalla tarkoitetaan toistojen määrää, jotka suoritetaan perätysten ilman taukoa (Schoenfeld 2010, 2863). Mitä suurempi on harjoitteluvolyymi, sitä suurempi on harjoittelun aikaansaama ärsyke. Volyymi ja sen lisääminen korreloivat sekä voimatason että lihasmassan kehitykseen. (Mäennenä ym. 2019, 58–59.) Volyymien lisäämisen on todettu lisäävän ”time-under-tension” aikaa, kun muut harjoittelun muuttujat on pidetty muuttumattomina. Tämän on ehdotettu olevan tärkein tekijä anabolisten vaikutusten eli kudoksia rakentavien vaikutusten aikaansaamiseksi (Schoenfeld 2018,108; Kauranen 2014, 399). Lihasmassan lisääntymisen maksimoimiseksi on näyttöä siitä, että volyyymia pitäisi progressiivisesti nostaa tietyn harjoitusjakson aikana, jotta harjoittelun superkompensaatio periaate toteutuu (Schoenfeld 2010, 2864).

### 3.3 Frekvenssi

Harjoitusfrekvenssillä eli harjoitustiheydellä tarkoitetaan harjoituskertojen määrää jonain tietyssä ajanjaksona. Harjoittelufrekvenssiin vaikuttaa harjoitustausta, joka on keskeisin harjoittelutiheyteen vaikuttava tekijä. Lisäksi harjoittelufrekvenssiin vaikuttaa harjoituskausi, harjoittelun tavoite, harjoitusten sisältö ja intensiteetti sekä muut harjoitusaktiviteetit. Myös mahdollinen työn ja koulutuksen aiheuttama kuormitus on hyvä ottaa huomioon frekvenssiä mietittäessä. Jotta voimaharjoittelulla voidaan saavuttaa elimistöön adaptaatiomuutoksia, on harjoittelufrekvenssin oltava vähintään kolme kertaa viikossa aloittelijaa lukuun ottamatta. (Kauranen 2014, 474–476.) Suurempi harjoittelufrekvenssi aikaansaa myös suuremaan kokonaisvolyymien, joka saattaa vaikuttaa positiivisesti hypertrofiaan ja lihasvoiman lisääntymiseen. Yksilölliset

erot lihasvoimaharjoittelun reagoivuudessa vaikuttavat myös harjoittelun frekvenssiin. (Damas ym. 2018, 900.)

### 3.4 Voimaharjoittelun vaikutusmekanismit

Voimaharjoittelun vaikutusmekanismit voidaan jakaa hermojärjestelmän sopeutumiseen ja lihaskudoksen kasvuun. Ensimmäisten noin 8–10 viikon ajan suurin osa voiman lisäyksestä johtuu hermojärjestelmän mukautumisesta, jolloin lihaksen motoristen yksiköiden rekrytointi tehostuu ja niiden yhteistoiminta paranee. Tämä mahdollistaa suuremman lihassolujen määrän käytön liikkeen aikana parantaen voimantuottoa. (Sandström & Ahonen 2011, 126.)

Voimaharjoittelu aiheuttaa myös mukautumismuutoksia lihaskudokseen. Alkuvaiheen hermostollisen sopeutumisen jälkeen havaitaan lihassolujen läpimitan kasvua eli hypertrofiaa, mikä on verrannollinen lihassolun voiman kasvuun. Lihassolu ei pysty jakautumaan, joten uusia tumia pitää saada satelliittisoluilta, jotka ovat lihassolujen kantasoluja. Ne aktivoituvat lihassolujen vaurioituessa tai kuormittuessa, esimerkiksi voimaharjoittelun takia. Aktivoituneet kantasolut jakaantuvat, jonka jälkeen ne vaeltavat lihassolujen pinnalle ja sulautuvat niihin luovuttaen tumansa lihassolulle. Muutos on pysyvä, jolloin tumat säilyvät lihassolussa, vaikka voimaharjoittelu lopetettaisiin. Tämän avulla voimaharjoittelun uudelleen aloitettaessa voima lisääntyy nopeammin kuin henkilöillä, joilla ei ole aikaisempaa harjoittelutaustaa. (Sandström & Ahonen 2011, 126.) Eksentrisen lihasvoimaharjoittelun on todettu lisäävän lihasmassaa tehokkaammin verrattuna muihin lihastyömuotoihin. Se mahdollistaa suuremman maksimivoiman tuottokyvyn mahdollistaen suurempien harjoitteluvastusten käytön. (Kauranen 2019, 583.)

## 4 EKSENTRINEN LIHASTYÖ JA SEN HARJOITTAMINEN

Eksentrisellä lihastyöllä tarkoitetaan lihaksen supistumistapaa, jossa aktivoitunut lihas venyy (Sandström & Ahonen 2011, 123), kun voima joka lihakseen kohdistuu, ylittää sen oman voimatuottokyvyn (Hody ym. 2019, 1; Hessel ym. 2016, 1). Eksentrisen lihastyön aikana lihas tekee jarruttavaa negatiivista työtä (Sandström & Ahonen 2011, 123). Lihastyö voi tapahtua joko variokineettisesti, jolloin lihaksen pituuden muutosnopeus ja liikkuvan nivelen kulmanopeus muuttuvat tai isokineettisesti, jolloin edellä mainitut muuttujat ovat vakioita (Kauranen 2014, 219).

### 4.1 Eksentrisen harjoittelun vaikutusmekanismit

Konsentriseen ja isometriseen lihastyöhön verrattuna eksentrisen lihastyöllä on monia piirteitä vaikuttaen siihen, että se lisää lihasmassaa sekä voimaa tehokkaammin (Kauranen 2019, 219). Lihassolujen sarkomeerien titiinien uskotaan liittyvän energian varastointiin eksentrisen lihassupistuksen aikana. Titiinin jäykkyys lisääntyy lihaksen voimantuoton kasvaessa, joka saattaisi selittää kaksi eksentrisen lihassupistuksen ominaispiirrettä: suuremman voimantuoton sekä lihaksen pienemmän energiankulutuksen. (Hessel ym. 2016, 1.) Eksentrisen lihastyö tuottaa 40–50 % enemmän voimaa kuin konsentrisen lihastyö, vaikka aktiivisia motorisia yksiköitä on vähemmän (Sandström & Ahonen 2011, 123). Lisäksi verrattuna konsentriseen tai isometriseen lihastyöhön, eksentrisen lihastyö näyttää säätelevän lihassolun aktiviteettia ja anabolisia signaalintipolkuja enemmän (Hody ym. 2019, 7), lisäten esimerkiksi IGF-kasvuhormonin määrä (Wonders 2019, 997).

Eksentrisen harjoittelun on todettu lisäävän erityisesti tyypin 2 lihassolujen poikkipinta-alaa enemmän kuin tyypin 1. Tätä on selitetty tyypin 2 lihassolujen vähentyneellä oksidatiivisella kapasiteetilla, matalammalla kyvyllä säädellä kalsiumin homeostaasia sekä rakenteellisilla eroilla verrattuna tyypin 1 lihassoluihin. Vaikka kaikkia eksentrisen harjoittelun piirteitä ei vielä täysin



pystytä selittämään, on kuitenkin todettu, että eksentrisen lihassupistuksen neuraaliset mekanismit eroavat muista lihastyömuodoista. Eroja on havaittu niin lihastasolla kuin aivokuoren tasolla. Aivokuorella aktiivisuuden on todettu lisääntyvän. Useissa tutkimuksissa on havaittu matalampi EMG- amplitudilla maksimaalisen eksentrisen lihassupistuksen aikana verrattuna muiden lihastyömuotojen maksimaalisiin supistuksiin, jolla on vaikutusta eksentriseen koordinaatioon: esimerkiksi hienomotoriikka eksentrispainotteisissa tehtävissä on haastavampaa, kun motorisia yksiköitä on vähemmän käytössä. Lisäksi eksentrisen harjoittelu kuluttaa vähemmän happea, jolloin lihaksen energian kulutus on matalampi. (Hody ym. 2019, 3, 8.)

#### 4.2 Eksentrisen lihastyön riskitekijät ja vasta-aiheet

Eksentrisen lihastyö saa aikaan viivästynyttä lihaskipua (DOMS), jonka oireita ovat lihasjäykkyys, turvotus sekä kosketusarkuus (Hody ym. 2019, 6). Lisäksi eksentrisen lihastyön aikaansaama lihaskudosvaurio laskee nivelen liikeratoja niissä nivelissä, joiden yli lihas kulkee. (Kauranen 2014, 305). Lihaskudosvaurion on todettu vaikuttavan alenevasti voimantuottokykyyn sekä proprioseptiikkaan (Hody ym. 2019, 2), jolla viitataan aistimukseen, joka saadaan kehon sisältä (Kauranen 2014, 94). Vaikka viivästynyt lihaskipu on vaaratonta ja häviää muutaman päivän kuluessa, voi nämä epämiellyttävät tuntemukset vaikuttavat siihen, että ne lannistavat jatkamaan fyysistä aktiivisuutta. Toisaalta myös tulevien vammojen todennäköisyys kasvaa, jos DOMS:in aikana harjoitetaan hyvin intensiivistä liikuntaa. (Hody ym. 2019, 2). Viivästynyttä lihaskipua on yritetty vähentää cryoterapialla, venyttelyllä, elektroterapialla, manuaalisella käsittelyllä, ruokavalion ja lääkkeiden avulla, mutta niiden vaikuttavuudesta tarvitaan lisää tutkimuksia. DOMS:in esiintyvyyttä voi vähentää jatkuvalla progressiivisella eksentrisellä harjoittelulla, joka on selvästi osoitettu tutkimuksissa. (Hody ym. 2019, 13).

Eksentrisen lihastyö saa aikaan lihaksessa tulehdusreaktion (Hody ym. 2019, 13). Ne yksilöt, jotka erityisesti hyötyisivät lihasvoiman lisääntymisestä, ovat usein myös niitä, joilla on korkea herkkyys erilaisille tulehdustekijöille.

Tutkimustiedon lisääntyessä on kuitenkin näyttöä siitä, että eksentristä harjoittelua voidaan turvallisesti käyttää kuntoutuksessa kiinnittäen huomiota harjoittelun annostukseen, joka on yksi avaintekijä, jolla voidaan välttyä viivästyneeltä lihaskivulta. (LaStayo ym. 2014, 1426.) Lisäksi eksentrisen harjoittelu saattaa lisätä riskiä vammojen lisääntymiseen, erityisesti jos harjoituksia tehdään liian suurella vastuksella tai teknillisesti väärin. Eksentriset harjoitteet suoritetaan yleensä korkealla intensiteetillä, joka saattaa vaatia muiden ihmisten apua harjoittelussa. Lisäksi eksentristä harjoittelua on syytä välttää, mikäli on jokin akuutti vamma, johon liittyy voimakasta kipua. (Cretnik ym. 2022.)

#### 4.3 Kuntoutus eksentristä lihastyötä hyödyntäen

Eksentrisen harjoittelun kiinnostus kuntoutuksen parissa on kasvamassa sen suuren voimantuottokyvyn sekä vähäisen energiankulutuksen takia (Hessel ym. 2016). Suurempi voimantuotto mahdollistaa suuremman hypertrofisen vaikutuksen. (Kauranen 2019, 583). Lisäksi korkealla intensiteetillä suoritettavat eksentriset harjoitteet vaikuttavat edullisesti luun tiheyteen (Hessel ym. 2016). Vähäisen energiankulutuksen takia eksentrisen harjoittelu sopii erityisesti henkilöille, joilla on lihassairaus, heikentynyt lihasvoima tai aerobiset kestävyysominaisuudet ovat heikommat tai pidempään kestävä harjoittelu ei ole mahdollista (Hody ym. 2019, 12), esimerkiksi syöpäpotilaat (LaStayo ym. 2014, 1428). Eksentrisen harjoittelu tarjoaa suuren mekaanisen ärsykkeen suhteellisen matalalla metabolisella kustannuksella. Lisäksi sitä on suositeltu sen matalan kuormitustason takia ikääntyneille sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön sairauksista kärsiville että tyypin 2 diabetes tai TULE-vaivoista kärsiville (LaStayo ym. 2014, 1428).

Eksentrisen lihasvoimaharjoittelun on todettu olevan tehokas myös tendinopatioiden kuntoutuksessa, sillä se saa jännteessä aikaan muutoksia rakennetasolla, vaikuttaen edullisesti jänteen jäykkyyteen. Vaikka eksentrisen harjoittelu kuormittaa niin lihasta kuin jännettä, se ei kuitenkaan kehitä jänteen elastisia ominaisuuksia. (Mäennenä ym. 2019, 298.) Lisäksi eksentrisen

harjoittelun on todettu olevan tehokas ja turvallinen harjoittelumuoto ACL-ligamenttikorjausleikkauksen jälkeen. Tutkimuksissa on todettu parempia tuloksia niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä voiman ja suorituskyvyn osalta, kun eksentriset harjoitteet ovat olleet osana kuntoutusprotokollaa. (Hody ym. 2019, 10.)

Juoksu, äkilliset suunnanmuutokset sekä äkilliset voimakkaat venytykset ovat tyypillisiä reiden takaosan revähdysvamman aiheuttajia, jotka syntyvät liikkeen eksentrisen vaiheen aikana. Niiden kuntoutuksessa korostuu eksentrisen lihassupistuksen vahvistaminen, jolloin eksentrisen kuormituksen vaiheittaisessa lisäämisessä edetään pidemmille lihaspituuksille (Mäennenä 2019, 508–509, 514.) Eksentrisen ja pitkällä lihaspituudella tapahtuva voimaharjoittelu sopii myös reiden takaosien vammojen ennaltaehkäisyyn (Brunker 2015, 1242), jota hyödynnetään paljon urheilussa (Hody ym. 2019,10). Täten eksentristen harjoitteet ovat tärkeä osa kuntoutusta tai urheilijan harjoitteluohjelmaa. (Reiner-Marcello & Marcello, n.d.) Eksentrisen harjoittelun on todettu lisäävän lihasvoimaa myös vastakkaisessa raajassa, jolloin sen hyödyntäminen yhden raajan liikkeissä kuntouksessa saattaa parantaa myös loukatun puolen raajan toimintaa ilman sen suoraa harjoittamista (Hody ym. 2019, 11).

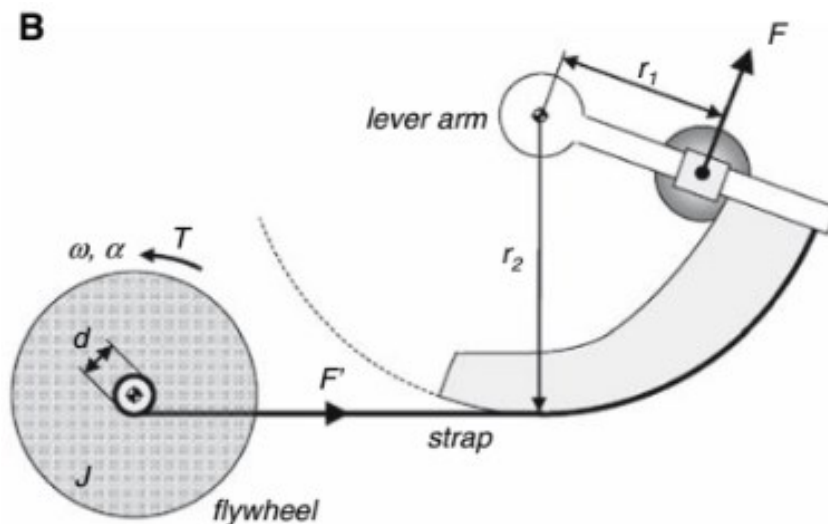
## 5 FLYWHEEL-HARJOITTELU

Flywheel-harjoittelu eli kineettinen harjoittelu tai isoinertiaharjoittelu (Vossen, n.d.) on painovoimasta riippumatonta lihasvoimaharjoittelua, jossa maan vetovoima korvautuu lihaksen nopeuden tuottavalla voimalla (Naczki ym. 2015, 192). Flywheelistä on tehty monia tutkimuksia liittyen sen vaikuttavuuteen voiman ja hypertrofian lisääntymisessä sekä vammojen ennaltaehkäisyssä. (Reiner-Marcello & Marcello, n.d.) Maraton- Izquierdon tekemän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen sekä meta-analyysin mukaan verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun flywheel-harjoittelu saa aikaan terveillä ja harjoittelevilla ihmisillä suuremman lisäyksen lihasvoimassa, lihasmassan lisääntymisessä sekä urheilijan suorituskyvyn kannalta olennaisissa tekijöissä, kuten hyppykorkeudessa (Wonder 2019, 996). Lisäksi eksentrisen vaiheen aikana lihaksen aktivaatio on suurempi verrattuna perinteiseen painoilla tehtävään harjoitteluun (Naczki ym. 2015, 194).

### 5.1 Flywheel-laitteen toimintamekanismi

Flywheel-harjoittelua toteutetaan laitteella, joka sisältää yhden tai useamman väkipyörän ja siihen kiinnitetyn pyörivän karan. Karassa on rullattu liikkuva kaapeli, jota vetämällä väkipyörä alkaa pyörimään ja pyörimisnopeus kiihtyy. (Petré, Wernstål & Mattsson 2018, 2.) Liikemäärämomentin ansiosta väkipyörä jatkaa pyörimistään myös suurempien nopeuksien aikana (Wonders 2019, 995). Konsentrisen lihastyön vaikutuksesta kineettistä energiaa siirtyy väkipyörään. Kun kaapeli on vedetty maksimaaliseen pituuteensa, pyörimisliikesuunta muuttuu ja kaapeli alkaa rullautua takaisin karaan. Tällöin kiihdytyksen aikana tuotettu inertia kohdistuu liikkeen eksentrisessä vaiheessa koetuksi vastukseksi. Mitä enemmän inertiaa, sitä enemmän voimaa tarvitaan nopeuttamaan voimapyörän pyörimistä ja täten myös hidastamaan eksentristä vaihetta. (Petré, Wernstål & Mattsson 2018, 2.) Flywheel-laitteen toimintamekanismia on havainnollistettu kuvassa 1.

Nopeus on yksi flywheel-harjoittelun avaintekijöistä (Wonders 2018, 995), sillä se määrää harjoittelussa syntyvän vastuksen. Täten yksi huomattava ero tavanomaiseen harjoitteluun verrattuna on, että flywheel-laitteella voidaan saada aikaan suuri vastus ilman suuria painoja. Lisäksi flywheel-harjoittelu mahdollistaa eksentrisen ylikuormituksen (eng. eccentric overload), jolla tarkoitetaan liikettä, jonka aikana tuotetaan enemmän voimaa kuin pystyttäisiin tuottamaan konsentrisesti (Vossen, n.d.) Harjoitteet, jotka hyödyntävät eksentristä ylikuormitusta, aktivoivat geenejä, jotka aikaansaavat proteiinisynteesin. Lisäksi lihasvoima kehittyy koko liikeradalla (Wonders 2019, 996), mikä voi auttaa kehittämään lihasvoimaa monipuolisemmin verrattuna perinteisimpiin harjoittelumuotoihin. Suuremmat voimantuotto mahdollisuudet eksentrisessä vaiheessa mahdollistavat intensiivisemmän ja tehokkaamman harjoittelun. (Vossen, n.d.)

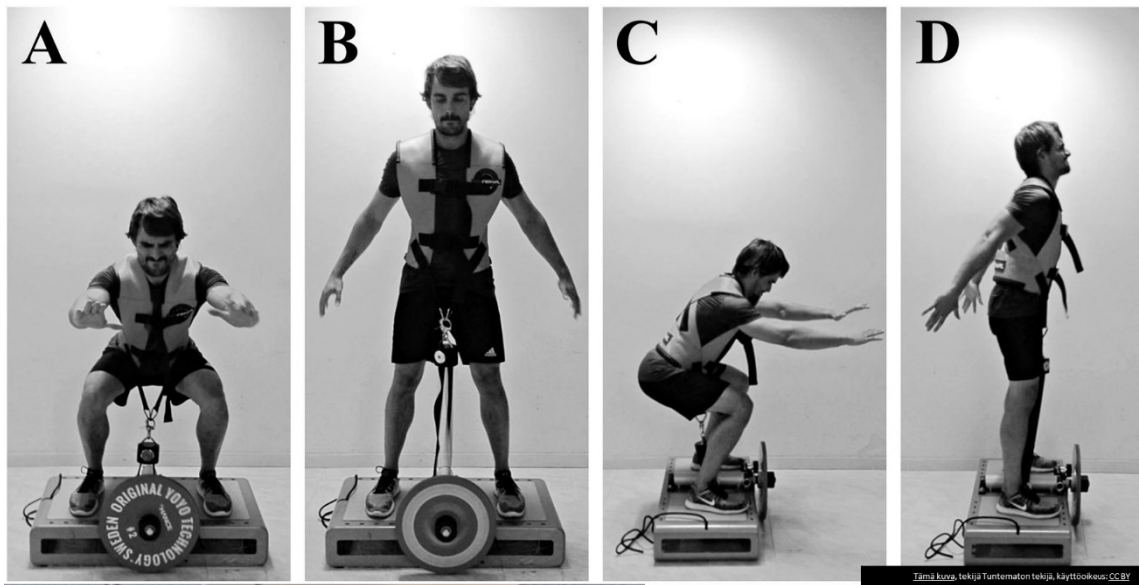


Kuva 1. Flywheel-laitteen suunniteltu mekanismi (Norrbrand ym, 2008, 274).

## 5.2 Flywheel-laitteet ja harjoitusmenetelmät

Esimerkiksi ITS ja YoYo ovat käyttäjäystävällisiä, mutta ne ovat rakennettu niin, että täysi liikerata tai tietyn liiketavan käyttö ei ole mahdollista. Näiden rajoitusten pohjalta on kehitetty ITMS, joka pyrkii vastaamaan edellä mainittuihin

heikkouksiin. (Naczk ym. 2017, 20). Flywheel-laitteita on yleensä saatavilla kahdessa erilaisessa mallissa: alusta, johon saa kiinnitettyä vauhtipyöriä tai kuution mallisia, joissa flywheel on suipon mallinen. Molemmat alustat toimivat pääasiassa kyykkyyh, mutta viimeisempi malli mahdollistaa myös koko vartalo liikkeitä sekä kiertosuuntaiset liikkeet, josta havainnollistava kuva (kuva 2) (Simplifaster, n.d.)



Kuva 2. Flywheel- laitteen käytön esimerkki (Tesch ym. 2004)



Kuva 3. Esimerkki flywheel- laitteesta (Adele Arvonen, 2023)

Flywheel- harjoittelun intensiteetti määräytyy inertialevyjien (jollainen näkyy kuvassa 3.) sekä laitteen mekaanisten ominaisuuksien perusteella (Maroto-Izquierdo ym. 2021, 2). Kun inertiaa lisätään, harjoittelu keskittyy enemmän

hypertrofiaan tähtäävään harjoitteluun. Kun inertiaa vähennetään ja nopeus suurenee, harjoittelu fokusoituu enemmän voimaharjoitteluun. (Wonder 2019, 998.) Muuttujat, jotka vaikuttavat harjoittelun intensiteettiin on inertia levyjen määrä sekä liikkeen konsentriseen vaiheeseen käytetty aika, ns. vetonopeus (esim. (konsentrisen, eksentrisen, ja näiden suhde). (Maroto- Izquierdo ym. 2021, 2.)

## 6 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA MENETELMÄT

### 6.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Tämä opinnäytetyö toteutettiin integroivana kirjallisuuskatsauksena, jonka tarkoituksena oli kartoittaa flywheel-menetelmän hyödynnettävyyttä TULE-vaivojen kuntoutuksessa kokoamalla yhteen tutkittua tietoa sekä arvioida jo olemassa olevaa tietoa. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa, miten kuntoutujat ja terapeutit ovat kokeneet flywheel-harjoittelun. Tavoitteena oli koota yhteen kriittisesti tarkasteltua tietoa flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa ja levittää tietoa alan ammattilaisille. Tämä voi auttaa lisäämään tietoisuutta flywheel-menetelmän käytöstä lisäten sen käyttöä kuntoutuksessa. Fysioterapian alalle tämä opinnäytetyö tuo uutta tietoa siitä, miten flywheel-harjoittelu soveltuu TULE-vaivojen kuntoutukseen, sillä aikaisempia tutkimuksia aiheesta ei suomen kielellä vielä ole.

### 6.2 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Minkälaista näyttöä on flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa?
- Mitä kokemuksia on kuntoutujilla ja terapeuteilla flywheel-menetelmästä TULE-vaivojen kuntoutuksessa?

Ennen tutkimuskysymysten muodostusta tehtiin alustavia kirjallisuushakuja hoito- ja terveysalantietokantoihin saadaksemme käsityksen olemassa olevan kirjallisuudesta (Niela-Vilén & Hamari 2015, 25). Tutkimuskysymysten muotoilussa hyödynnettiin PCC-menetelmää sekä PICO-menetelmää tutkimuskysymyksen luonteen mukaan. Yksi tutkimuskysymyksistä oli luonteeltaan kartoittava haku, joten tutkimuskysymyksen asetteluun valittiin laajalaisempi lähestymistapa hyödyntäen PCC-menetelmää (taulukko 1). Toinen



tutkimuskysymyksistä oli luonteeltaan laadullinen, joten tutkimuskysymyksen asettelussa hyödynnettiin PICO-menetelmää (taulukko 2). Alla olevista taulukoista on nähtävillä, miten tutkimuskysymykset muodostuivat. (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.)

Taulukko 1 Kartoittava haku: Tutkimuskysymys: Minkälaista näyttöä on flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa?

<b>P</b>	Potilasryhmä	TULE-asiakkaat
<b>C</b>	Käsite	Flywheel-harjoittelu
<b>C</b>	Konteksti	TULE-vaivojen kuntoutus

Taulukko 2 Laadullinen tutkimusasetelma: Tutkimuskysymys: Mitä kokemuksia on kuntoutujilla ja terapeuteilla flywheel-menetelmästä TULE- vaivojen kuntoutuksessa?

<b>P</b>	Potilasryhmä	TULE- asiakkaat
<b>I</b>	Mielenkiinnon kohde	Kokemus flywheel-harjoittelusta
<b>Co</b>	Konteksti	TULE- vaivojen kuntoutus

### 6.3 Integroiva kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

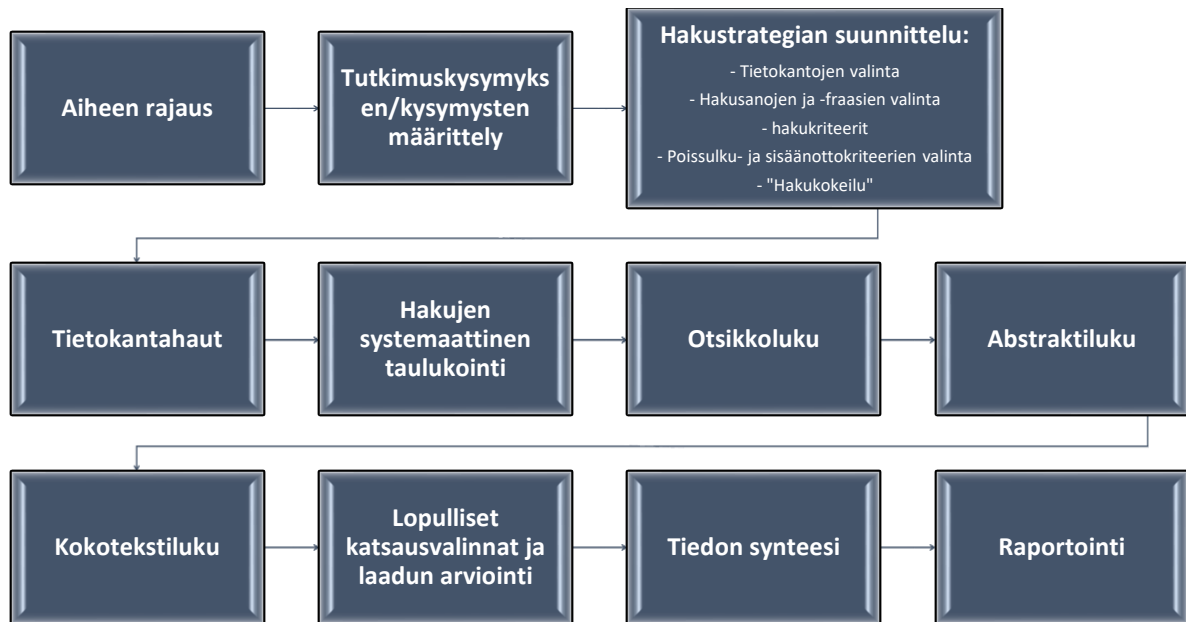
Integroiva kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tuottaa aiheesta uutta tietoa (Suhonen ym. 2016, 13) sekä pyrkiä ilmiön mahdollisimman laaja-alaiseen kuvaamiseen (Salminen 2011, 6.). Integroiva kirjallisuuskatsaus on laajin katsaustyyppi, joka voi sisältää niin empiiristä kuin teoreettista kirjallisuutta (Suhonen ym. 2016, 13) mahdollistaen erilaisten tutkimusasetelmien käytön aineiston keruussa (Oermann & Knafel 2021,1). Tämä onkin integroivan

kirjallisuuskatsauksen keskeisin piirre: erilaisten tutkimusasetelmin tuotettujen tulosten synteesi eli löydöksistä ja johtopäätöksistä luodaan yhtenäinen kokonaisuus tuottaen laaja ja syvä ymmärrys tutkimuksen kohteena olevasta aiheesta (Suhonen ym. 2016, 13). Lisäksi kirjallisuuden objektiivinen analysointi auttaa ymmärtämään tieteen nykytilaa, sillä se auttaa tunnistamaan aukkoja kirjallisuudessa, joiden perusteella voidaan määrittää tulevaisuuden tutkimustarpeita (Oermann & Knafel 2021, 1). Haasteena integroivassa kirjallisuuskatsauksessa on, että menetelmät erilaisten tutkimusten löydösten yhdistämiseen ovat moninaiset (Suhonen ym. 2016, 13).

Integroiva kirjallisuuskatsaus on luonteeltaan prosessimainen (Suhonen ym. 2016, 13) sisältäen seuraavat viisi vaihetta: kirjallisuuskatsauksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen, kirjallisuushaku ja aineiston keruu, aineiston laadun arviointi, aineiston analysointi ja synteesi sekä tulosten raportointi (Niela-Vilén & Hamari 2015, 23). Opinnäytetyössä edettiin näiden vaiheiden mukaisesti sekä yleisesti systemoidun kirjallisuuskatsauksen prosessin vaiheita mukaillen, jotka on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 1).

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valikoitui integroiva kirjallisuuskatsaus, sillä flywheel-harjoittelun käyttöä kuntoutuksessa haluttiin tutkia mahdollisimman laaja-alaisesti. Lisäksi integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan tuottaa kattava yhteenveto tutkimusaiheesta auttaen luomaan uutta tietoa flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa. Integroivaan kirjallisuuskatsaukseen voimme lisäksi sisällyttää tieteellisiä artikkeleita tai muita asiantuntijalähteitä mahdollistaen rikkaamman ja monipuolisemman aineiston, sillä flywheel-menetelmää ei kuitenkaan ole tutkittu vielä kovin paljon.

Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet (mukaillen Salakari, 2020).



## 7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

### 7.1 Aineiston kerääminen

Opinnäytetyön tutkimussuunnitelma esitettiin ja hyväksyttiin tammikuussa 2023. Ennen aineiston keräämistä päätettiin tutkimuskysymysten pohjalta sisäänotto- sekä poissulkukriteerit, valittiin relevantit terveys- ja hoitoalan tietokannat, hakutermit ja hakulausekkeet hyödyntäen Boolean operaattoria (Turku AMK 2022) sekä hakusanojen katkaisua. Aineiston keräämisen helpottamiseksi ja prosessin havainnollistamiseksi luotiin tiedonhakutaulukko ja sen tulokset (kuvio 2). Tämän jälkeen aloitettiin aineiston kerääminen helmikuussa 2023.

#### 7.1.1 Sisäänottokriteerit

Selkeästi määritellyt sisään- ja poissulkukriteerit helpottavat opinnäytetyön kannalta tarkoituksenmukaisen aineiston löytämistä vähentäen virheellisen kirjallisuuskatsauksen muodostumista. Lisäksi ne varmistavat, että opinnäytetyö pysyy suunnitellussa fokuksessaan. (Niela- Vilén & Hamari 2015, 26.) Toteutetun tiedonhaun perusteella mukaan valikoitujen tutkimusten oli edellytys täyttää määritellyt sisäänottokriteerit. Tämän avulla varmistettiin, että ne vastaavat asetettuihin tutkimuskysymyksiin virheellisten päätelmien välttämiseksi sekä katsauksen tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Kriteerit luotiin opinnäytetyöntekijöiden toimesta.

Aineiston kielen rajasimme englantiin ja suomeen tekijöiden kielitaidon mukaan. Yksi sisäänottokriteeri oli aineiston maksuttomuus, joka lisää tutkimuksen luotettavuutta mahdollistaen, että prosessi olisi jokaisen lukijan toistettavissa. Mukaan päätimme sisällyttää tutkimukset, joissa intervention pituus oli vähintään kahdeksan viikkoa, sillä lihasvoiman voidaan olettaa kasvavan harjoittelun kestänyt vähintään 5–8 viikkoa (Beato & Iacono 2020, 2). Tätä ennen tapahtuva progressio ja kehittyminen lihasvoimaharjoittelussa selittyy pääosin hermostollisesta kehityksestä sekä hermoston kyvystä aktivoitua paremmin

motorisia yksiköitä käyttöön. Sisäänottokriteerinä oli lisäksi, että tutkimus on tehty ihmisillä, jotta kirjallisuuskatsauksen tulokset olisivat mahdollisimman hyvin verrattavissa fysioterapeuttien pääasialliseen asiakaskuntaan. Opinnäytetyöhön valikoitujen tutkimusten tutkimusinterventio tulee myös pohjautua flywheel-harjoittelua hyödyntävään menetelmään, sillä sitä hyödyntäviä laitteita on useita. Lisäksi mukaan hyväksyttiin aineisto, joka keskittyy TULE-vaivoihin opinnäytetyön aiheajauksen mukaisesti. Tutkimuksen ulkopuolelle jäivät tutkimukset, jotka ovat julkaistu ennen vuotta 2017, sillä flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä fysioterapiassa on tehty systemaattinen kirjallisuuskatsaus vuonna 2018, jolloin halusimme hyödyntää tämän jälkeen julkaistua aineistoa. Vuonna 2023 julkaistuja aineistoja ei sisällytetä mukaan, sillä tämä opinnäytetyö julkaistaan samana vuonna, joten emme voi tietää, jos loppuvuoden aikana julkaistaan vielä flywheel-harjoitteluun liittyviä tutkimuksia. Lisäksi tutkimukseen valikoitujen aineistojen on noudatettava hyvää tieteellistä käytäntöä. Käytetyt sisäänotto- ja poissulkukriteerit ovat nähtävissä myös tiivistettynä alla olevasta taulukosta (taulukko 3).

Taulukko 3. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

<b>Sisäänottokriteerit</b>	<b>Poissulkukriteerit</b>
Aineisto on saatavilla kielillä englanti tai suomi	Aineisto ei ole saatavilla kielillä englanti tai suomi
Aineisto on saatavilla koko tekstinä ilmaiseksi	Aineisto ei ole saatavilla maksuttomana koko tekstinä
Tutkimuksen interventio on oltava kestoltaan vähintään kahdeksan viikkoa	Tutkimuksen interventio on kestoltaan alle kahdeksan viikkoa
Tutkimus on tehty ihmisillä	Tutkimus on tehty muulla kuin ihmisillä
Tutkimusinterventio pohjautuu vauhtipyörää hyödyntävään menetelmään	Tutkimusinterventio ei pohjautu vauhtipyörää hyödyntävään menetelmään
Tutkimus keskittyy tule-vaivoihin	Tutkimus ei keskity tule-vaivoihin
Aineisto on julkaistu vuosien 2017–2022 välillä	Aineisto on julkaistu ennen vuotta 2017 tai vuoden 2022 jälkeen
Tutkimuksessa on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä	Tutkimuksessa ei ole noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä

### 7.1.2 Hakulausekkeet

Hakustrategian luominen on olennainen osa kirjallisuuskatsauksen vaiheita. Lisäksi sen merkitys korostuu myös tutkimuksen luotettavuuden kannalta, sillä hakuprosessin aikana tehdyt virheet saattavat johtaa vääristyneisiin johtopäätöksiin (Niela- Vilén & Hamari 2015, 25). Hakuprosessin esiintuonnilla saadaan havainnollistettua kirjallisuuskatsauksessa käytettyjä hakumenetelmiä sekä selkeytettyä hakuprosessia. Ennen tiedonhaun aloittamista suunniteltiin ja valittiin hakutermit tiedonhaun toteuttamiseksi kokeillen eri vaihtoehtoja, jotta saatiin mahdollisimman hyvä osuma.

Hakulausekkeet muodostettiin englanniksi, sillä aineisto haluttiin englannin kielellä opinnäytetyön sisäänottokriteerien mukaisesti. Hakutermeinä tietokannoissa käytettiin “flywheel”, “eccentric training”, “isoinertial training”, “inertial training” ja “rehabilitation”. Tarvittaessa hyödynnettiin näiden sanojen yhdistelmiä tai etsittiin hakutermeillä yksitellen riippuen tietokannasta. Hakulausekkeen muotoilussa käytettiin Boolean operaattoria sekä hakusanojen katkaisua. Esimerkiksi PEDRO:ssa jätettiin eccentric training pois, sillä siellä ei pystynyt hakemaan koko hakulausekettä kerrallaan. Lisäksi PEDRO ei tunnistanut Boolean operaattoria. Muista tietokannoista poiketen Cinahlin hakua tehdessä, full text rajaus otettiin pois tietokannan ohjeiden mukaisesti. Ohjeen mukaan rajausta koko tekstiin ei Cinahlissa kannata tehdä, koska hakutulokseen tulee usein artikkeleita, jotka saattavat avautua jostain muusta toisesta Turun AMK:n tietokannasta. Cinahlin kaikki hakutulokset käytiin läpi otsikko tasolla ja varmistamalla Check Link Resolverista, että koko tekstiä ei ollut saatavilla Turun AMK Finnan kautta. MeSH- asiasanastoa ei tämän opinnäytetyön hakustrategiassa hyödynnetty, sillä MeSH- haulla ei löytynyt aiheeseemme sopivia asiasanoja.

Tiedonhaussa käytetyt hakulausekkeet, ajankohta ja saadut tulokset kirjattiin taulukkoon tietokannoittain eriteltynä (liite 1). Taulukosta on nähtävillä myös tiedonhakuprosessin tulos. Lisäksi taulukkoon kirjattiin myös hakuvaiheessa

tehdyt rajaukset, jotta tiedonhaku olisi toistettavissa tarvittaessa tutkijoiden tai muiden toimesta tai siihen palaaminen myöhemmin onnistuu.

### 7.1.3 Kirjallisuushaut

Hakuprosessi on katsauksen luotettavuuden kannalta keskeisin vaihe (Niela-Vilén & Hamari 2015, 25), joka vaikuttaa katsauksen luotettavuuteen ja objektiivisuuteen. Aineistonkeruu suoritettiin seuraaviin hoitotyön ja terveysalan tietokantoihin: PubMed, PEDro, Cinahl Complete, Science Direct, sekä ResearchGate. Lisäksi aineistonkeruussa hyödynnettiin manuaalista hakua, sillä sähköisissä tietokannoissa tehtävä haku ei välttämättä tavoita kaikkia tutkimuksia, jotka saattaisivat opinnäytetyön kannalta olla relevantteja (Niela-Vilén & Hamari 2015, 25). Lisäksi aineistonkeruussa hyödynnettiin kirjallisuutta, kirjaston e-aineistoja, tieteellisiä tutkimuksia sekä tutkimusartikkeleita.

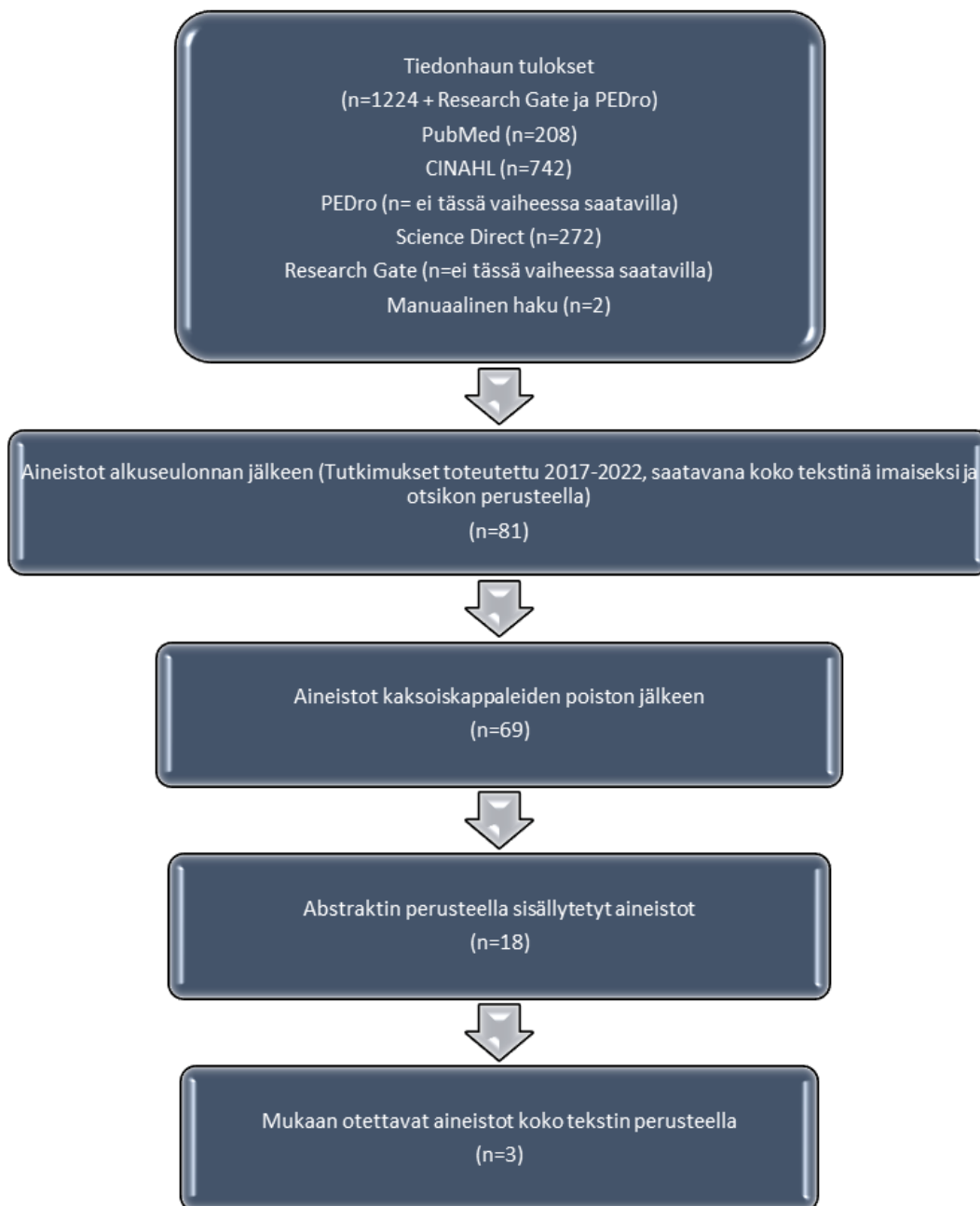
Tiedonhaun helpottamiseksi tehtiin tiedonhakutaulukko, joka löytyy kokonaisuudessaan liitteistä (liite 1.). Tähän kirjattiin muun muassa jokainen tietokanta, päivämäärä, jolloin tiedonhaku tehtiin, mitä hakulausekkeita tietokannassa käytettiin sekä tulokset jokaisesta tietokannasta. Alla olevassa kuviossa (kuvio 2.) on havainnollistettuna tiedonhaun prosessi. Siinä on nähtävillä jokaisesta tietokannasta saatujen tutkimusten määrä, sekä poissuljettujen tutkimusten lukumäärä. Otsikoiden perusteella tutkimukseen valikoitui 81 tutkimusta. Tiedonhaku vaiheessa valikoitiin otsikoiden perusteella myös ne kaikki tutkimukset, joissa oli hyödynnetty eksentristä lihastyötä, sillä haluttiin varmuus siitä, ettei interventiomenetelmänä käytetty mitään inertiapohjaista kuormitusta hyödyntävää menetelmää. Tämän jälkeen poistettiin kaksoiskappaleet, jonka jälkeen tutkimuksia jäi 69 kpl. Tämän jälkeen jäljelle jääneet aineistot käytiin läpi abstraktitasolla, jonka jälkeen tutkimuksia jäi 18 kpl. Nämä 18 tutkimusta luettiin kokonaan peilaten sisältöä sisäänottokriteereihin, jolla varmistettiin, että lopulliseen analyysin päätyvät tutkimukset vastaavat asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Lopulta lopulliseen analyysiin jäi 3 tutkimusta. Meta- analyysit ja katsaukset päädyttiin jättämään pois, sillä osassa oli

hyödynnetty 4 viikon interventio jaksoja, joka ei ollut sisäänottokriteeriemme mukainen.

Tutkimusten valintaprosessi tehtiin kahden tutkijan voimin kirjallisuuskatsauksen luotettavuuden lisäämiseksi sekä virheiden ja harhariskien minimoimiseksi. Otsikko- abstrakti- ja kokotekstitasolla aineistojen poisjättäminen tehtiin yhteisymmärryksessä keskustellen toisen tutkijan kanssa.



Kuvio 2. Tiedonhakuprosessi ja sen tulokset.



## 7.2 Tutkimusten laadun arviointi

Tutkimusten laadunarviointi auttaa arvioimaan tutkimuksen luotettavuutta, validiteettia sekä julkaistun työn tuloksia (JBI n.d.) Tavoitteena on täten vähentää harhan riskiä (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.). Laadunarviointi suoritettiin yhdessä parin kanssa yhteisen ajan puutteen vuoksi. Emme etukäteen valinneet pisterajaa laadulliselle tutkimukselle, koska flywheel-menetelmää on vielä tutkittu suhteellisen vähän, niin emme halunneet hylätä sellaisia tutkimuksia, jotka saattaisivat olla merkityksellisiä meidän opinnäytetyömme kannalta. Saattaa olla, että heikkolaatuisiksi osoittautunut tutkimus edustaa parhainta olevilla saatavaa tietoa (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.).

Tutkimusten laadunarviointi suoritettiin huhtikuun 2023 aikana hyödyntäen Joanna Briggs Institute:n (JBI n.d.) tutkimusten arviointikriteeristöjä (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.). Joanna Briggs Instituutti on kansainvälinen tutkimus- ja kehittämisorganisaatio, joka edistää näyttöön perustuvaa hoitokäytäntöä ja terveydenhuollon laatua (JBI n.d.) Aineistojen laadunarviointi aloitettiin perehtymällä tutkimuksiin ja valitsemalla laadunarviointikriteerit kyseiselle tutkimusasetelmalle tunnusomaisten kriteerien mukaan (Niela- Vilén & Hamari 2015, 28.) Kaksi lopulliseen analyysiin valikoituneista tutkimuksista olivat RCT-tutkimuksia, joten näiden laadunarvioinnissa käytettiin ”JBI: Kriittisen arvioinnin tarkistuslista satunnaistetulle kontrolloidulle tutkimukselle”. Yksi tutkimuksista oli kvasikokeellinen tutkimus, joten tutkimukselle suoritettiin ”JBI: Kriittisen arvioinnin tarkistuslista kvasikokeelliselle tutkimukselle”. (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.)

Yhden kirjallisuuskatsaukseen mukaan otetun tutkimuksen kohdalla laadunanalyysissä heikentävänä tekijänä oli sokkouttamisen puute. Kuitenkin kyseisessä tutkimusasetelmassa sokkouttaminen ei ollut mahdollista, sillä tuloksia verrattiin saman henkilön terveeseen alaraajaan (Henderson ym. 2022, 2). Lisäksi osa tarkistuslistan kohdista olivat sellaisia, jotka eivät olleet sovellettavissa arvioinnin kohteena olevaan tutkimukseen. Tällöin tarkistuslistan kohdalle on merkitty N/A, joka on otettu huomioon laadunarvioinnin kokonaispistemäärässä (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.). Mitään tutkimusta ei

suljettu pois laadunarvioinnin perusteella. Alla olevassa kuvassa esimerkki yhdelle tutkimukselle suoritetusta laadunarvioinnista (kuva 4). Kaikkien kolmen aineiston laadunarviointilistat ovat esitetty Liitteet- osiossa (liite 2).

Opinnäytetyöhön hyväksytyistä alkuperäisaineistoista kaksi olivat saaneet eettisen arvioinnin hyväksynnän, joka vaikuttaa näihin tutkimuksiin niiden laatua nostavasti (Ruffino ym. 2021; Belavý ym. 2017). Henderson ym. tutkimuksessa ei ollut mainintaa eettisen arvioinnin hyväksynnästä, vaikuttaen heikentävästi tämän työn laadunarviointiin (Henderson ym. 2022).



29.11.2018

**JBI: Arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle**

Tätä tarkistuslistaa käytetään kvasikokeellisen tutkimuksen metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 9 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija Arvonen Adele & Koski Elisa Päiväys 16.4.2023Tekijä(t) Henderson, F; Konishi, Y; Shima, N. & Shigemochi, Y. Vuosi 2022 Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Ilmaistiinko tutkimuksessa selvästi mikä on syy ja mikä seuraus (ei ole epäselvyyttä siitä, kumpi muuttuja esiintyi ajallisesti ensin)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Onko vertailussa mukana olleet ryhmät samankaltaisia tutkittavien osalta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko vertailussa mukana olevien tutkittavien hoito yhdenmukainen muilta osin kuin altistumisen tai intervention osalta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Onko tutkimuksessa kontrolliryhmä?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mitattiinko tuloksia ennen interventiota /altistumista ja sen jälkeen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, niin kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Mitattiinko tulokset samalla tavalla kaikissa vertailuissa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Mitattiinko tulokset luotettavasti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan 

Kommenteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---



---

Kuva 4. Esimerkki täytetystä kvasikokeellisen tutkimuksen laadunarvioinnista JBI:n kriteereitä hyödyntäen (JBI n.d.).

### 7.3 Tutkimusten esittely

Ensimmäinen analyysin vaihe on kuvata tutkimusten sisältöä (Niela-Vilén & Hamari 2015, 30). Opinnäytetyöhön valikoituneet tutkimukset avattiin tarkemmin tutkimusten tiivistelmätaulukkoon (taulukko 4), mikä kokoaa yhteen tutkimusten päätietoja. Tutkimukseen sisällytettiin kaksi satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta eli RCT- tutkimusta (Belavý ym. 2017; Ruffino ym. 2021, 31) ja yksi kvasikokeellinen tutkimus (Hendersson ym. 2022). Julkaisuvuodet sijoittuvat välille 2017–2022. Tutkimuksista esiteltiin tutkijaryhmä, julkaisuajankohta, käytetty interventio, koeryhmä sekä mahdollinen verrokkiryhmä, tutkimuksen laadun arvioinnin pisteet sekä oleelliset tutkimustulokset opinnäytetyön tavoitteiden ja tarkoituksen näkökulmasta. Intervention kohteena olevasta ryhmästä tarkennettiin vielä mahdolliset erityispiirteet, otannan koko sekä ikähaarukka.

Tutkimukset ovat julkaistu Saksassa (Belavý ym. 2017), Japanissa (Hendersson ym. 2022,1) ja Argentiinassa (Ruffino ym. 2021, 31). Interventiot olivat kestoiltaan 8–12 viikkoa sekä yhdessä tutkimuksessa (Belavý ym. 2017) harjoittelun vaikutuksia tutkittiin vielä vuoden seurannassa. Yhteensä tutkimuksissa oli tutkittavia kaiken kaikkiaan 78 ja joista suurin osa oli miehiä  $n=69$  (88 %). Tutkimuksiin osallistuneiden keskiarvon ikähaarukka oli 19–40-vuotta. RCT-tutkimuksiin osallistujat valittiin tarkoin kriteerein. Molemmat RCT-tutkimukset tehtiin urheilijoilla, joilla oli jotain polvivaivaa: toinen tutkimus keskittyi patellajänteen tendinopatiaan (Ruffino ym. 2021, 31) ja toinen ACL-leikkaukseen jälkeiseen reiden etuosan voimantuoton heikkouteen (Hendersson ym. 2022, 1). Interventioiden toteutus ja intensiteetti olivat heterogeenisiä, joiden tarkempi kuvaus löytyy taulukosta 4. Yhdessä tutkimuksessa ei ollut verrokkiryhmää lainkaan, vaan tuloksia verrattiin tutkimukseen osallistuneiden terveen puoleen alaraajaan (Hendersson ym. 2022). Toisessa tutkimuksessa tuloksia verrattiin heavy slow resistance-harjoitteluryhmään (HSR) (Ruffino ym. 2021, 31), ja toisessa kontrolliryhmä ei harjoittelut lainkaan (Belavý ym. 2017, 2).

Tutkimuksissa mitattiin muun muassa lihasvoimaa ja -kestävyyttä, voiman tuoton nopeutta, toimintakykyä, kipua sekä lihaskatoa erilaisten mittauskeinojen ja kyselyiden avulla. Toiminnallisiin testeihin kuului esimerkiksi molemmissa RCT-tutkimuksissa kevennetty hyppy ja toiseen (Ruffino ym. 2021, 32) kolmiloikka. Lihasvoiman mittaukseen käytettiin muun muassa maksimitoistoja sekä maksimaalista tahdonalaista isometristä supistusvoimaa. Kvanttamista hyödynnettiin kahdessa tutkimuksessa. Tutkimuksessa, jossa tutkittiin flywheel-harjoittelun vaikutusta sänkylevon aikana, lihasten kokoa kuvattiin magneettikuvan avulla (Belavý ym. 2017, 2), kun taas toisessa tutkimuksessa patellan jänteen paksuutta kuvattiin ultraäänellä (Ruffino ym. 2021, 31). Lisäksi yhdessä kolmesta tutkimuksesta, jossa tutkittiin flywheel-harjoittelun ja HSR-harjoittelun eroja kivun lievittämisessä pitkään jatkuneessa patellanjänteen tendinopatiassa, käytettiin subjektiivista kyselylomakkeita (VISA-P) selvittämään koettua kipua sekä toimintakykyä (Ruffino ym. 2021, 31).

Tutkimuksista poisjättäytymistä raportoitiin tutkimuksissa hyvin vähän. Ruffino ym. tutkimuksessa yksi osallistuja lopetti perhesyiden takia (Ruffino ym. 2021, 34) ja Belavý ym. tutkimuksessa yksi tutkittava lopetti 7 viikon vuodelevon jälkeen polvivamman takia (Belavý ym. 2017, 3).

Taulukko 44. Tutkimusten tiivistelmät.

Tutkimuksen nimi ja taso	Tutkimuksen tekijä(t)  julkaisu vuosi, julkaisu maa	Tutkimuksen tarkoitus/tavoite	Metodologiset lähtökohdat (mm. Koeryhmä, Käytetty interventio, mahdollinen verrokkiryhmä jne.)	Keskeiset tulokset  Laadunarvioinnin pisteet
<p>High-intensity flywheel exercise and recovery of atrophy after 90 days bed rest</p> <p>Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (RCT)</p>	<p>Belavy, D; Ohshima, H; Rittweger, J. &amp; Felsenberg, D.</p> <p>2017, Saksa</p>	<p>Tavoitteena tutkia eroja lihaskadossa 90-päivän sänkylevon jälkeen, sekä miten korkean intensiteetin konsentrisen- eksentrisen vastus harjoittelu (Flywheel) vaikuttaa vastakeinona lihaskatoon. Tutkimuksessa tutkittiin lisäksi lihasten palautumista vuoden sisällä 90-päivän sänkylevon päättymisen jälkeen.</p>	<p>Koeryhmänä 25 tervettä miestä, jotka jaettiin kahteen ryhmään.</p> <p>Interventiona 90 päivää pääalaspäin tilitissä sänkylepoa.</p> <p>Interventioryhmä (n=9) suoritti joka kolmas päivä flywheel-harjoittelua sänkylevon aikana, kun taas kontrolliryhmään kuuluvat (n=16) olivat inaktiivisia.</p> <p>Tutkimukseen osallistuneiden iän keskiarvo flywheel ryhmässä: 31</p> <p>Tutkimukseen osallistuneiden iän keskiarvo inaktiivisessa ryhmässä: 32,5.</p> <p>Tutkittavien alaraajan lihasmassa mitattiin magneettikuvauksella kerran ennen sänkylepoa, kaksi kertaa sänkylevon aikana ja neljä kertaa vuoden sisällä sänkylevon päättymisen jälkeen.</p> <p>Toiminnallista suoriutumista arvioitiin kevennetyn hyppy testin avulla.</p>	<p>Vähällä käytöllä lihaskatoa ilmenee nopeiten säären lihaksistossa (etenkin soleuksessa ja gastrocnemius medialisissa), sitten reiden alueen lihaksistossa (vastus medialis ja lateralis, biceps femoriksen pitkäpää) ja lonkan alueella (quadratus femoris).</p> <p>Flywheel- harjoittelu vähensi lihaskatoa polven, lonkan ja nilkan ekstensoreissa, mutta ei vaikuttanut hamstringeihin eikä reiden keskiosan lihaksiin.</p> <p>Yhdeksänkymmenen päivän sänkylevon loppumisen jälkeen huomattiin lihasmassan palautumista joillain lihaksilla inaktiivisilla kontrolliryhmän osallistujilla. Lihasmassa oli tällöin suurempi kuin ennen vuodelepoa.</p> <p>Laadunarvioinnin pisteet: 9/ 13p</p>
<p>Effects of 8-Week Exhausting Deep Knee Flexion Flywheel Training on Persistent Quadriceps Weakness in Well-Trained Athletes Following Anterior</p>	<p>Henderson, F; Konishi, Y; Shima N. &amp; Shimokochi, Y.</p> <p>2022, Japani</p>	<p>Tavoitteena tutkia miten uupumukseen asti viety yksi sarja bulgarian split squat-harjoitetta vaikuttaa ACL-ligamentin leikatussa alaraajassa voimantuoton nopeuteen, isometriseen maksimivoimaan ja motoristen yksiköiden syttymiseen.</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 11 urheilijaa (8 naista, 3 miestä), jolla oli leikattu ACL- ligamentti vähintään 6kk aikaisemmin. Lisäksi he olivat suorittaneet kuntoutuksensa loppuun ja saaneet lääkärin hyväksynnän rajoittamattomaan urheilun harrastamiseen.</p> <p>Tutkimukseen osallistuneiden iän keskiarvo: 20.8</p>	<p>Yksi sarja Bulgarian split- harjoitetta flywheel-laitteella kaksi kertaa viikossa suoritettuna 8 viikon ajan urheilijan oman harjoitteluohjelman lisäksi on ilmeisesti riittävä lisäämään reiden etuosan voimantuottoa ACL- leikatulla urheilijoilla, etenkin niillä, joilla voimantuotto on heikompaa.</p>

<p>Cruciate Ligament Reconstruction</p> <p>Kvasikokeellinen tutkimus</p>			<p>Tutkittavat suorittavat yhden sarjan Bulgarian split-harjoitetta leikatulla alaraajalla liikelaajuudella ROM 100-60 astetta uupumukseen asti flywheel-laitteella. Harjoittelu kesti kahdeksan viikkoa ja harjoitetta tehtiin kaksi kertaa viikossa ainoastaan leikatulla alaraajalla. Harjoittelussa edettiin progressiivisesti.</p> <p>Tehdyt mittaukset: Tutkittavien voimantuoton nopeus (0-50 ms ja 0-150 ms), maksimaalinen isometrinen supistusvoima ja motoristen yksiköiden syttymistä CAR-muuttujan avulla (Central Activation Ratio).</p>	<p>Laadunarvioinnin pisteet: 8/9p</p>
<p>Inertial flywheel vs heavy slow resistance training among athletes with patellar tendinopathy: A randomised trial.</p> <p>Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (RCT)</p>	<p>Ruffino, D; Malliaras, P; Marchegiani, S. &amp; Campana, V. 2021</p> <p>Etelä-Amerikka, Argentiina</p>	<p>Tavoitteena verrata eroja flywheel-harjoittelun ja heavy slow resistance-harjoittelun välillä kivun vähenemisessä ja suorituskyvyn parantumisessa 12 viikon ajan pitkäänjatkuneessa patellajänteen tendinopatiassa</p> <p>Sekundaarisena tavoitteena oli arvioida ja vertailla eroja ryhmien välillä aktiivisuuden rajoittumisessa, terveydentilassa, harjoittelun tehokkuudessa, sitoutumisessa harjoitteluun, haitallisten tapahtumien synnyssä, kipuprovoakaatiotesteissä, alaraajojen lihasvoimassa, voimassa ja patellajänteen paksuudessa.</p>	<p>42 osallistujaa (1 nainen, 41 miestä), jotka kaikki harrastivat urheilulajia, jossa suurikuormitus patellan jänteeseen. Kaikilla osallistujilla kipua patellan jänteen etuosassa, mikä provosoituu aktiiviteeteista, joissa patellan jänteeseen kohdistuu suuri kuormaa. Nämä jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään; flywheel- harjoitteluun (n= 21) ja heavy slow resistance- ryhmään (n=21).</p> <p>Tutkimukseen osallistuneiden iän keskiarvo flywheel-ryhmässä: 27,5</p> <p>Tutkimukseen osallistuneiden iän keskiarvo heavy slow resistance-ryhmässä: 31.7</p> <p>Molemmat ryhmät harjoittelivat kolme kertaa viikossa 12 viikon ajan. He saivat myös suorittaa muita urheilusuorituksia intervention aikana, jos nämä kyettiin suorittamaan minimaalisella kivulla.</p> <p>Heavy slow resistance-ryhmä suoritti kolme harjoitetta: kyykky, jalkaprässi ja hack-kyykky. Viikkojen aikana vähennettiin toistoja ja lisättiin intensiteettiä.</p> <p>Flywheel-ryhmä suoritti kolme harjoitetta: kyykky, jalkaprässi ja reidenojennus. Inertiakuorma oli ensimmäisten kuuden viikon ajan 2,5 kg (inertia 0,05 kg/m<sup>2</sup>) ja viimeisen kuuden viikon ajan 4 kg (inertia (0,10 kg/m<sup>2</sup>).</p>	<p>Molemmat ryhmässä havaittiin merkittävää parantumista kivussa ja suorituskyvyn parantumisessa.</p> <p>Sekundaaristen tavoitteiden välillä ei ollut merkitseviä eroja minkään muuttujan kohdalla ryhmien välillä.</p> <p>Laadunarvioinnin pisteet: 9/12p</p>



## 7.4 Aineiston analysointi

Aineiston analyysi aloitettiin huhtikuussa 2023 kahden tutkijan yhteistyönä. Ennen aineiston tarkempaa analysointia valittiin sopiva analyysimenetelmä. Opinnäytetyön analyysimenetelmäksi valikoitui induktiivinen sisällönanalyysi, sillä aineisto toimi uuden teoreettisen pohjan luomisena opinnäytetyön tarkoituksen ja tavoitteen mukaisesti (Saarinen- Kauppinen & Puusnieska 2006). Ennen aineiston analysoinnin aloittamista, aineistoja luettiin läpi useaan otteeseen, tehtiin muistiinpanoja ja yliviivauksia. Sisällönanalyysi aloitettiin analyysiyksikön määrittämisellä. Analyysiyksiköksi muodostui ajatuskokonaisuus ”flywheel-harjoitusmuotona TULE-vaivojen kuntoutuksessa”. Tutkimuskysymyksen ja analyysiyksikön pohjalta poimittiin oleellista tietoa korostuskynällä yliviivaamalla aineistoista.

Seuraava vaihe induktiivisessa sisällönanalyysissä oli redusointi eli aineiston pelkistäminen. Pelkistämällä tarkoitetaan, että aineistosta koodataan ilmaisuja liittyen tutkimuskysymykseen (Kyngäs & Vanhanen 1999, 5). Sisällönanalyysiä havainnollistettiin esimerkein suorilla sitaateilla opinnäytetyön luotettavuuden lisäämiseksi (taulukko 5). Alkuperäiset ilmaukset käännettiin suomen kielelle ja niistä muodostettiin pelkistetty ilmaus.

Tämän jälkeen edettiin aineiston klusterointiin eli ryhmittelyyn. Aineistosta luokiteltiin samankaltaisuuksia ja luokka nimettiin yhteisen ominaisuuden mukaan muodostaen alaluokkia (Vuori n.d.). Analyysia jatkettiin yhdistämällä saman sisältöiset kategoriat toisiinsa muodostaen yläkategorioita, jolle annettiin sen sisältöä kuvaava nimi (Kyngäs & Vanhanen 1999, 6).

Klusteroinnin jälkeen seuraava vaihe oli aineiston abstrahointi eli käsitteellistäminen. Tämän vaiheen tarkoituksena oli muodostaa yleiskäsitteiden avulla kuvaus tutkimuskohteesta. Alakategorioita yhdistettiin toisiinsa muodostaen niistä yläkategorioita. Yhdistelyä tehtiin niin kauan kuin se oli sisällön kannalta mahdollista. (Kyngäs & Vanhanen 1999, 7). Tutkimustulosten redusointia, klusterointia sekä abstrahointia yhden tutkimuksen osalta (Belavý

ym, 2017) on havainnollistettu alla olevassa taulukossa (taulukko 5). Kaikkien tutkimusten redusointi, klusterointi sekä abstrahointi löytyy liitteistä (liite 3).

Taulukko 5 Aineiston sisällönanalyysin esimerkki.

Alkuperäisiä ilmauksia aineistosta	Redusointi		Klusterointi	Abstrahointi
"Importantly, these findings underscore <sup>19</sup> that a short duration, high load, resistance exercise programme can be very effective in reducing muscle atrophy in bed-rest."	Nämä tulokset korostavat, että lyhytkestoinen, suurella vastuksella suoritettu vastusharjoitteluohjelma voi olla todella tehokas vähentämään lihaskatoa sänkylevossa.	Lyhytkestoinen, suurella vastuksella suoritettu harjoitteluohjelma voi olla tehokas tapa vähentämään lihaskatoa sänkylevossa.	Lihaskadon vähentäminen flywheel-harjoittelulla	Flywheel harjoittelun vaikutus lihaskatoon
"Lower gluteus maximus and rectus femoris atrophied significantly in the inactive group and not in the flywheel group, but the differences between the groups were not statistically significant on ANOVA ( $p > 0.07$ )."	Gluteuksen alaosa ja rectus femoris atrofioiduivat merkittävästi inaktiivisessa ryhmässä verrattuna flywheel-ryhmään, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä.	Lihaskatoa inaktiivisella ryhmällä m. gluteus maximus alaosassa sekä m. rectus femoriksessa verrattuna flywheel-ryhmään.		
"On 'intent-to-treat' analysis, flywheel prevented atrophy in the vasti ( $p < 0.001$ ) and reduced atrophy in the hip adductor/extensor adductor magnus ( $p = 0.001$ ), and ankle dorsiflexors/toe flexors (soleus ( $p < 0.01$ ), gastrocnemius medialis ( $p < 0.001$ ), gastrocnemius lateralis ( $p = 0.02$ ) and tibialis posterior with flexor digitorum longus ( $p = 0.04$ ))."	Flywheel-harjoittelu esti lihasatrofiaa vasteissa ja vähensi atrofiaa lonkan lähentäjässä/ojentajassa adductor magnuksessa ja nilkan koukistajissa/ varpaan koukistajissa (soleus, gastrocnemius medialis ja lateralis, tibialis posterior ja flexor digitorum longus).	Flywheel- harjoittelu vähensi lihaskatoa m. adductor magnuksessa sekä nilkan ja varpaan koukistajissa.	Lihaskadon estäminen Flywheel-harjoittelulla	
		Flywheel- harjoittelu esti lihaskatoa m. vastus medialis ja lateralis.		
"The countermeasure was, however, not effective in preventing atrophy of the hamstrings, medial thigh muscles, ankle evertors and dorsiflexors."	Flywheel-harjoittelu ei ollut vaikuttava hamstringien, reiden keskiosan tai peronealisten ja koukistajalihasien lihaskadon ehkäisyssä.		Flywheel-harjoittelulla ei vaikutusta lihaskatoon	

## 8 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET

### 8.1 Flywheel-harjoittelun vaikutus lihaskatoon

Belavýn ym. tutkimuksessa havaittiin, että lyhytkestoinen, suurella vastuksella suoritettu flywheel-harjoittelu voi olla tehokas tapa vähentää sekä estää atrofiaa eli lihaskatoa 90- päivän sänkylevon aikana. Kyseisessä tutkimuksessa flywheel-harjoittelulla pystyttiin merkittävästi estämään lihaskatoa reiden etuosissa m. vastus lateraliksessa sekä m. vastus medialiksessa verratessa verrokkiryhmään, jotka olivat inaktiivisia. Lihaskatoa hidastavia vaikutuksia tutkimuksessa ilmeni lonkan lähentäjässä m. adductor magnuksessa ja nilkan/varpaan koukistajissa m. soleuksessa, m. gastrocnemius medialiksessa sekä lateraliksessa, m. tibialis posteriorissa ja m. flexor digitorum longuksessa verrattuna kontrolliryhmään. Tutkimuksen verrokkiryhmässä atrofiaa ilmeni merkittävästi m. gluteus maximuksen alaosassa sekä m. rectus femoriksessa. Samankaltaista tulosta ei tapahtunut flywheel-harjoittelua tehneillä, mutta tämä tulos ei ollut kyseisessä tutkimuksessa tilastollisesti merkittävä. Kaikkiin alaraajan lihaksiin flywheel-harjoittelulla ei ollut vaikutusta lihaskadon ehkäisyssä kyseisessä tutkimuksessa. Esimerkiksi flywheel-harjoittelu ei ollut vaikutusta reiden takaosan, reiden etukeskiosan, peronaalisten ja nilkankoukistajien lihasten atrofian ehkäisyssä.

### 8.2 Flywheel-harjoittelun vaikutukset ja käyttö ACL- leikkauksesta kuntoutuvilla

Henderson ym. mukaan yksi sarja uupumukseen asti tehtyä bulgariaalaista askelkyykyä lisänä urheilijan omaan harjoitteluohjelmaan saattaa olla riittävä progressiivisesti lisäämään reiden etuosan voimantuottoa ACL-leikatuilla urheilijoilla. Voimantuoton (eng. strength) parantumisen todettiin olevan suurempaa erityisesti niillä urheilijoilla, joiden reiden etuosan voimantuoton lähtötaso oli matalampi. Jokaisella osallistujalla havaittiin kehitystä voimassa sekä toistomäärissä 8 viikon ajan 16 harjoituskerran aikana. Kyseisessä tutkimuksessa mitattiin voimantuoton nopeutta, maksimaalista isometristä voimantuottoa ja CAR:a (eng. central activation ratio). Näistä

voimantuottonopeus, joka mitattiin 50ms sekä 150 ms asti, parantui merkittävästi. CAR:ssa ei tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta. Vaikka tutkimuksessa urheilijoiden kehitys maksimaalisessa tahdonalaisessa isometrisessä supistusvoimassa (MVIC) ei ollut tilastollisesti merkittävä, osoitti korrelaatioanalyysi, että mitä alempi tämä lähtötaso oli, sen suurempi oli kehitys isometrisessä supistusvoimassa.

### 8.3 Flywheel- harjoittelun vaikutukset ja käyttö patellajänteen tendinopatiasta kärsivillä

Ruffino ym. tutkivat flywheel-harjoittelun tehokkuutta verrattuna heavy slow resistance-harjoitteluun kivun lievityksessä ja toimintakyvyn parantumisessa patellajänteen tendinopatiaa kärsivillä tavoitteellisilla liikkujilla. Kipua ja toimintakyvyn parantumista mitattiin subjektiivisella VISA-P- kyselylomakkeella. Molempien ryhmien sisäinen kehitys oli tilastollisesti merkittävä jokaisella mittauskerralla. Kysely täytettiin alussa, kuuden viikon harjoittelun jälkeen ja intervention lopussa 12 viikon jälkeen. Koeryhmien välillä keskenään ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa lyhyellä aikavälillä kivun lieventymisessä ja toimintakyvyn parantumisessa.

Ryhmillä tutkittiin myös sekundäärimuuttujia, joihin kuului aktiivisuuden rajoittumisen kartoitus PSFS- kyselyä hyödyntäen, terveydentilan kartoitus käyttäen EuroQol- 5d- kyselyä, henkilön kokemus kivun muuttumisesta ja toiminnasta, hoitoon sitoutuminen, epäsuotuisat tapahtumat, patellajänteen kipuprovoakaatiotesti, fyysiset testit (nilkan dorsifleksio, kevennetty hyppy, kolmiloikka, 6 RM polvenojennus ja horisontaalinen jalkaprässi) sekä patellajänteen paksuus. Muuttujat mitattiin intervention alussa ja lopussa. 12-viikon jälkeen ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa missään sekundäärimuuttujassa. Lihasvoima parani tilastollisesti merkittävässä molemmissa ryhmissä intervention aikana, esimerkiksi 6 RM polvenojennus parani 21 % flywheel-ryhmällä ja 19 % heavy slow resistance-ryhmällä kipeässä alaraajassa.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota yhteen kriittisesti tarkasteltua tietoa flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE- vaivojen kuntoutuksessa ja täten levittää tietoa alan ammattilaisille. Tämä voi auttaa lisäämään tietoisuutta flywheel-menetelmän käytöstä TULE- vaivojen kuntoutuksessa ja täten lisätä sen käyttöä. Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin integroivaa kirjallisuuskatsausta, joka mahdollisti monipuolisen aineiston hyödyntämisen sekä ilmiön laaja-alaisen kuvaamisen. Lisäksi integroidut katsaukset, jotka sisältävät monia erilaisia tutkimusasetelmia antavat aiheesta monipuolista tutkimustietoa (Suhonen ym. 2016, 13). Tähän katsaukseen valikoidut tutkimukset olivat kaikki pitkittäistutkimuksia, mutta tutkimusasetelmat erosivat keskenään toisistaan.

Flywheel-menetelmällä on todettu olevan monia positiivisia vaikutuksia voimaan (eng. power), lihaskasvatukseen (eng. strength), lihasten aktivaatioon, jänteen jäykkyyteen sekä lihaspituuteen. Näitä edullisia muutoksia on selitetty flywheel-harjoittelun eksentrisiä ominaisuuksia sekä tehontuotto-ominaisuuksia korostavilla vaikutuksilla. (Wonders 2019, 994.) Aiheen valintaa ja rajausta ohjasi molempien tekijöiden kiinnostus TULE-vaivojen kuntoutukseen. Lisäksi tämä kohderyhmä saattaisi olla potentiaalinen flywheel-laitteiden käyttäjä kuntosaleilla.

### 9.1 Opinnäytetyön tulosten tulkinta

Tämä integroivana kirjallisuuskatsauksena toteutettu opinnäytetyö kokoaa yhteen tutkimustietoa flywheel-laitteen hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa. Aikaisempia tutkimuksia ei ollut aiheesta tehty. Tutkimuksia flywheel-menetelmän käytöstä TULE-vaivojen kuntoutuksessa ei kovin paljon ole vielä tehty, jolloin tutkimustiedon niukkuus vaikutti opinnäytetyön tuloksiin ja tulosten yleistettävyyteen. Kuitenkin, vaikka tutkimuksia flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE- vaivojen kuntoutuksessa on vielä suhteellisen vähän, osoittavat nämä kuitenkin lupaavia tuloksia.

Tulosten tulkintaan vaikuttaa myös olennaisesti tutkimuksissa käytetty interventiotekniikka. Esimerkiksi kaikki eivät ole tutkimuksissaan käyttäneet keskenään samoja harjoitustekniikoita, eivätkä hyödyntäneet tutkimuksessaan muutaman kerran totuttelujaksoa, jonka aikana harjoittelija saa käsityksen siitä, miten flywheel-laite toimii. Totuttelujakson avulla saatetaan maksimoida flywheel-laitteesta saadut hyödyt. Tottuminen flywheel-laitteeseen voi muuttaa sitä, miten liikkeen konsentriset ja eksentriset vaiheet suoritetaan, vaikuttaen harjoittelusta saatavaan eksentrisen hyödyn saamiseen. Tous- Fajardon tutkimuksen mukaan ne, joilla oli kokemusta flywheel-harjoittelusta, saavuttivat harjoittelussa suuremman eksentrisen ylikuormituksen verrattuna kokemattomiin. Mikäli tutkimuksessa ei ole hyödynnetty totuttelujaksoa, menee tällöin tutkimuksissa muutama ensimmäinen harjoittelukerta siihen, että tutkittava saa kokemusta laitteesta, eikä oikeaa harjoittelustimulusta pääse syntymään. (Brien ym. 2022, 2, 8.)

Kun mietitään flywheel-harjoittelun positiivisia vaikutuksia, on ilmeistä, että sitä voitaisiin hyödyntää kuntoutuksessa. Lihassoima, lihasmassa, lihasaktivaatio ja lihaspituus ovat positiivisia vaikutuksia kuntoutuksen näkökulmasta, (Wonder 2019, 997), jonka yksi laite pystyy tarjoamaan. Lisäksi flywheel-laitteella voidaan helposti säätää harjoittelun vastusta ja intensiteettiä, mikä mahdollistaa yksilöllisesti räätälöityjen harjoitusohjelmien suunnittelun. Etenkin juuri TULE-vaivojen kuntoutuksen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon asiakkaan yksilölliset tarpeet ja mahdolliset rajoitukset. Kuitenkaan flywheel-harjoittelu ei välttämättä sovellu kaikille ja fysioterapeutin tulee aina suunnitella harjoitusohjelma yksilöllisesti potilaan tarpeet, tilanne ja tavoitteet huomioiden.

Käytettäessä flywheel-laitetta tuki- ja liikuntaelinvaivojen kuntoutuksessa on tärkeää, että terapeutti tietää fysiologian ja toimintamekanismit harjoitteiden taustalla harjoitusadaptaatiomuutosten maksimoimiseksi. Tällä tavoin terapeutti voi tehdä parempia päätöksiä, vaikuttaen edullisesti asiakkaan terapiaprosessin tulokseen. Voimaharjoittelu ja eksentrisen ylikuormitus ovat flywheel-harjoittelun

erityispiirteitä, jotka suurelta osin selittävät kirjallisuudessa flywheel-harjoittelun positiiviset tulokset. (Wonder 2019, 996).

### 9.1.1 Flywheel-harjoittelun mahdollisuus lihaskadon ehkäisyssä

Atrofiaa eli lihaksen surkastumista tapahtuu erityisesti relatiivisen inaktiivisuuden aikana. Tällainen ajanjakso voi olla esimerkiksi täyden vuodelevon aikana tai painottomuuden aikana avaruuslennolla. Lihaskato vaikuttaa negatiivisesti lihasten toimintakykyä ylläpitävään vaikutukseen. Mitä aktiivisempi lihas on päivittäisessä käytössä, sitä voimakkaampaa on lihasatrofia. Alaraajassa on eroja lihasatrofian voimakkuudessa eri lihasten välillä. Atrofia on voimakkainta alaraajan lihaksissa, jotka kannattelevat kehon painoa. (Kauranen 2014, 338–339.) Tämä on linjassa myös kirjallisuuskatsauksessamme esille nousseessa tutkimuksessa, jossa suurin atrofia ilmeni muun muassa pohkeen lihaksistossa, peroneaalisisissa lihaksissa, vastus lateraliksessa ja medialiksessa sekä biceps femoriksen pitkässä päässä.

Kirjallisuuskatsauksessamme esille nousseessa tutkimuksessa vuodelevosta aiheutuneeseen atrofiaan saatetaan pystyä vaikuttamaan lyhytkestoisella, suurella vastuksella suoritettulla vastusharjoittelulla flywheel-laitteella joko lihasatrofiaa hidastaen tai estäen. Tutkimuksessa tällaiset vaikutukset saatiin m. vastus lateraliksessa, m. vastus medialiksessa, m. adductor magnuksessa, m. soleuksessa, m. gastrocnemius medialiksessa sekä lateraliksessa, m. tibialis posteriorissa sekä m. flexor digitorum longuksessa. Myös muut tutkijat ovat päätyneet samankaltaisiin lopputuloksiin, että flywheel-harjoittelu on tehokasta vähentämään vuodelevon haitallisia vaikutuksia (Wonders 2019, 997). Esimerkiksi Tesch ym. ovat saaneet samankaltaisia tuloksia Belavýn ym. kanssa 90- päivän sänkylevon aikana. Koeryhmän harjoitteina olivat myös jalkaprässi ja varpaille nousut. Tutkimuksessa flywheel-harjoittelu ehkäisi lihasatrofiaa reiden etuosassa ja osittain nilkan plantaarifleksoreissa. (Tesch ym. 2017, 6.)

Tutkimuksessa vuodelevon vaikutuksia ei voitu kuitenkaan täysin estää flywheel-harjoittelulla. Esimerkiksi flywheel-harjoittelulla ei näyttänyt olevan vaikutusta



reiden takaosan, reiden keskiosan tai peroneaalisten ja nilkan koukistajalihasten lihasatrofiaan, joskin jo tutkimuksessa esille nostettiin se, että tähän saattoi vaikuttaa valitut harjoitteet ja näiden suorituskulmat. Atrofiaa ehkäisevässä kuntoutuksessa saattaa olla siis merkityksellistä ottaa tämä huomioon, ja suunnitella spesifimmät harjoitteet etenkin reiden takaosan osalta.

Tutkimustulokset antavat ymmärtää, että suunniteltaessa lihaskatoa ehkäisevää kuntoutusta, lyhytkestoisella ja suurella vastuksella suoritettu flywheel-harjoittelu olisi tehokas keino lihasatrofian hillitsemisessä. Tutkimuksessa virallinen harjoitteluaika oli 7–9 minuuttia koko harjoittelukerran kestäessä 20min taukoineen. Harjoittelu suoritettiin joka kolmas päivä. Tämä voisi olla siis helppo ja tehokas tapa sisällyttää moneen kuntoutusohjelmaan, sillä tuloksia saatiin jo melko lyhyessä ajassa pienellä volyymilla.

#### 9.1.2 Flywheel-harjoittelu kuntoutuskeinona ACL- leikkauksesta kuntoutuville

Polven eturistisiteen eli ACL:n repeämä on yleinen etenkin urheilijoilla. Se syntyy yleensä jalkaterän ollessa lukkiutuneena lattiaan tai maata vasten, jolloin hidastuneeseen liikkeeseen yhdistyvä äkillinen suunnanmuutos saa aikaan sääriluun yläosan kiertoliikkeen, aiheuttaen etummaisesta ristisiteen katkaisevan vääntövoiman. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi hyppylajit ja nopeita suunnanvaihtoja sisältävät lajit, kuten jalkapallo. Eturistisiteen repeämän oireita ovat veripolvi, polven instabiliteetti, pettämisen tunne ja kudosten väljyys. (Suomalainen ym. 2014). ACL- vamma saattaa johtaa nivelliikkuvuuden rajoittumiseen polvinivelessä, polvinivelen degeneratiivisiin muutoksiin sekä lihasatrofiaan. Useissa tutkimuksissa on usean vuoden jälkeen ACL-leikkauksesta osoitettu jopa yli 20 % lihasatrofian menetys ja lihasvoima laskenut jopa enemmän kuin 30 %. (Lorenz & Reiman 2011, 37.)

Henderson ym. tutkimuksessa interventio metodina hyödynnettiin yhden jalan bulgarialaista askelkykyä, jossa polven liikerata oli 100–60 astetta. Reiden etuosan lihasaktivaatio on suurimmillaan polvikulman ylittäessä 50–60 astetta, jolloin myös rekonstruoituun ACL-ligamenttiin kohdistuu pienin kuormitus. Näin

suoritettuna jokainen osallistuja pystyi suoriutumaan harjoituskerroista ilman epäsuotuisia tapahtumia sekä kipua, lukuun ottamatta harjoittelun jälkeistä lihasarkuutta ensimmäisten harjoituskertojen jälkeen. Täten flywheel-harjoittelu osoittautui olevan turvallinen harjoitusmuoto tämän tyyppiseen kuntoutukseen. Tämä myös viittaisi siihen, että reiden etuosan lihasvoiman ja toiminnan lisääntyminen syvemmillä polvikulmilla saattaa tukea urheilijan turvallista urheiluun paluuta samalla parantaen urheilijan suorituskykyä ACL- leikkauksen jälkeen.

Reiden etuosan heikkous on ACL- leikkauksen jälkeisen kuntoutuksen yksi yleisimmistä haasteista, jonka piirteenä on bilateraalin lihasaktivaation vajaus. Eksentrisen supistus lisää aivokuoren aktivaatiota ja vaimentaa inhiboivia ratoja, täten mahdollistaen korkeammilla syttymistäajuuksilla olevien motoristen yksiköiden rekrytoimisen ja lihavoiman nousun. Tämä linjassa kirjallisuuskatsauksessa esille nousseessa Henderson ym. tehdyssä tutkimuksessa, jossa jokainen tutkittava osoitti kehitystä voimassa (eng. strength) sekä toistomäärissä jokaisella 16 harjoituskerralla. (Henderson ym. 2022, 1; Hody ym. 2019, 8). Eksentristä lihasvoimaharjoittelua on tutkittu jo aikaisemmin ACL-ligamenttikorjauksen jälkeisessä kuntoutuksessa ja tutkimuksissa on todettu parempia tuloksia niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä voimassa ja suorituskyvyssä, kun eksentriset harjoitteet ovat olleet osana kuntoutusta (Hody ym. 2019, 10). Myös Wondersin mukaan ACL- leikkauksen jälkeiset kuntoutujat voisivat hyötyä flywheel-harjoittelusta, sillä leikkauksen jälkeen tarvitaan lihasvoimaa ja voimaa reiden etuosan lihaksissa, joihin molempiin flywheel-harjoittelulla voidaan vaikuttaa. (Wonders 2019, 997–998).

Henderson ym. tutkimuksessa tulokset voimantuotonnopeudessa mitattuna sekä 0–50 ms että 0–150 ms aikaväleillä, nousivat merkittävästi. Tämä viittaa siihen, että flywheel-harjoittelulla pystyttäisiin vaikuttamaan nopeaan voimantuottoon, joka on erityisen tärkeää juuri urheilijoilla, joiden lajit sisältävät nopeita suunnan muutoksia sekä edellyttävät räjähtävää lihasvoimaa. Kuten aiemmin mainittu, juuri tällaisia ominaisuuksia vaativissa lajeissa ACL-vammat ovat yleisiä. Flywheel-laitteella urheiluvammojen, kuten ACL-vamman ennaltaehkäisyyn,

viittaa myös Wonders todetessaan urheiluvammojen ennaltaehkäisyn olevan yksi potentiaalinen käyttökohde flywheel-harjoittelulle (Wonders 2019, 997). Aiheesta on myös aikaisempi tutkimus, jossa flywheel-menetelmää on verrattu kehonpainoa ja painovoimaa hyödyntävään harjoitusprotokollaan. Kyseisessä tutkimuksessa tarkasteltiin näiden vaikutuksia mm. eturistisidevammojen esiintyvyyteen urheilijoilla. Tutkimukseen osallistui kahdeksantoista lentopalloilijaa. Flywheel-ryhmällä harjoitelleet paransivat tuloksiaan useammassa muuttujassa verratessa kehonpainolla harjoitusprotokollalla harjoitelleihin, joilla havaittiin parannuksia ainoastaan reiden takaosan maksimaalisessa voimassa. Flywheel-harjoittelu näyttää lisäävän edullisia muutoksia, jotka voivat vähentää riskiä ACL-vammojen esiintyvyyteen urheilijoilla. (Monajati ym. 2018, 194.)

Tutkimuksessa mitattiin myös maksimaalista isometristä supistusvoimaa (MVIC), jossa ei ilmennyt tilastollisesti merkittävää kehitystä. Katsottaessa näitä tuloksia huomataan kuitenkin, että mitä alempi tutkittavan isometrinen supistusvoiman tuottotaso oli lähtötilanteessa, sitä suurempi oli hänen kehityksensä. Tutkimuksessa pohdittiin tämän johtuvan siitä, että tutkittavat olivat jo palautuneet heidän normaalin reiden etuosan motoristen yksiköiden aktivaation tasolle. Toisaalta neuraaliset muutokset tapahtuvat hitaammin kauan harjoitelleilla urheilijoilla. Tästä voidaan päätellä, että flywheel-harjoittelu ACL-leikkauksesta kuntoutuville urheilijoille voisi olla tehokas tapa lisätä mukaan yksilön harjoitteluohjelmaan parantamaan reiden etuosan voimaa etenkin voimantuoton ollessa matalalla tasolla.

Henderson ym. tutkimuksessa tuotiin esille myös, että vaikka ennallaan säilynyt CAR antaa ymmärtää, ettei lisää motorisia yksiköitä rekrytoitu, viittaa kuitenkin kehitys voimantuoton nopeudessa siihen, että flywheel-harjoittelu muuttaa motoristen yksiköiden käyttäytymistä. Tehokas hermotus mahdollistaa lihasten nopean aktivoitumisen parantaen voimantuottoa. Niinpä uupumukseen asti suoritettu syvä yhden jalan kyykky flywheel-laitteella voi parantaa hermostollista kulkua nopean voimantuoton aikana ACL-leikatuilla urheilijoilla. Myös Wondersin mukaan flywheel-harjoittelu toimii myös ACL-leikatuilla potilailla kuntoutuksen

myöhäisessä vaiheessa, sillä flywheel-harjoittelu vaikuttaa myös edullisesti hermolihaskäytön toimintaan (Wonders 2019, 998).

Käytännön suorittamisen tasolla flywheel-laitteella suoritettuna bulgarialaisella askelkyykyllä saattaa olla useita hyötyjä terapeuteille ja valmentajille ACL-leikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa. Henderson ym. tutkimuksessa urheilijoiden koettiin tottuvan laitteen käyttöön nopeasti sekä liikkeenä bulgarialainen askelkyyky on yleisesti käytetty harjoitteluohjelmissa, joten se vaatii vähän opettelua. Tällöin liikkeen oikeaoppinen suorittaminen vaatii vain vähän ohjeistusta valmentajalta tai terapeutilta. Harjoitteluvälineenä flywheel-laite koettiin nopeana asentaa ja yksinkertaisena käyttää sekä harjoitusasetelma vaatii vain goniometrillä polvikulman asettamisen 60 asteeseen.

### 9.1.3 Flywheel-harjoittelu kuntoutuskeinona patellajänteen tendinopatiasta kärsiville

Patellajänteen tendinopatia eli hyppääjän polvi on yleinen polven rasitusvamma, jossa kipua paikallistuu polven etuosan jänteen alueelle erityisesti kyykistyksen, ponnistuksien ja hyppyjen aikana. Hoito on pääosin konservatiivinen. Vaivan kroonistuessa voidaan harkita kortisoni- injeksiota tai leikkaushoitoa, jossa tulehtunut ja arpeutunut alue jänteessä poistetaan. (Pasanen ym. 2021, 546–547.) Paljon käytetty harjoitusohjelma patellajänteen kuntoutuksessa on 12 viikkoa kestävä heavy- slow resistance- harjoitteluohjelma. Harjoitteina ovat kyykky, hack- kyykky ja jalkaprässi, jotka suoritetaan kolme kertaa viikossa. Viikoittain liikkeisiin lisätään vastusta ja vähennetään toistomääriä. (Kongsgaards ym. 2009, 791). Aikaisempaan teoriaosuuteen viitaten eksentrisen lihasvoimaharjoittelun on todettu olevan myös yksi tehokas tapa tendinopatioiden kuntoutuksessa, sillä se saa jänteessä aikaan edullisia muutoksia rakennetasolla lisäten niiden jäykkyyttä (Mäennenä ym. 2019, 298). Vaikka suurin osa tutkimuksista keskittyy eksentrisen harjoittelun hyötyihin tendinopatioiden kuntoutuksessa, heavy slow resistance-harjoittelulla (HSR) sekä yhdistelmällä

eksentrisiä ja konsentrisia harjoitteita on saatu myös positiivisia tuloksia (Wonders 2019, 997).

Ruffino ym. tutkimuksen päätavoitteena oli verrata HSR-harjoittelua ja flywheel-harjoittelua kivun vähentämisessä ja toimintakyvyn parantumisessa patellan tendinopatiaa sairastavilla. Tutkimuksen tuloksissa nousi esille, että molemmissa ryhmissä tapahtui tilastollisesti merkittävä parannus kipua ja toimintakykyä arvioivassa VISA-P-kyselyssä. Näiden ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävää eroa. Tästä voidaan päätellä, että flywheel-harjoittelua voidaan pitää vaihtoehtoisena interventiona patellan tendinopatiasta kärsiville etenkin, kun tavoitteena on koetun kivun lievittyminen sekä toimintakyvyn parantuminen. Samankaltaisia tuloksia on saanut myös Burton ja McCormack katsauksessaan flywheel-laitteen käytöstä tendinopatioiden kuntoutuksessa. Heidän mukaansa on lupaavaa näyttöä flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä tendinopatioiden kuntoutuksessa erityisesti urheilijoiden keskuudessa. Katsauksessa oli mukana RCT-tutkimus, joka myös vertaili flywheel-menetelmää ja heavy slow resistance-menetelmää. Samoin kuin Ruffinon ym. tutkimuksessa, molemmissa interventioryhmissä tapahtui kehitystä, kun verrattiin kipua, toimintakykyä, lihasvoimaa (eng. strength), voimaa (eng. power), jänteen paksuutta ja neurovaskularisaatiota (Burton & McCormack, 2022, 6).

Ruffino ym. tutkimuksessa tutkittiin myös sekundäärimuuttujia ja ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa missään sekundäärimuuttujassa. Heidän hypoteesinsa myös oli, että flywheel-harjoittelu saattaisi tarjota hyötyjä voimantuottoon (eng. power), jossa tarvitaan räjähtävää ja nopeaa voimantuottoa, kuten kevennettyyn hyppyyn sekä kolmiloikkaan. Näissä toiminnallisissa testeissä ei havaittu eroja flywheel-ryhmän ja HSR-ryhmän välillä. Kokonaisvoima (eng. power) on vahvasti ennustettavissa lihasvoimasta (eng. strength), joka parani merkittävästi molemmissa ryhmissä kipeällä alaraajalla suoritettuna. Tämä on linjassa Burtonin ja McCormackin katsauksen kanssa, jossa ryhmien välillä ei ollut eroja kivun lieventymisessä,

toimintakyvyssä, voimantuotossa ja jänteen rakenteellisissa ominaisuuksissa (Burton & McCormack, 2022, 6).

Myös Ruffino ym. tutkimuksessa flywheel-harjoittelu osoittautui turvalliseksi harjoittelumenetelmäksi kyseiselle kohderyhmälle. Kuitenkin tulee ottaa huomioon, että flywheel-harjoittelu sisältää nopeamman reiden etuosan supistumisen ja täten voi lisätä patellan jänteeseen kohdistuvaa kuormaa. Kuitenkaan tässä eikä myöskään toisessa vastaavassa kohortti tutkimuksessa flywheel-harjoittelu osana tutkittavan omaa harjoitteluohjelmaa provosoinut kipua patellan tendinopatiasta kärsivillä tutkimuksen aikana. (Gual ym. 2016.)

#### 9.1.4 Pohdintaa tutkimustuloksista

Yhteenvedon voidaan todeta, että vaikka tutkimusnäyttö flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE-vaivojen kuntoutuksessa on vielä suhteellisen vähäistä, osoittaa se kuitenkin lupaavia tuloksia. Myös Wondersin mukaan flywheel-menetelmää voidaan hyödyntää vammojen ennaltaehkäisyssä, lihasten ja jänteiden kuntoutuksessa, urheilussa kuntoutuksen myöhäisessä vaiheessa sekä post-operatiivisessa kuntoutuksessa. Lisäksi harjoitusmenetelmä sopii hyödynnettäväksi vanhuksilla sarkopenian ehkäisyssä sekä liikkumattomuuden jälkeen (Wonders 2019, 998). Yhteisenä tekijänä tuloksista nousi ilmi, että jo melko lyhyellä harjoitteluajavälillä (8-12vk), matalalla volyyymilla sekä frekvenssillä saatiin aikaan tilastollisesti merkittäviä tuloksia etenkin lihasvoiman lisääntymisessä. Tämä korostaa, että flywheel-harjoittelulla voidaan saavuttaa merkittäviä tuloksia suhteellisen lyhyessä ajassa, tehden siitä tehokkaan harjoittelumuodon.

Kirjallisuuskatsauksen pieni tutkimusmäärä luo haasteita tulosten yleistettävyyteen, sillä yhden tutkimuksen perusteella ei voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Esimerkiksi polven TULE-vaivojen osalta tuloksia ei pystytä yleistämään aktivisuudeltaan keskiverto populaatioon, sillä nämä tutkimukset oli tehty urheilijoilla. Lisäksi otoskoot tutkimuksissa olivat melko pieniä, jolloin on vaikea saavuttaa eroja ryhmien välille, vaikuttaen heikentävästi tulosten

yleistettävyyteen. Lisäksi seuranta tutkimuksen jälkeen ei ollut, jolloin olisi pystynyt tekemään johtopäätöksiä tulosten pysyvyydestä ja vaikuttavuudesta. Tutkimuksessa, jossa kohteena olivat urheilijat ACL-rekonstruktion jälkeen, tutkimusryhmä sisälsi sekä miehiä että naisia. Muuten tutkimuksissa interventio kohdentui pääasiassa miehiin ja ikähaarukka oli melko suppea sijoittuen keskiarvoiltaan välille 20,8–32,5 vuotta. Tällöin tuloksia ei voida yleistää vanhempiin ikäluokkiin sekä rajallisesti naisiin. Esimerkiksi miehillä voimantuotto on suurempaa hormonaalisten tekijöiden takia naisiin verrattuna, jolloin tuloksia ei ole tarkoituksenmukaista verrata keskenään.

Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneiden tutkimusten tutkimusasetelmat olivat hyvin erilaisia keskenään ja tutkimuksissa tulosmuuttujat olivat hyvin erilaisia, joka luo haasteita tutkimusten vertailuun keskenään. Esimerkiksi patellajänteen tendinopatiassa primäärimuuttujina käytettiin subjektiivista kyselylomaketta, joka saattaa lisätä epäselvän harhan riskiä tutkimuksessa. Lisäksi epäselvän harhariski nousee esille myös Henderson ym. tutkimuksessa, sillä kyseisessä tutkimuksessa oli sokkouttamisen puute, vaikka sokkouttaminen ei kyseisessä tutkimuksessa ollutkaan mahdollista. Näiden kahden tutkimuksen osalta, vaikka tiedetään mitä tutkimuksessa on tapahtunut, niin harhariskin suuntaa ja suuruutta on vaikea arvioida.

## 9.2 Opinnäytetyön eettisyys

Opinnäytetyön teon aikana on noudatettu TENK:n hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteita, joihin kuuluu eurooppalaisen tutkimuseettisen ohjeistuksen mukaan, että opinnäytetyön prosessin aikana noudatetaan rehellisyyttä, luotettavuutta, arvostusta ja vastuunkantoa niin koko prosessin aikana kuin tutkimustulosten esittämisessä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokainen opinnäytetyöprosessin vaihe on tuotu esille ja raportoitu avoimesti, oikeudenmukaisesti, puolueettomasti ja yksityiskohtia salaamatta. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2023, 11–12). Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu myös vilpittömyys ja rehellisyys muita tutkijoita kohtaan. Käytännössä tämä tarkoittaa muiden tutkijoiden töiden ja saavutuksien

kunnioittamista, joka on huomioitu lähdeviittein tekstissä sekä esittämällä omat ja toisten tutkimusten tulokset oikeassa valossa. Lisäksi hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu asianmukaiset viittauskäytänteet, eli ei lainata muiden tekstiä luvatta tai esitetä muiden tietoa omana. (Vilkkä 2015, 42). Lähdeviitteet ovat tehty Turun ammattikorkeakoulun edellyttämällä tavalla läpinäkyvyyden säilyttämiseksi. Tiedonhaun suoritimme eettisesti kestävästi ja kriittisesti ja opinnäytetyössä hyödynsimme vain luotettavia lähteitä.

### 9.3 Opinnäytetyön luotettavuus

Opinnäytetyön luotettavuus vaikuttaa sen arvoon ja hyödynnettävyyteen. Se edellyttää huolellista tutkimuskysymysten määrittelyä, tietokantojen huolellista valintaa, sisäänottokriteerien selkeyttä, laadunarvioinnin menetelmien käyttöä sekä tarkkaa ja selkeää tulosten raportointia (Vilkkä 2015, 42). Nämä kaikki osakokonaisuudet kirjattiin selkeästi lukijalle nähtäville sekä havainnollistettiin esimerkein kuvien, taulukoiden ja kaavojen avulla.

Opinnäytetyön työn tarkoitus ja tavoite säilyivät muuttumattomana työn aikana ja ne pidettiin mielessä koko opinnäytetyönprosessin ajan. Tavoitteen ja tarkoituksen pohjalta luodut tutkimuskysymykset, jotka luotiin tutkimussuunnitelman aikana, pyrittiin tässä opinnäytetyössä vastaamaan. Toinen tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksistä jäi osaksi kokonaan vastaamatta. Suoraan käyttäjien kokemusta laitteen käytöstä ei tutkimuksissa tullut esille, mutta Henderson ym. tutkimuksessa tuotiin esille laitteen käyttökokemuksia valmentajan ja terapeutin näkökulmasta (Henderson ym. 2022, 18). Laitteen käyttäjien kokemuksia flywheel-harjoittelusta olisi ollut mielenkiintoista saada, sillä asiakkaan kokemusten ja näkemysten ymmärtäminen on myös kuntoutuksessa keskeistä. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta saatiin vastaus vain tiettyjen TULE-vaivojen osalta ja varovaisuutta on noudatettava tutkimustulosten yleistämisessä, sillä tulokset eivät ole yleistettävissä koko populaatioon.



Opinnäytetyön aineiston hakuprosessi kuvattiin mahdollisimman systemaattisesti, tarkasti ja avoimesti, jotta se olisi myös muiden toistettavissa lisäen tutkimuksen reliabiliteettia. Reliabiliteetilla tarkoitetaan sitä, kuinka luotettavasti ja toistettavasti käytetty mittari mittaa haluttua ilmiötä (Tilastokeskus n.d.) Kirjallisuuskatsauksen osalta voidaan ajatella sen reliabiliteetin kertovan, miten tarkasti eri vaiheet ovat avattu ja täten muiden toistettavissa. Haut tehtiin relevantteihin terveys- ja hoitoalan tietokantoihin. Käytetyt hakulausekkeet on jokaisessa tietokannassa tuotu selkeästi esille sekä havainnollistettu taulukkomuodossa. Sisäänottokriteerit olivat selkeät ja ne perusteltiin kirjallisuuteen perustuen siltä osin kuin se oli mahdollista. Opinnäytetyön aiheen mukaan asiasanastoja ei pystytty hyödyntämään hakuprosessissa, joka saattaa vaikuttaa heikentävästi hakuprosessin laatuun.

Hakuprosessin vahvuutena pidämme sitä, että tietokantahakujen tulosten määrä mahdollisti sen, että jokainen tutkimus pystyttiin käymään läpi otsikkotasolla. Huolellisesti toteutettu kirjallisuushaku lisää opinnäytetyön luotettavuutta. Kuitenkin saattaa olla, että joitakin opinnäytetyön kannalta merkityksellisiä aineistoja on saattanut jäädä hakuprosessin ulkopuolelle, jolla on vaikutusta opinnäytetyön tuloksiin ja tätä kautta myös sen luotettavuuteen. Yksi tällainen tekijä on osan aineiston maksullisuus. Lisäksi Cinahl:iin tehdyistä kirjallisuushauista jouduimme osan jättämään pois, sillä seuraavan kerran niihin palatessa aineisto ei ollut saatavilla enää koko teksti versiona, vaikuttaen heikentävästi tutkimuksen validiteettiin, sillä maksuttomuus ei voi periaatteessa määrittää sisäänotto- tai poissulkukriteereitä. Toisaalta hakuprosessit harvoin ovat täydellisiä ja sen toteutukseen vaikuttaa käytössä olevat resurssit (Niela-Vilén & Hamari, 2015, 26–27.)

Lisäksi opinnäytetyön hakuprosessin keskittyminen vain suomenkielisiin ja englanninkielisiin aineistoihin saattaa hieman vaikuttaa kirjallisuuskatsauksen luotettavuuteen. Ideaalinen tilanne olisi, että mukaan olisi saanut sisällytettyä millä tahansa kielellä tehtyjä tutkimuksia (Niela-Vilén & Hamari 2015., 26). Tässä tilanteessa muilla kielillä toteutettujen aineistojen sisällyttäminen

opinnäytetyöhön ei ollut mahdollista ja tiedostimme kielivalinnan aiheuttamat rajoitukset.

Opinnäytetyön tavoitteeseen ja tarkoitukseen vastaavia kriteereitä hyödynnettiin opinnäytetyön aineiston valinnassa. Poissuljettujen tutkimusten lukumäärä ilmoitettiin. Poislukemisen syytä ei raportoitu, joka vaikuttaa heikentävästi opinnäytetyön luotettavuuteen. Opinnäytetyöhön valikoituneet tutkimukset ovat avattu kattavasti, tarkasti ja systemaattisesti sekä käännetty suomesta englannin kielelle asiayhteyttä muuttamatta, tosin mahdollisista virheettömyydestä voidaan olla täysin varmoja.

Opinnäytetyöhön valikoituineen aineiston laadulla on merkitystä koko opinnäytetyön luotettavuuteen. Valmiiden laadunarviointityökalujen käyttö lisää katsauksen luotettavuutta. (Niela- Vilén & Hamari 2015, 29). Tämä varmistaa, että tulee myös käytettyä oikeita ja soveltuvia analyysimenetelmiä. Laadunanalyysin laatua parantavana tekijänä ja sen luotettavuuden parantamiseksi olisi molempien pitänyt tehdä se ensin itsenäisesti ja tämän jälkeen verrattu tuloksia keskenään. (Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.) Tätä ei kuitenkaan tehty yhteisen ajan puutteen takia ja tiedostimme sen luotettavuutta heikentävän seikkana.

Sisällönanalyysin voidaan sanoa olevan luotettava, kun tutkimuksen tutkimuskohde ja tulkittu materiaali ovat yhteensopivia eikä teorianmuodostukseen ole vaikuttaneet epäolennaiset tai satunnaiset tekijät. Laadullisella tutkimusmenetelmällä tehdyssä tutkimuksessa tutkimuksen toteuttaminen ja tutkimuksen luotettavuus kulkevat käsi kädessä. Luotettavuuden kriteeri on tutkija itse ja hänen rehellisyytensä, koska arvioinnin kohteena ovat tutkijoiden tutkimuksessaan tekemät teot, valinnat ja ratkaisut. Tutkijoiden tulee arvioida tutkimuksen luotettavuutta jokaisen tekemänsä valinnan kohdalla. (Vilkkä 2015, 196). Sisällönanalyysi on nähtävissä kokonaan liitteet- osiossa, jolloin lukija pystyy näkemään, millaisia valintoja prosessin aikana on tehty. Sisällönanalyysiä hankaloitti aineistojen heterogeenisyys, jolloin aineistot jouduttiin käsittelemään melko erillisinä asiakokonaisuuksina. Interventoryhmät olivat hyvin erilaisia keskenään ja tutkimuksissa mittauskeinot poikkesivat paljon

toisistaan. Tällöin tutkimustulosten vertailu keskenään on haastavaa. Lisäksi haastavuutta tutkimusten sisällönanalyysiin toi aineiston niukkuus, sillä lopulliseen analyysiin päätyi lopulta kolme tutkimusta. Tähän on saattanut osaltaan vaikuttaa se, että tutkimusten julkaisuvuodet rajattiin vuosiin 2017–2022. Lisäksi tämän ajanjakson sisään osuu Covid-19 pandemia, joka on saattanut vaikuttaa siihen, että vallitsevien tiukkojen rajoitusten vuoksi ihmisillä tehdyt interventiot ovat olleet vähäisiä ja flywheel-laitteella suoritettuja interventioita ei ole tehty. Tiedonhaun sisäänottokriteereihin kuului myös tutkimusten kesto, joka oli rajattu yli 8 viikkoa kestäviin tutkimuksiin. Tämä rajasi pois myös melko suuren osan tutkimuksista, sillä monessa tutkimuksessa abstraktitasolla luettuna interventioiden kesto oli vain noin 4–6 viikkoa.

#### 9.4 Tulevaisuuden tutkimustarve

Yhteenvedon aukkojen pohjalta saadaan esille useita jatkotutkimuksen aiheita. Tutkimustiedon niukkuuteen viitaten, tulevaisuudessa tarvitaan lisää tutkimuksia erityisesti flywheel-harjoittelun paremmuudesta tavanomaiseen painoharjoitteluun nähden, vaikka aiheesta on jo vähän tutkimustietoa. Lisäksi tarvitaan lisää laadukkaita tutkimuksia flywheel-harjoittelun peridiosaatiosta, harjoitteluajasta, harjoittelun intensiteetistä, volyyymista harjoittelun adaptaatiomuutosten optimoimiseksi. (Beato & Iacono 2020, 4). Kirjallisuuskatsauksen kahdessa tutkimuksessa, joissa haluttiin saada selville muun muassa flywheel-harjoittelun vaikuttavuutta alaraajan TULE-vaivoihin ei toteutettu intervention vaikutusten säilymistä/kestoa selvittävää kartoitusta enää tutkimuksen jälkeen. Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneet tutkimukset olivat kestoaltaan myös hyvin lyhyitä 8-12vk. Jotta pystyttäisiin tekemään tarkempia johtopäätöksiä flywheel-harjoittelun vaikutuksista ja tehokkuudesta pidemmällä aikavälillä, myös tällaisia tutkimuksia tarvittaisiin enemmän.

Lisäksi suurin osa tutkimuksista painottuu alaraajan lihasten vahvistamiseen, jolloin lisää tutkimuksia ja tutkimustietoa tarvitaan flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä yläraajojen kuntouttamisen osalta, sillä erilaisia flywheel-talja sovellutuksia löytyy markkinoilta. Esimerkiksi eksentrisen harjoittelun on

todettu olevan tehokas subakromiaalisen kipusyndrooman hoidossa sekä lateraalisen ja mediaalisen epikondyliitin hoidossa (Wonder 2019, 997).

Suurin osa kirjallisuuskatsaukseen valikoiduista tutkimuksista on tehty urheilijoilla tai henkilöille, joiden elämäntyyli oli aktiivinen. Lisäksi tutkimuksissa suurin osa koehenkilöistä olivat miehiä ja ikähaarukka oli melko suppea. Täten tarvitaan lisää tutkimuksia, joissa tutkimusryhmä olisi koostettu vielä paremmin muistuttamaan yleistä populaatiota.

Kokonaisuutenaan, tutkimustietoa flywheel-menetelmän hyödynnettävyydestä TULE- vaivojen kuntoutuksessa on vielä niukasti. Tarvitaan vielä lisää tutkimuksia, jotta voidaan tehdä täsmällisempiä johtopäätöksiä flywheel-menetelmän käytöstä TULE- vaivojen kuntoutuksessa (Wonders 2019, 999). Näin voidaan arvioida menetelmän tehokkuutta paremmin ja sen hyödyntämistä TULE-vaivojen kuntoutuksessa voidaan kehittää.

## Lähteet

- Bäckmand, H. & Vuori, T. 2010. Terve tuki- ja liikuntaelimityö. Opas tule-  
sairauksien ehkäisyyn ja hoitoon. Yliopistopaino: Helsinki: 2010. Viitattu 17.2.2023.  
[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/80329/d1fa552c-8d7b-4450-92df-  
2b9605f85604.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/80329/d1fa552c-8d7b-4450-92df-2b9605f85604.pdf?sequence=1)
- Beato, M & Dello Iacono, A. 2020. Implementing Flywheel (Isoinertial) Exercise in  
Strength Training: Current Evidence, Practical Recommendations, and Future  
Directions. OPINION article. School of Health and Sports Sciences. University of  
Suffolk, Ipswich, United Kingdom.
- Belavý, 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* 2017;3
- Brien, J; Browne, D; Earls D. & Lodge, C. 2022. The Efficacy of Flywheel Inertia  
Training to Enhance Hamstring Strength. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2022. 7, 14
- Brunker, J. 2015. Hamstring Injuries: prevention and treatment- an update. *Sports  
Med*, 2015; 49: 1241-1244. doi: 10.1136/bjsports-2014-094427. Epub 2015 Jun  
23.
- Burton, I. & McCormack, A. 2022. Inertial Flywheel Resistance Training in  
Tendinopathy Rehabilitation: A Scoping Review. *IJSPT.* 2022; 17(5): 775- 786.
- Cretnik, K; Plesa, J; Koznic, J; Löfler, S. & Sarabon, N. 2022. The Effect of  
Eccentric vs. Traditional Resistance Exercise on Muscle Strength, Body  
Composition, and Functional Performance in Older Adults: A Systematic Review  
With Meta-analysis. *Front. Sports Act. Living* 4: 873718.
- Damas, F; Barcelos, C; Nõrbega S. R; Urginowitsch, C; Lixandrão, M. E; Santos, L.  
M. E. D; Conceição, M. S; Vechin, F. & Libardi, C. 2018. Individual Muscle  
Hypertrophy and Strength Responses to High vs. Low Resistance Training  
Frequencies. *Journal of Strength and Conditioning*, 33(4)/ 897-901.
- Exxentric, n.d. Exxentric. Flywheel training. Applications. Viitattu 17.1.2023  
<https://exxentric.com/flywheel-training/applications/>
- Gual, G; Fort-Vanmeerhaeghe, A; Romero-Rodríguez, D. & Tesch, P.A. 2016.  
Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a

Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. Journal of Strength and Conditioning Research.

Henderson, F; Konishi, Y; Shima, N. & Shimokochi, Y. 2022. Effects of 8- week Exhausting Deep Knee Flexion Flywheel Training on Persistent Quadriceps Weakness in Well-Trained Athletes Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 13209.

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.

Hody, S; Croisier, J-L; Bury, T; Rogister, B. & Leprince, P. 2019. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. Front. Physiol. 10:536.

Hoitotyön tutkimussäätiö, n.d. Hoitosuosituksen laadinta. Tutkimustiedon hakeminen. Viitattu 17.1.2023 <https://www.hotus.fi/tutkimustiedon-hakeminen/>

Hoitotyön tutkimussäätiö, n.d. Tutkimusten arviointikriteeristö (JBI). Viitattu 14.4.2023. <https://www.hotus.fi/jbin-kriittisen-arvioinnin-tarkistuslistat/>

Hoitotyön tutkimussäätiö, n.d. Tutkimustiedon laadunarvioiminen. Viitattu 24.4.2023 <https://www.hotus.fi/tutkimustiedon-laadun-arvioiminen/>

Hynninen, Y; Lahelma, M; Rissanen, A; Voltti, S; Patja, K; Posa, M; Torkki, P; Reijula, K. & Leskelä, R-L. 2023. Tuki- ja liikuntaelinsairaudet ja mielenterveyden häiriöt aiheuttavat valtaosan terveydenhuollon kustannuksista. Suom. Lääkäril. 2023; 78: e:34248. Viitattu 3.2.2023 <https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/alkuperaistutkimukset/tuki-ja-liikuntaelinsairaudet-ja-mielenterveyden-hairiot-aiheuttavat-valtaosan-tyoterveyshuollon-kustannuksista/>

JBI, n.d. About JBI. Who are we? Viitattu 24.4.2023. <https://jbi.global/about-jbi>

Kauranen, K. 2014. Lihas- rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura.

Kauranen, K. 2019. Fysioterapeutin käsikirja. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kongsgaard, M; Kovanen, V; Aagaard, P; Doessing, S; Hansen, P; Laursen, A.H; Kaldau, N.C; Kjaer, M. & Magnusson, S.P.2009. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar

tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19: 790-802.

Kyngäs, H. & Vanhanen, L. 1999. Sisällönanalyysi. *Hoitotiede*. Vol 11, no.1/1999. Oppimateriaali opintojaksolla Kehittämis-, tutkimis-, ja innovaatioosaaminen. Turun ammattikorkeakoulu.

LaStayo, P; Marcus, R; Dibble, L; Frajacom, F. & Lindstedt, S. 2014. Eccentric Exercise in rehabilitation: safety, feasibility and application. *J App Physiol*. 116: 1426- 1434.

Lindgren, K-A. & Aho, H. 2005. TULES: tuki- ja liikuntaelinsairaudet. *Duodecim*.

Lorenz, D. & Reiman, M. 2011. The role and Implementation of Eccentric Training in Athletic Rehabilitation: Tendinopathy, Hamstring Strains and ACL Reconstruction. *Clinical Commentary. Int J Sports Phys Ther*. 2011 Mar;6(1)

Luomajoki, H. 2022. Liikkeen ja liikekontrollin häiriöt. VK- Kustannus Oy

Mäennenä, J; Olli, J; Puputti, J; Roininen, T; Haverinen, M; Kuukasjärvi, K; & Parkkinen, J, 2019. Voimaharjoittelu – teorioista parhaisiin käytäntöihin. VK- Kustannus Oy

Maroto- Izquierdo, S; Raya- González, J; Hernández- Davò, J. L. & Beato, M. 2021. Load Quantification and Testing Using Flywheel Devices in Sports. *Front. Physiol* 12: 739399

Monajati, A; Larumbe- Zabala, E; Goss- Sampson, M. & Naclerio, F. 2018. Injury Prevention Programs Based on Flywheel vs. Body Weight Resistance in Recreational Athletes. *J Strength Cond Res*. 2021 Feb 1;35(Suppl 1)

Naczka, M; Naczka, A; Brzenczek- Owczarzak, W; Arlet, J. & Adach, Z. 2015. Inertial Training: from the oldest devices to the newest Cyklotren technology. Original article. *Trends in Sport Sciences*: 2015; 4 (22): 191-196

Naczka, M; Naczka, A; Brzenczek- Owczarzak, W; Arlet, J. & Adach, Z. 2014. Training effectiveness of The Inertial Training and Measurement System. *Journal of Human Kinetics* 44/2014, 19-28.

Niela- Vilén, H.& Hamari, L. 2015. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteissä, toim. Stolt, M; Axelin, A. & Suhonen, R.

Norrbrand, L; Fluckey, J; Pozzo, M. & Tesch, P. 2008. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*.

Oermann, M. & Knafl, K. 2021. Strategies for completing a successful integrative review. *Nurse Author Ed.* 2021; 31 (3-4): 65-68.

Petrè, H; Wernstål, F; & Mattson, C. M. 2018. Effects of Flywheel Training on Strength- Related Variables: a Meta-analysis. *Sports Med Open*, 2018 Dec; 4: 55.

Reiner- Marcello, J. & Marcello, B. n.d. Eccentric Overload with Flywheel Training and Rehabilitation. Viitattu 23.2.2023.

<https://simplifaster.com/articles/eccentric-overload-flywheel-training/>

Ruffino, D; Malliaras, P; Marchengiani, S. & Campana, V. 2021. Inertial Flywheel vs Heavy Slow Resistance Training among Athletes with Patellar Tendinopathy. A randomised trial. *Phys Ther Sport*. 2021 Nov;52:30-37.

Saaranen-Kauppinen, A, & Puusniekka, A, 2006. KvaliMOTV – Kvalitatiivisen menetelmien verkko-oppikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 19.1.2023 <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Salakari, M. 2020. Turku AMK. Systemoitu kirjallisuuskatsaus tiedon tuottamisen menetelmänä pdf tiedosto. Viitattu: 16.4.2023

[https://tohtori.turkuamk.fi/uploads/2020/04/92b18b03-kirjallisuuskatsaus\\_20.4.20.pdf](https://tohtori.turkuamk.fi/uploads/2020/04/92b18b03-kirjallisuuskatsaus_20.4.20.pdf)

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdanto kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Viitattu 5.2.2023.

[https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)

Sandsröm, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen- Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 1. painos. Lahti: Vk-Kustannus Oy.

Schoenfeld, B. 2010. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(10):p 2857- 2872, October 2010.

Schoenfeld, B. 2018. Evidence- Based Guidelines for Resistance Training Volume to Maximize Muscle Hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning* 40 (4): p 107-112, August 2018.



Simplifaster. N.d. A Buyer's Guide to Flywheel Training Equipment. Viitattu 24.2.2023. <https://simplifaster.com/articles/buyers-guide-flywheel-training-equipment/>

Suhonen, R; Axelin, A, & Stolt, M, 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä.

Suomalainen, P; Sillanpää, P. & Järvelä, T, 2014. Eturistisiderepeämän hoito. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 10.5.2023 <https://www.duodecimlehti.fi/duo11538>

Tesch, P. A., Ekberg, A., Lindquist, D. M., and Trieschmann, J. T. 2004. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. Acta Physiol. Scand. 180, 89–98.

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

Tilastokeskus, n.d. Tietoa tilastoista. Tilastot. Käsitteet. Reliabiliteetti. Viitattu 1.5.2023 <https://www.stat.fi/meta/kas/reliabiliteetti.html>

Turku AMK, 2022. Johdatus tiedonhankintaan- opas. Tiedonhaun muotoilu. Viitattu 18.1.2023 <https://libguides.turkuamk.fi/tiedonhankinnanopas/>

Turku AMK, 2022. Johdatus tiedonhankintaan- opas: tiedonhaun muotoilu. Viitattu 14.4.2023 <https://libguides.turkuamk.fi/tiedonhankinnanopas/tiedonhaunmuotoilu>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2021. Hyvä tieteellinen käytäntö. Viitattu: 18.1.2023 <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan HTK- ohje 2023. Viitattu 20.4.2023. [https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje\\_2023.pdf](https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf)

Vilka, H. 2015. Tutki ja kehitä. PS- kustannus: Juva.

Vuori, J. (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen verkkoarkisto. Viitattu 24.4.2023.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/laadullinen-sisallonanalyysi/>

Wonders, 2019. Flywheel training in Musculoskeletal Rehabilitation: A Clinical Commentary. Int J Sports Phys Ther. 2019 Dec;14(6):994–1000.

## LIITTEET

Liite 1. Tiedonhaun taulukko

Liite 2. Laadun arviointi

Liite 3. Sisällönanalyysi

Liite 1. Tiedonhaun taulukko 68

Tiedonhaun päivämäärä	Tietokanta	Hakulauseke	Tulokset	Ensimmäiset rajaukset (tarkennettu jokaisen tietokannan kohdalla erikseen)	Otsikon ja abstraktin perusteella	Koko tekstin perusteella tutkimukseen valitut
7.2.2023	PubMed	("flywheel*" OR "eccentric training*" OR "isoinertial training*" OR "inertial training*") AND "rehabilitation*"	208	Tutkimukset toteutettu 2017–2022 ja "full text" rajaus: 62	Otsikon perusteella:30, jonka jälkeen Abstraktin perusteella: 11	2
10.2.2023	CINAHL	("flywheel*" OR "eccentric training*" OR "isoinertial training*" OR "inertial training*") AND "rehabilitation*"	742	Tutkimukset toteutettu 2017–2022, mutta ei vielä "full text" rajausta: 292	Otsikon perusteella, sekä rajattuna saatavaksi "full text": 43, jonka jälkeen abstraktin perusteella: 7	1
20.2.2023	PEDro	Jokainen haettu erikseen: flywheel training isoinertial training, inertial training	Lukumääriä ei saatavilla, haku tehtiin yksi hakusana kerrallaan	Vuodesta 2017 eteenpäin, ei vielä "full text" rajausta: 16	0	0
20.2.2023	Science Direct	(flywheel OR "eccentric training" OR "isoinertial training" OR "inertial training") AND (rehabilitation)	272	Tutkimukset toteutettu 2017–2022 ja "full text" rajaus: 43	0	0
20.2.2023	Research Gate	(flywheel OR "eccentric training" OR "isoinertial training" OR "inertial training") AND (rehabilitation)	Lukumääriä ei saatavilla	Tutkimukset toteutettu 2017–2022 ja "full text" rajaus: lukumääriä ei saatavilla	0	0
	Manuaalinen haku		2		0	0



29.11.2018

**JBI: Arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle**

Tätä tarkistuslistaa käytetään kvasikokeellisen tutkimuksen metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 9 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija Arvonen Adele & Koski Elisa Päiväys 16.4.2023Tekijä(t) Henderson, F; Konishi, Y; Shima, N. & Shigemochi, Y. Vuosi 2022 Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Ilmaistiinko tutkimuksessa selvästi mikä on syy ja mikä seuraus (ei ole epäselvyyttä siitä, kumpi muuttuja esiintyi ajallisesti ensin)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Onko vertailussa mukana olleet ryhmät samankaltaisia tutkittavien osalta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko vertailussa mukana olevien tutkittavien hoito yhdenmukainen muilta osin kuin altistumisen tai intervention osalta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Onko tutkimuksessa kontrolliryhmä?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mitattiinko tuloksia ennen interventiota /altistumista ja sen jälkeen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, niin kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Mitattiinko tulokset samalla tavalla kaikissa vertailuissa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Mitattiinko tulokset luotettavasti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan 

Kommentteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---



---

**JBI: Kriittisen arvioinnin tarkistuslista satunnaistetulle kontrolloidulle tutkimukselle (RCT)**

Tätä tarkistuslistaa käytetään satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen (randomized controlled trial, RCT) metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 13 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija Arvonen Adele & Koski Elisa Päiväys 14.4.2023Tekijä(t) Belavy, D; Ohshima, H; Rittweger, J. & Vuosi 2017 Nro \_\_\_\_\_  
Felsenberg, D.

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko osallistujien ryhmiin jakaminen satunnaistettu?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko tutkittavien ryhmiin jako salattu ryhmiin jakoa toteuttaneilta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ovatko koe- ja kontrolliryhmät samankaltaisia tutkimuksen alussa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko tutkittavat sokkoutettu tutkimuksen ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko intervention toteuttajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ovatko tulosmuuttujien mittaajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Kohdeltiinko ryhmiä yhdenmukaisesti lukuun ottamatta tutkimuksen kohteena olevaa interventiota?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Tehtiinkö lähtöryhmien mukainen (hoitoaieanalyysi eli 'intention-to-treat') analyysi?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mitattiinko muuttujat samalla tavalla kaikissa ryhmissä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mitattiinko muuttujat luotettavasti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Onko koeasetelma tutkittavan aihealueen näkökulmasta asianmukainen, ja huomioitiinko mahdolliset poikkeavuudet perinteisestä RCT-asetelmasta tutkimuksen toteutuksessa ja analyysissa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan 

Kommentit (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---

**JBI: Kriittisen arvioinnin tarkistuslista satunnaistetulle kontrolloidulle tutkimukselle (RCT)**

Tätä tarkistuslistaa käytetään satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen (randomized controlled trial, RCT) metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 13 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija Arvonen Adele & Koski Elisa Päiväys 14.4.2023

Tekijä(t) Ruffino, D; Malliaras, P; Marchegiani, S. & Vuosi 2022 Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko osallistujien ryhmiin jakaminen satunnaistettu?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko tutkittavien ryhmiin jako salattu ryhmiin jakoa toteuttaneilta?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ovatko koe- ja kontrolliryhmät samankaltaisia tutkimuksen alussa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko tutkittavat sokkoutettu tutkimuksen ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko intervention toteuttajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ovatko tulomuuttujien mittajat sokkoutettu tutkittavien ryhmäajoista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Kohdeltiinko ryhmiä yhdenmukaisesti lukuun ottamatta tutkimuksen kohteena olevaa interventiota?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Tehtiinkö lähtöryhmien mukainen (hoitoaieanalyysi eli "intention-to-treat") analyysi?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mitattiinko muuttajat samalla tavalla kaikissa ryhmissä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mitattiinko muuttajat luotettavasti?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Onko koeasetelma tutkittavan aihealueen näkökulmasta asianmukainen, ja huomioitiinko mahdolliset poikkeavuudet perinteisestä RCT-asetelmasta tutkimuksen toteutuksessa ja analysissa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan

Kommentit (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---

Alkuperäisiä ilmaisia aineistosta	Redusointi		Klusterointi	Abstrahointi
"Importantly, these findings underscore <sup>19</sup> that a short duration, high load, resistance exercise programme can be very effective in reducing muscle atrophy in bed-rest."	Nämä tulokset korostavat, että lyhytkestoinen, suurella vastuksella suoritettu vastusharjoitteluohjelma voi olla todella tehokas vähentämään lihaskatoa sänkylevossa.	Lyhytkestoinen, suurella vastuksella suoritettu harjoitteluohjelma voi olla tehokas tapa vähentämään lihaskatoa sänkylevossa.	Lihaskadon vähentäminen flywheel-harjoittelulla	Flywheel-harjoittelun vaikutus lihaskatoon
"Lower gluteus maximus and rectus femoris atrophied significantly in the inactive group and not in the flywheel group, but the differences between the groups were not statistically significant on ANOVA (p>0.07)."	Gluteuksen alaosa ja rectus femoris atrofioiduivat merkittävästi inaktiivisessa ryhmässä verrattuna flywheel-ryhmään, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä.	Lihaskatoa inaktiivisella ryhmällä m. gluteus maximus alaosassa sekä m. rectus femoriksessa verrattuna flywheel-ryhmään.		
"On 'intent-to-treat' analysis, flywheel prevented atrophy in the vasti (p<0.001) and reduced atrophy in the hip adductor/abductor adductor magnus (p=0.001), and ankle dorsiflexors/toe flexors (soleus (p<0.01), gastrocnemius medialis (p<0.001), gastrocnemius lateralis (p=0.02) and tibialis posterior with flexor digitorum longus (p=0.04))."	Flywheel-harjoittelu esti lihasatrofiaa vasteissa ja vähensi atrofiaa lonkan lähentäjässä/ojentajassa adductor magnuksessa ja nilkan koukistajissa/varpaan koukistajissa (soleus, gastrocnemius medialis ja lateralis, tibialis posterior ja flexor digitorum longus).	Flywheel-harjoittelu vähensi lihaskatoa m. adductor magnuksessa sekä nilkan ja varpaan koukistajissa.		
		Flywheel-harjoittelu esti lihaskatoa m. vastus medialis ja lateralis.	Lihaskadon estäminen flywheel-harjoittelulla	
"The countermeasure was, however, not effective in preventing atrophy of the hamstrings, medial thigh muscles, ankle evertors and dorsiflexors."	Flywheel-harjoittelu ei ollut vaikuttava hamstringien, reiden keskiosan tai peronealisten ja koukistajalihasten lihaskadon ehkäisyssä.		Flywheel-harjoittelulla ei vaikutusta lihaskatoon	
"RFD0–50 ms and RFD0–150 ms significantly increased, but CAR did not. Although the gains in MVIC were not significant, correlation analysis revealed that the lower the baseline MVIC, the greater the gain in MVIC."	Voimantuotonopeus 0-50ms sekä 0-150ms nousivat merkittävästi, mutta CAR (central activation ratio) ei. Vaikka kehitykset maksimaalisessa tahdonalaisessa isometrisessä supistusvoimassa eivät olleet tilastollisesti merkittävät, korrelaatioanalyysi osoitti, että mitä alempi tämän lähtötaso oli, sitä suurempi oli kehitys	Voimantuotonopeus nousi merkittävästi.  Central activation ratio: Ei tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta.  Kehitys tahdonalaisessa isometrisessä supistusvoimassa: ei tilastollisesti merkittävää kehitystä.  Mitä alempi lähtötaso tahdonalaisessa isometrisessä supistusvoimassa, sitä isompi oli tämän kehitys.	Flywheel-harjoittelun vaikutukset voimantuottoon ACLR potilailla	Flywheel-harjoittelun vaikutukset ja käyttö ACL-leikkauksesta kuntoutuville
"Taken together, while unchanged CAR suggests that more MUs were not recruited, gains in RFD suggest that flywheel training altered MU behavior. Thus, we conclude that exhaustive deep knee flexion flywheel training can improve neural drive	Vaikka ennallaan säilynyt CAR antaa ymmärtää, ettei lisää motorisia yksiköitä rekrytoitu, voimantuoton nopeuden kehitys antaa ymmärtää, että flywheel-harjoittelu muuttaa motoristen yksiköiden käyttäytymistä. Joten uupumukseen	Flywheel-harjoittelu voi muuttaa motoristen yksiköiden käyttäytymistä ja täten se voi parantaa hermostollista kulkua aikaisen voimantuoton		



during early force production in athletes with ACLR."	asti suoritettu syvä yhdenjalan kyykky flywheel-harjoitteluna voi parantaa hermostollista kulkua aikaisen voimantuoton aikana ACL-leikatuilla urheilijoilla.	aikana ACL-leikatuilla urheilijoilla.		
"Every participant completed every session without adverse events and showed an improvement in the average power and number of repetitions over the 16 sessions."	Jokainen osallistuja suoritti jokaisen harjoituskerran ilman epäsuotuisia tapahtumia ja osoitti kehitystä voimassa sekä toistomäärissä 16 harjoituskerran aikana.	Jokaisella osallistujalla tapahtui kehitystä voimassa sekä toistomäärissä.		
"Fortunately, simply adding a single set of bulgarian split squat on a flywheel device twice a week over a couple of months to an individual's training program appears sufficient to progressively improve quadriceps force production in athletes who underwent ACLR, particularly in participants with relatively low quadriceps force production."	Yksi sarja Bulgarian split-kyykky flywheel-laitteella kaksi kertaa viikossa suoritettuna 8 viikon ajan urheilijan oman harjoitteluohjelman lisäksi on ilmeisesti riittävä lisäämään reiden etuosan voimantuottoa ACL- leikatulla urheilijoilla, etenkin niillä, joilla voimantuotto on heikompaa.	Bulgarialainen split-kyykky harjoittelu flywheel-laitteella lisänä urheilijan omaan harjoitteluohjelmaan on ilmeisesti riittävä lisäämään reiden etuosan voimantuottoa ACL-leikatuilla urheilijoilla.		
"Thus, improving quadriceps function at deeper knee flexion angles should contribute to a safe return to sports while improving athletes' performance after ACLR."	Quadricepsin toiminnan parantaminen syvemmillä polven fleksio kulmilla pitäisi tukea turvalliseen urheilun pariin palaamista, sekä samalla parantaa urheilijan suorituskykyä ACL leikkauksen jälkeen.		Flywheel-harjoittelun vaikutukset toimintakykyyn ACLR-potilailla	
"Additionally, the Bulgarian squat on the flywheel also has several practical advantages for therapists and trainers: (i) athletes get accustomed to inertial training rapidly in two to three sessions [46]; (ii) it is a common exercise in training programs, meaning that this movement requires little learning and can be implemented even by trainers with little experience; (iii) it requires little instruction from the trainer to be executed properly, besides reminding athletes to gently touch the platform for each repetition; and (iv) setup of the equipment is quick, simple, and only requires a goniometer to set the maximum knee angle to 60°. Lastly, this protocol proved safe with no adverse events recorded, and no pain but delayed onset muscle soreness the day following the first couple of sessions was reported.	Flywheel-laitteella suoritettulla bulgarialaisella askelkyykyllä on seuraavia käytännöllisiä hyötyjä terapeuteille ja valmentajille:  1) urheilijat tottuvat siihen nopeasti  2) Se on yleisesti käytetty liike harjoitteluohjelmissa, joten vaatii vähän opettelua.  3) Se vaatii vähän ohjeistusta valmentajalta suoritettavaksi oikein.  4) Harjoitusvälineen asentaminen on nopeaa, yksinkertaista ja vaatii vain goniometrin asettelun 60asteeseen oikean polvikulman saamiseksi.  5) Viimeisenä tämä harjoitusmuoto osoittautui turvalliseksi	Flywheel-laitteella suoritettujen bulgarialaisen askelkyykyyn käytännöllisiä hyötyjä: urheilijoiden nopea tottuminen liikkeeseen, vaatii vähän opettelua sekä ohjeistusta, harjoitusvälineen asentaminen nopeaa, yksinkertaista ja harjoitusmuotona se on turvallinen.	Flywheel-harjoittelun käytön ominaisuuksia ACLR potilailla	
"There was significant within-group improvement in VISA-P scores at each time point for both groups."	Molempien ryhmien sisäinen kehitys VISA-P pisteissä oli merkittävä jokaisella mittauskerralla.		Flywheel-harjoittelun vaikutus kipuun patellajänteen tendinopatiasta kärsivillä	Flywheel-harjoittelun vaikutukset ja käyttö patellajänteen

<p>"The main finding of the present study demonstrates that there were no statistical differences in the short-term between inertial flywheel and heavy slow resistance training in reducing pain and improving function in individuals with PT. There were also no differences between groups for secondary outcomes including self-reported pain and function, pain with provocative loading tests, imaging, physical testing, global pain and function improvement."</p>	<p>Tutkimuksen päätulos osoittaa, että inertial Flywheel ryhmän ja Heavy slow resistance ryhmän välillä ei ollut tilastollisia eroja lyhyellä aikavälillä kivun lievittämisessä eikä toimintakyvyn parantumisessa yksilöillä, joilla on patella tendinopatia.</p> <p>Ryhmien välillä ei myöskään ollut eroja sekundaärimuuttujissa, joihin kuului itse raportoitu kipu ja toimintakyky, kivussa, joka mitattiin provokaatio ylikuormitus testin avulla, kuvantaminen, fyysiset testit, yleinen koettu kipu sekä toimintakyvyn parantuminen</p>	<p>Tutkimusryhmien välillä ei ollut tilastollisia eroja lyhyellä aikavälillä kivun lievittämisessä.</p> <p>Sekundaärimuuttujissa ei tutkimusryhmien välisiä eroja itseraportoidussa kivussa, kivussa, joka mitattiin provokaatio ylikuormitustesteillä eikä yleisesti koetussa kivussa.</p>		<p>tendinopatiasta kärsivillä</p>
<p>"We hypothesized that inertial flywheel resistance may offer benefits over heavy slow resistance to 'power outcomes' such as CMJ and triple hop because of a combination of progressive power training and concentric-eccentric overload. We did not, however, observe any advantages from these outcomes, or any functional outcomes, for the inertial flywheel resistance training."</p>	<p>Tutkimuksessa hypotisoitiin että inertiaalinen flywheel vastus harjoittelu saattaa tarjota hyötyjä voimantuottoon kuten kevenettyyn hyppyyn sekä kolmiloikkaan verrattuna Heavy slow resistance-harjoitteluun. Tämä johtuen yhdistelmästä progressiivista voimaharjoittelua sekä konsentrista-eksentristä ylikuormitusta. Näissä tuloksista ei kuitenkaan ole havaittu yhtään etuja eikä toiminnallisia tuloksia inertiaalisen flywheel-harjoittelun puolesta.</p>	<p>Flyheel-harjoittelulla ei havaittu mitään etuja voimantuottoon kuten kevenettyyn hyppyyn, kolmiloikkaan tai muihin toiminnallisiin tekijöihin verrattaessa heavy slow resistance-harjoitteluun.</p>	<p>Flywheel-harjoittelun vaikutus toimintakyvyn patellajänteen tendinopatiasta kärsivillä.</p>	
<p>"However, it is important to remember that power is strongly predicted by strength which improved significantly in both groups (e.g., leg extension improved 21% in the inertial flywheel group and 19% in injured leg in the heavy slow resistance group)"</p>	<p>On tärkeää muistaa, että kokonaisvoima on vahvasti ennustettavissa lihasvoimasta, joka merkittävästi parani molemmissa ryhmissä (polven ojennus parani 21 % flywheel-ryhmässä ja 19 % heavy slow resistance-ryhmässä loukkaantuneessa alaraajassa)</p>	<p>Kokonaisvoima on vahvasti ennustettavissa lihasvoimasta, mikä parani merkittävästi molemmissa ryhmissä leikatun alaraajan polvenojennuksessa.</p>		
<p>"Flywheel training appears safe in this population and may be considered as an alternative exercise option for this population, although studies with longer-term outcomes are needed."</p>	<p>Flywheel-harjoittelu vaikuttaa turvalliselta tälle kohderyhmälle ja voidaan harkita vaihtoehtoisena harjoitteluvaihtoehtona, vaikka tarvitaan pidemmän ajan tutkimuksia tuloksista.</p>	<p>Flywheel-harjoittelua voidaan harkita vaihtoehtoisena ja turvallisena harjoitusmenetelmänä patellan tendinopatian kuntoutuksessa.</p>	<p>Flywheel-harjoittelu iinterventiona patellajänteen tendinopatiasta kärsivillä</p>	

