



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Anna Ahde, Riina Määttä, Janne Tuomikangas

Blood flow restriction- lihasvoimaharjoittelumenetelmä

Kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Hyvinvointialat

Fysioterapia

Opinnäytetyö

25.11.2018

Tekijä(t) Otsikko	Anna Ahde, Riina Määttä, Janne Tuomikangas Blood flow restriction -lihasvoimaharjoittelumenetelmä
Sivumäärä Aika	29 sivua 25.11.2018
Tutkinto	Fysioterapeutti AMK
Tutkinto-ohjelma	Fysioterapia
Suuntautumisvaihtoehto	Fysioterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t)	Fysioterapian lehtori Sirpa Ahola Fysioterapian lehtori Leena Piironen
<p>Blood flow restriction (BFR) menetelmän avulla pyritään vaikuttamaan lihasvoiman kasvuun, hypertrofiaan sekä toimintakyvyn paranemiseen. Menetelmän käyttö yhdistetään yleensä matalatehoiseen (20%-50% 1RM) harjoitteluun. BFR-menetelmässä verenkiertoa estetään osittain ulkoisen mansetin avulla ja osittainen verenkierron estyminen aiheuttaa lihakseen sisäistä painetta. Paineen avulla saadaan luotua lihaksille anaerobinen ympäristö, mikä mahdollistaa lihassolujen hypertrofian sekä lihasvoiman kasvun myös matalatehoisella harjoittelulla toteutettuna. Tutkimukset osoittavat, että matalatehoisella BFR-harjoittelulla voidaan saada aikaiseksi merkittävää lihasvoiman kasvua sekä hypertrofiaa, jopa samassa mittakaavassa kuin perinteisellä raskastehoisella voimaharjoittelulla. BFR-menetelmän on tutkimusten mukaan todettu olevan perinteistä fysioterapiaa tehokkaampaa postoperatiivisessa kuntoutuksessa.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää blood flow restriction -menetelmän vaikutuksia hypertrofiaan sekä lihasvoiman kasvuun uusimpien tutkimustulosten perusteella. Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota kuntoutusalan ammattilaisille suomenkielinen yhteenveto uudesta menetelmästä ja sen käyttömahdollisuuksista. Opinnäytetyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena systemaattisen kirjallisuuskatsauksen hakuprosessia mukailien. Tutkimushaut suoritettiin PubMed ja Cinahl tietokantoihin ja yhteensä 13 tutkimusta tai julkaisua täyttivät sisäänottokriteerit. Käsittelyyn otettiin tutkimusten lisäksi myös kevyempiä julkaisuja, kuten tapausraportti ja asiantuntijoiden lausuntoja, sillä BFR-menetelmä on melko uusi tutkimuskohde ja tutkimustietoa on saatavilla suhteellisen vähän.</p> <p>BFR-menetelmän käytöllä on omat rajoitteensa. Sen käyttö saattaa olla haitallinen henkilöille, joilla on heikko verenkierto, runsas ylipaino, diabetes, valtimoiden kalkkeutuma, sirppisoluanemia, korkea verenpaine tai heikosti toimivat munuaiset. Kontraindikaatioita menetelmän käytölle ovat laskimoveritulppa, heikko ääreisverenkierto, sirppisoluanemia, tulehdus raajoissa, poistetut imusolmukkeet, syöpä/kasvain tai lääkeaineet, joiden tiedetään aiheuttavan veren hyytymistä. BFR-menetelmän turvallisuutta on tulevaisuudessa tutkittava lisää. Tutkimustulokset osoittavat BFR-menetelmän käytöllä olevan positiivisia vaikutuksia lihasvoiman kasvuun sekä hypertrofiaan etenkin postoperatiivisessa kuntoutuksessa, vamman jälkeisessä kuntoutuksessa sekä ikääntymisestä aiheutuvien toimintakykyä alentavien tekijöiden ennaltaehkäisyssä.</p>	
Avainsanat	Blood flow restriction, hypertrofia, lihasvoima, fysioterapia

Authors Title	Anna Ahde, Riina Määttä, Janne Tuomikangas Blood flow restriction – muscle strength training method
Number of Pages Date	29 pages 25 November 2018
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Physiotherapy
Instructors	Sirpa Ahola, Senior lecturer Leena Piironen, Senior Lecturer
<p>The Blood flow restriction (BFR) method is used to influence muscle strength, hypertrophy and functional capacity. The use of the method is usually combined with low-load (20%-50% 1RM) resistance training. In the BFR method, blood circulation is partially occluded by an external cuff which creates inner pressure to the muscle. Due to the pressure, an anaerobic environment can be created for the muscles, enabling muscle cell hypertrophy and augmentation of muscle strength, even with low-load training. Research show that low-load resistance training combined with BFR training can result in significantly increased muscle strength and hypertrophy on the same scale as conventional high load resistance training. According to research the BFR method has been found to be more effective than traditional physiotherapy in postoperative rehabilitation.</p> <p>The purpose of this thesis is to study the effects of the blood flow restriction method on hypertrophy and muscle strength based on the latest research results. The aim of the thesis is to provide a concise summary in Finnish about the BFR method and its use as part of rehabilitation for the healthcare professionals. The thesis has been carried out as a literature review following the principles of a systematic review. Literature search was made in PubMed and Cinahl databases and a total of 13 studies or other publications, like expert opinions, met the entry criteria. Other publications were also included in this thesis due to a relatively small amount of research data on this exact topic.</p> <p>BFR method has its own limitations. The use of this method may be harmful to people with poor blood circulation, overweight, diabetes, arterial arthritis, sickle cell anemia, high blood pressure, or dysfunctional kidneys. Contraindications for the use of the method include venous thromboembolism, weak peripheral blood circulation, sickle cell anemia, limb inflammation, lymphectomies, cancer, tumor or drugs known to cause blood clotting. Future studies are needed to investigate the safety of the BFR method. The results show that the use of the BFR method has positive effects on the growth of muscular strength and hypertrophy, especially in postoperative rehabilitation, post-injury rehabilitation and prevention of aging-related factors.</p>	
Keywords	blood flow restriction, hypertrophy, muscle strength, physiotherapy

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	3
3	Lihaskoimaharjoittelu	4
3.1	Motoristen yksiköiden rekrytointi ja hypertrofia	4
3.2	Voimaharjoittelun määritelmät	5
3.3	Liikunta- ja lihasvoimasuosituksia	6
4	Blood flow restriction-menetelmä	7
5	Tulokset	10
5.1	Tutkimushakuprosessi	10
5.2	BFR-menetelmän fysiologiset vaikutukset	16
5.3	BFR-menetelmän haitat, huolenaiheet ja kontraindikaatiot	18
5.4	BFR-menetelmän käyttö osana fysioterapiaa	19
6	Pohdinta	24
	Lähteet	27

1 Johdanto

Blood flow restriction (BFR) -menetelmä, eli osittainen verenkierron estäminen paikallisesti, on kuntoutusmaailmassa suhteellisen uusi tapa harjoittaa lihasvoimaa. BFR-menetelmällä suoritettua lihasvoimaharjoitusta verenkiertoa estetään osittain mansetilla (esim. n.5cm leveä) läheltä harjoitettavaa aluetta, esimerkiksi reiden yläosasta tai käsivarren proksimaalisimmasta päästä. Tähän mennessä menetelmää on tutkittu lähinnä ylä- ja alaraajojen vammojen kuntoutuksessa, jolloin mansetti saadaan helposti asetettua lähelle kuntoutettavaa aluetta. BFR-menetelmää tutkitaan jatkuvasti ja se on pikkuhiljaa kasvattamassa suosiotaan yhtenä mahdollisena kuntoutuksen muotona.

Menetelmällä pyritään vaikuttamaan lihasvoiman kasvuun, lihaksen hypertrofiaan sekä toimintakyvyn kasvuun eli samoihin tekijöihin kuin perinteisessä lihasvoimaharjoittelussa. BFR-harjoittelu toteutetaan matalatehoisena voimaharjoitteluna ja se on sen vuoksi turvallinen kuntoutuskeino myös henkilöille, joille kovatehoinen voimaharjoittelu ei ole mahdollista. (Loenneke – Fahs – Rossow – Abe – Bemben 2011.)

BFR- menetelmää käyttämällä saadaan luotua samankaltaisia vaikutuksia lihaksessa kuin perinteisellä raskastehoisella lihasvoimaharjoittelulla. Menetelmää on käytetty esimerkiksi postoperatiivisessa kuntoutuksessa sekä immobilisaatiosta johtuvan lihasatrofian ehkäisyssä. Vaikka BFR-harjoittelu on matalatehoista, sen jatkuva verenkierron estyminen aiheuttaa työskentelevässä lihaksessa yhtä suuren metabolisen stressireaktion kuin harjoiteltaessa raskailla kuormilla. (Faltus – Owens – Hedt 2018.) Ehkä juuri tämän vuoksi kiinnostus BFR-menetelmää kohtaan on suuressa kasvussa ja menetelmän käytön mahdollisuuksia on tutkittu myös ikääntymisestä aiheutuvien, toimintakykyä heikentävien tekijöiden ennaltaehkäisyssä (Hackney ym. 2018).

BFR-menetelmästä on olemassa suomenkielistä materiaalia vain hyvin vähän, joten uusimman tutkimustiedon suomentaminen on oleellista uuden menetelmän tunnettavuuden parantamiseksi. Sen vuoksi tämän katsauksen tavoite on edistää BFR-menetelmän tunnettavuutta, esitellä uusin tutkimustieto menetelmän vaikutuksista lihaskudokseen sekä tarjota kuntoutusalan ammattilaisille suomenkielinen yhteenveto menetelmän käyttömahdollisuuksista. Aiemmin samasta aiheesta on julkaistu ilmeisesti vain yksi suomenkielinen kirjallisuuskatsaus vuonna 2017 Jyväskylän AMK:ssa (Keinänen – Kärkkö 2017). Keinäsen ja Kärkkön (2017) opinnäytetyössä selvitettiin, millaisille

kuntoutujaryhmille BFR-menetelmän käyttö fysioterapiassa on perusteltua ja mitä vaikutuksia menetelmällä saadaan aikaan tyypillisillä kuntoutujaryhmillä terapeuttisessa harjoittelussa. Heidän katsauksessaan todettiin, että BFR-harjoittelu on lupaava menetelmä kuntoutuksen maailmaan ja menetelmää voidaan käyttää hyvin lihasvoiman sekä -massan kasvattamiseen alaraajoissa. Heidän tutkimuskatsauksessa BFR-harjoittelun todettiin olevan käytännöllinen sekä turvallinen menetelmä tuki- ja liikuntaelinsairauksista kuntoutuville, iäkkäiden voima- ja kävelyharjoitteluun sekä immobilisaation hoitoon. Turvallisuustekijöistä sekä menetelmän soveltuvuudesta erilaisille kuntoutujaryhmille tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta menetelmän voi ottaa laajemmin kliniseen käyttöön.

Koska edellinen suomenkielinen katsaus pureutui BFR-menetelmään yleisemmällä tasolla, meidän opinnäytetyön aiheeksi valikoitui erityisesti lihasvoiman kasvu ja hypertrofia. Keskitymme tutkimuksiin, jotka mittaavat BFR-menetelmällä saatuja vaikutuksia joko hypertrofiaan tai lihasvoiman kasvuun tai kumpaankin niistä. Kirjallisuuskatsaus pureutuu uusimpiin, viimeisen puolentoista vuoden aikana tehtyihin tutkimuksiin. Tutkimushaku on tehty mukaillen systemaattista hakua ja mukaan otettiin myös kevyempiä tutkimuksia ja julkaisuja, jotta aihealueesta saatiin käsittelyyn mahdollisimman paljon uusinta tietoa. Opinnäytetyömme tarkastelee, onko BFR-menetelmän käytöstä saatu uutta näkökulmaa tai vahvistusta lihasvoiman kasvuun, hypertrofiaan tai turvallisuuteen kuluksen puolentoista vuoden aikana. Lisäksi opinnäytetyössä pohditaan, voisiko BFR-menetelmää käyttää jokapäiväisessä fysioterapiassa ja millaisille asiakkaille menetelmä sopii.

2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millaista tutkimustietoa blood flow restriction (BFR) -menetelmästä ja sen vaikutuksesta hypertrofiaan sekä lihasvoimaan on julkaistu viimeisen puolentoista vuoden aikana.

Opinnäytetyön tavoitteena on edistää BFR- menetelmän tunnettavuutta ja esitellä menetelmän vaikuttavuutta lihaskudokseen.

3 Lihasvoimaharjoittelu

Lihasvoimaharjoittelulla pyritään parantamaan hermo-lihasjärjestelmän toimintaa. Lihasten kyky tuottaa voimaa riippuu niiden koosta ja hermostollisen säätelyn tehokkuudesta. Voimantuottoon vaikuttavat geneettiset tekijät, ravitseminen ja aineenvaihdunnan säätely. Voimantuotonkykyä mittaavat menetelmät vaativat myös spesifiä liiketekniikkaa, joten tekniikan hallitsemisen voidaan katsoa olevan yksi voimantuottoon vaikuttavista tekijöistä. Lihasvoimaharjoittelu voidaan jakaa maksimivoima-, nopeusvoima-, kestovoima- ja hypertrofiaharjoitteluun. Kaikkia voiman osa-alueita harjoitetaan eri tavoin ja niiden vaikutukset hermo-lihasjärjestelmään poikkeavat toisistaan. Jokaisen osa-alueen harjoittaminen vaikuttaa muihin osa-alueisiin. (Fleck — Steven — Kraemer — William 2014: 63 – 107.)

3.1 Motoristen yksiköiden rekrytointi ja hypertrofia

Motoriseksi yksiköksi kutsutaan lihaksen sitä aluetta, jota yksi liikehermosolu (alfamotoneuroni) hermottaa. Liikehermosolut jaetaan yleensä kahteen päätyyppiin: hitaisiin mutta kestäviin, vähän voimaa tuottaviin (tyyppi 1) ja nopeasti supistuviin ja väsyviin, paljon voimaa tuottaviin (tyyppi 2). Jokaisessa luurankolihasessa näitä yksiköitä on iso määrä, riippuen lihaksesta. Motorisen yksikön kaikki lihassolut toimivat yhdessä. Ne joko supistuvat tai eivät supistu. Mitä suurempi osa motorisista yksiköistä saadaan toimimaan samaan aikaan, sitä suurempi osa lihasrungosta on käytössä ja sitä suurempi voimantuotto saadaan aikaiseksi. Hermo-lihasjärjestelmässä vähän voimaa tarvittaviin suorituksiin aktivoidaan ensin tyyppin 1 yksiköitä ja kun voimaa tarvitaan enemmän, otetaan tyyppin 2 yksiköt mukaan. Maksimivoima- ja nopeusvoimaharjoittelu perustuvat motoristen yksiköiden rekrytointiin. (Fleck — Steven — Kraemer — William 2014: 63 – 107.)

Hypertrofia tarkoittaa lihassolun pinta-alan kasvua. Kun lihaksen poikkipinta-ala kasvaa, sen mahdollisuus tuottaa voimaa paranee. Voimaharjoittelun seurauksena lihaksen sarkomeereissä tapahtuu osittaista hajoamista mekaanisen stressin johdosta. Hajotettujen lihasten proteiinisynteesi kiihtyy ja lihas korjaa itsensä, kun aktiini- ja myosiinifilamentti-proteiinien koko ja määrä lisääntyvät. (Fleck – Steven – Kraemer – William 2014: 63 – 107.)

3.2 Voimaharjoittelun määritelmät

Maksimivoimaharjoittelun tavoitteena on harjoittaa hermoston kykyä ottaa käyttöön mahdollisimman paljon motorisia yksiköitä (1 & 2 tyypin). Harjoittelussa käytetään kuormia, jotka ovat lähellä sen hetkistä maksimaalista voimantuottokykyä.

Nopeusvoimaharjoittelussa taas pyritään harjoittamaan hermoston kykyä ottaa käyttöön mahdollisimman paljon nopeasti supistuvia, tyypin 2 motorisia yksiköitä mahdollisimman nopeasti. Harjoittelussa pyritään käyttämään mahdollisimman suurta liikenopeutta ja maltillisia kuormia.

Hypertrofisen harjoittelun tavoitteena on kasvattaa lihaksen kokoa. Harjoittelun tuloksena myös maksimivoima lisääntyy jonkin verran. Hypertrofisessa harjoittelussa käytetään kuormia, jotka ovat raskaita ja joilla saadaan lihakseen jännityksen alaista aikaa maksimivoimaharjoittelua pidempään. (Fleck – Steven – Kraemer – William 2014: 63 – 107.)

Kestovoimalla tarkoitetaan lihassolujen kykyä ylläpitää voimantuottoa submaksimaalisella tasolla mahdollisimman pitkään. Kestovoima parantaa lihassolujen aerobista ja anaerobista energiantuottoa, mutta ei merkittävästi kasvata maksimivoimaa eikä lihasmassaa. Kestovoimaharjoittelussa kuormat ovat kevyitä ja jännityksen alainen aika on pitkä. (Fleck – Steven – Kraemer – William 2014: 63 – 107.)

3.3 Liikunta- ja lihasvoimasuosituksia

Eri länsimaiden liikuntasuositukset ovat kaikki hyvin samanlaisia. Sekä Yhdysvaltojen että Brittien ja Kanadan liikuntasuositukset eivät sisällöltään poikkea olennaisesti toisistaan. Suomalaiset liikuntasuositukset pohjautuvat Yhdysvaltojen liikuntasuosituksiin. 18–64-vuotiaille suositellaan kohtuukuormitteista kestävyysliikuntaa vähintään 150 minuuttia viikossa (esim. 30 minuuttia kerrallaan, viitenä päivänä viikossa tai raskasta liikuntaa 75 minuuttia viikossa). Sen lisäksi kohtuukuormitteista lihasvoima- ja kestävyysharjoittelua vähintään kahtena päivänä viikossa. Mikäli vähimmäissuositukset täyttyvät, on liikunnalla mahdollista lisätä siitä saatavia terveyshyötyjä. (Duodecim Liikunnan käypähoitosuositus, 2016.)

WHO:n fyysisen aktiivisuuden suositusten mukaan 18 – 64-vuotiaiden tulisi tehdä aerobista liikuntaa joko 150 minuuttia viikossa kohtalaisella sykkeellä tai 75 minuuttia viikossa kovalla intensiteetillä, vähintään 10 minuuttia kerrallaan. Lihaskuntoharjoittelua suositusten mukaan tulisi tehdä vähintään kaksi kertaa viikossa ja sen tulisi sisältää ainakin suurimmat lihasryhmät. Yli 65-vuotiaille WHO:n suositukset ovat samat kuin edellä mainitut. Lisäksi suosituksissa todetaan, että mikäli terveydentilan vuoksi ei ole mahdollista liikkua suosituksen mukaisesti, on tärkeää pysyä mahdollisimman fyysisesti aktiivisena oman terveydentilan tai rajoitusten puitteissa (WHO, 2010.)

4 Blood flow restriction-menetelmä

BFR-menetelmä perustuu tekniikkaan, jossa vaikutetaan harjoitettavan raajan veren virtaukseen estämällä se osittain ulkoisen mansetin avulla. Verenkierron heikentyminen vaikuttaa lihaksen sisäiseen paineeseen ja sitä kautta lihaksen kasvun tekijöihin. Vähentynyt hapenmäärä lihaksessa lihasvoimaharjoituksen aikana, aineenvaihduntatuotteiden kerääntyminen lihakseen sekä harjoituksen jälkeinen mansetin poiston aiheuttama reaktiivinen hyperemia (lisääntynyt verekkyyks) saavat aikaan lihassolujen turpoamista. Mekanismi on sama mitä tapahtuu automaattisesti lihaksessa, kun harjoitetaan perinteistä kovatehoista lihasvoimaharjoittelua. BFR-harjoittelu on matalatehoista, 20-50% 1RM:lla suoritettua, minkä vuoksi menetelmä sopii monille kuntoutujaryhmille. Myös niille, joille tavallinen kovatehoinen harjoittelu on kontraindikoitua tai muulla tavalla ei suositeltua, kuten iäkkäille. (Loenneke – Fahs – Rossow – Abe – Bemben 2011.)

BFR-harjoittelussa lihaksen tensio ja hypoksia (happivaje) toteutetaan käyttämällä kiristäviä mansetteja lähellä harjoitettavaa lihasta, yleensä raajan proksimaalisimmassa osassa. Tutkimuksissa on todettu, että metabolinen stressi ja mekaaninen tensio ovat ensisijaisia hypertrofian aiheuttajia ja siksi mekaanista tensiota käytetään hyväksi BFR-harjoittelussa. Näin ollen, BFR-harjoittelulla saadaan aikaan suurempi vaste kuin tavallisella, ilman verenkierron estoa tehdyllä matalatehoisella harjoittelulla. Lihasvoiman ja lihaskudoksen kasvu BFR-harjoittelussa toteutuvat verenkierron estämisen takia samalla tavalla kuin raskastehoisessa voimaharjoittelussa. (Hughes – Paton – Rosenblatt – Gissane – Patterson 2017.) Tutkimukset osoittavat, että matalatehoisella BFR-harjoittelulla voidaan saada aikaiseksi merkittävää lihasten voiman kasvua sekä hypertrofiaa, samassa mittakaavassa kuin perinteisellä kovatehoisella voimaharjoittelulla (Hughes ym. 2017).

BFR-mansetin puristusaine mitataan tarkasti ennen harjoitusta, jotta vaskulaarinen paine on oikea eikä se estä verenkiertoa liikaa. Tällä varmistetaan, että riskit ja haittavaikutukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Monissa tutkimuksissa on kokeiltu ensin, minkä suuruinen paine estää verenkierron kokonaan ja sen jälkeen mansetin painetta on kevennetty niin paljon, että on saavutettu sopiva puristusaine. Esimerkiksi Loenneke ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa saatiin selville, että lihaskudoksen tiheyden kasvun kannalta 30% verenkierron paine on riittävä. Sillä puristusaineella saatiin aikaiseksi samanlaisia akuutteja muutoksia lihastiheydessä sekä veren laktaattipitoisuudessa kuin 70% kuormalla suoritettulla lihasvoimaharjoittelulla ilman BFR-menetelmää.

Valtimon verenvirtaus BFR-harjoittelua varten voidaan mitata esimerkiksi Doppler-laitteella (Takarada ym. 2000).

BFR-menetelmää on alun perin käytetty fitness-maailmassa Japanissa, josta se on myöhemmin levinnyt myös kuntoutuksen piiriin ja nykyään BFR-tekniikkaa tutkitaankin paljon juuri kuntoutusmenetelmänä sekä menetelmän käytön mahdollisuuksia kuntoutusmaailmassa. (Yow – Tennent – Dowd – Loenneke – Owens 2017.) Matalatehoista BFR-harjoittelua on tutkittu esimerkiksi osteoartriittipotilailla, ligamenttivammapotilailla, terveillä nuorilla aikuisilla sekä ikääntyvien ihmisten sarkopenian ehkäisyssä. BFR-harjoittelu on tutkimusten mukaan tehokkaampaa kuin pelkkä matalatehoinen voimaharjoittelu ja se voi olla hyvä siirtymämuoto kohti raskastehoista voimaharjoittelua. (Hughes ym. 2017.) Lisäksi harjoittelun matala teho sekä kevyiden painojen käyttö ovat nivelistävällisiä tapoja tehdä voimaharjoittelua. Ehkäpä juuri sen vuoksi mielenkiinto tätä harjoitusmuotoa kohtaan on kasvamassa.

BFR-harjoittelua voidaan yhdistää esimerkiksi kävelyharjoitteluun, kehonpainoharjoitteluun, vastuskuminauhaharjoitteluun sekä perinteiseen voimaharjoitteluun. (Hackney ym. 2017.) Puhtaasti lihasten hypertrofian kannalta katsottuna, kaikista tehokkain lihasvoimaharjoittelumuoto on yhä perinteinen raskastehoinen (70% 1RM:sta) voimaharjoittelu. Se ei kuitenkaan sovellu kaikille ja erityisesti kuntoutuksen piirissä on monia asiakasryhmiä, joille perinteinen lihasvoimaharjoittelu on kontraindikoitua. Sen vuoksi vaihtoehtoiset harjoitusmuodot ovat välttämättömiä ja BFR-harjoittelusta saadut hyödyt harjoittelun tehoon nähden ovat erityisen hyvät. (Lixandrao – Urganowitsch – Berton – Vechin – Conceicao – Damas – Libardi – Roschel 2017.)

Yleisen fyysisen aktiivisuuden ja kestävyys- sekä lihasvoimaharjoittelun tiedetään edesauttavan terveyttä ja hidastavan ikääntymisen aiheuttamia fysiologisia muutoksia. Sarkopeniaa (lihaskato) sekä dynapeniaa (lihasvoiman häviäminen) esiintyy usein etenkin pitkän sairaalajakson, leikkauksen, kipsistä johtuvan immobilisaation, onnettomuuksien sekä leikkaustoimenpiteiden jälkeen. BFR-harjoittelua pidetään tehokkaana ennaltaehkäisevänä sekä kuntouttavana harjoittelumuotona esimerkiksi edellä mainituissa tilanteissa. (Hackney – Brown – Stone – Tennent 2018.)

BFR-harjoittelu voi olla toimiva ja tehokas harjoitusmuoto erityisesti loukkaantumisten jälkeisessä postoperatiivisessa kuntoutuksessa sekä ikääntyvien asiakkaiden kuntoutuksessa, joilta raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu ei syystä tai toisesta onnistu tai se

on liian riskialtista. Kirjallisuus on osoittanut, että BFR-menetelmän käyttö postoperatiivisilla potilailla on tehokkaampaa kuin perinteiset terapiamuodot. Menetelmää käyttämällä on saatu aikaan lihasten koon kasvua, lihasvoiman paranemista sekä yleisen toimintakyvyn kohentumista. BFR-menetelmän käyttö on hyvin perusteltua potilaille, jotka eivät saa leikkauksen jälkeen varata painoa alaraajalle, eivät voi käyttää lihaksiaan normaalisti tai niille, joilla kova kipu estää alaraajan käytön. (DePhillipo – Kennedy – Aman – Bernhardson – O’Brien – LaPrade 2018.)

5 Tulokset

5.1 Tutkimushakuprosessi

Opinnäytetyöprosessi alkoi alun perin aiheella lihasvoimaharjoittelu. Työn oli tarkoitus tuottaa tietoa lihasvoimaharjoittelusta sekä ohjeistus ryhmämuotoiseen fysioterapiaan kuntosaliympäristössä. Aihe on laaja ja sitä rajattiin huomattavasti. Aiheen tarkentuessa tutkimuksista nousi esiin termi ”blood flow restriction” useassa yhteydessä uutena menetelmänä. Blood flow restriction -menetelmä oli mielenkiintoinen ja tarkentui opinnäytetyön aiheeksi. Ensimmäinen aihe menetelmän käytöstä liittyi kävelyharjoitteluun. Tutkimushakujen teko paljasti, että vaikka kävelyä oli käytetty harjoitteena monessa tutkimuksessa blood flow restriction- menetelmän kanssa, sen vaikutuksia kävelyyhön ei oltu tutkittu. Menetelmän vaikutuksien mittaukset tutkimuksissa keskittyivät vaskulaarisiin vaikutuksiin sekä lihaskudoksessa tapahtuviin muutoksiin. Aihe rajautui edelleen lihaskudoksessa tapahtuvia muutoksia mittaaviin tutkimuksiin.

Katsauksen tutkimushaut suoritettiin 18.9.2018 Pubmed ja Cinahl tietokantoihin, systemaattista hakua mukailen. Tietokannoista etsittiin tutkimuksia, joissa tutkitaan blood flow restriction -menetelmän vaikutuksia lihasvoimaan ja / tai hypertrofiaan. Käytetyt hakusanat olivat ”blood flow restriction” AND ”hypertrophy”. Tutkimusten julkaisuajaksi määriteltiin 1.1.2017 — 18.9.2018. Hausta karsittiin pois muut kuin ihmisiä tutkineet artikkelit. Seuraavaksi hakutuloksista rajattiin otsikon perusteella tutkimukset, joissa ei viitattu lihasvoimaan tai hypertrofiaan, tai joissa viitattiin tutkimuksen kohdistuneen selkeästi verenkiertoon ja hormonaalisiin muutoksiin. Rajausten jälkeen hakusanoilla löydettiin yhteensä 27 tutkimusta. Näistä poistettiin päällekkäisyydet, mitä tietokantojen hauista ilmeni sekä rajattiin abstraktien perusteella tutkimukset, jotka eivät esitelleet tuloksissa lihasvoiman tai hypertrofian muutoksiin kohdistuneita mittauksia. Kriteerit täyttivät yhteensä 13 tutkimusta tai tapausraporttia.

Koska kyseinen BFR-menetelmä on melko uusi tutkimuskohde, käsittelyyn otettiin tutkimusten lisäksi kevyempiä julkaisuja, kuten tapausraportin ja asiantuntijalausannon tyyliisiä julkaisuja. Näin aihealueesta saatiin mahdollisimman paljon uusinta tietoa, mikä oli yksi opinnäytetyön tavoite. Lisäksi kevyemmät julkaisut tuovat opinnäytetyöhön kliinistä näyttöä BFR-menetelmän käytöstä fysioterapiassa. Taulukossa 1. on esitelty opinnäytetyöhön valitut tutkimukset.

Taulukko 1. Opinnäytetyöhön valitut julkaisut. Taulukko sisältää seuraavat tiedot: Tutkimuksen tekijät, julkaisuvuosi, tutkimuksen tyyppi, tutkimuksen tarkoitus, käytetyt menetelmät sekä tulokset. n= osallistujien määrä.

TUTKIMUS	TARKOITUS	MENETELMÄ	TULOKSET
May ym. 2018 ”Study”	Tutkia, voiko alaraajojen BFR-harjoittelulla olla vaikutusta yläraajojen lihasten voiman kehittymiseen.	Interventio- ja kontrolliryhmä asettelu. Interventioryhmä (n=12) suoritti unilateraalisen hauiskäännön sekä bilateraalisesti polven ojennuksen sekä koukistuksen. Kontrolliryhmä (n=12) ei harjoitellut.	Alaraajojen BFR-harjoittelulla yläraajojen lihasvoima sekä -massa kasvoivat kontrolliryhmää enemmän.
Colomer-Poved ym. 2017 ”Study”	Tutkia perinteisen matalatehoisen lihasvoimaharjoittelun (LLRT) sekä matalatehoisen BFR-harjoittelun (LLBFR) vaikutuksia lihasvoimaan, lihasmassaan, V-aaltoon sekä H-refleksiin.	Interventio- ja kontrolliryhmä asettelu. 22 tervettä miesosallistujaa. Osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään: LLBFR (n=7), LLRT (n=7) sekä kontrolliryhmään (n=8). LLBFR ja LLRT-ryhmät suorittivat soleus-harjoitteen laitteella. Kontrolliryhmä ei harjoitellut.	Lihaskasvu kasvoi LLBFR-ryhmällä 33%, LLRT-ryhmällä 22%. Lihastiheys kasvoi LLBFR-ryhmällä 9,5%, LLRT-ryhmällä 6,5%. Kontrolliryhmällä ei muutoksia lihasvoimassa tai lihastiheydessä. V-aalto tai H-refleksi eivät muuttuneet millään ryhmällä.
Kim ym. 2017 ”Study”	Tutkia high-load (HL) resistance harjoittelun sekä low-load BFR- harjoittelun pitkäaikaisia sekä akuutteja vaikutuksia lihasvoimaan ja lihasvoimaan.	Interventio ja –kontrolliryhmä asettelu. 14 tervettä harjoittelematonta miesosallistujaa. Osallistujat jaettiin joko interventio (n=9) tai kontrolliryhmään (n=5). Interventioryhmäläisten molemmat kädet jaettiin joko HL tai LLBFR- harjoitteluun. Interventioryhmäläiset suorittivat kyynärnivelen fleksion.	50% BFR-paine voi tuottaa saman suuruisia muutoksia lihaksen kasvussa kuin perinteinen raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu.

<p>Ozaki ym. 2017 ” Study”</p>	<p>Tutkia BFR-kävelyharjoittelun vaikutuksia kasvuhormoneihin ja sitä kautta hypertrofiaan iäkkäillä naishenkilöillä.</p>	<p>7 naisosallistujaa ikä 64 ± 2 vuotta.</p> <p>Osallistujat suorittivat sekä BFR-kävelyharjoittelun sekä pelkän kävelyharjoittelun juoksumatolla.</p> <p>Harjoitusten välissä oli vähintään kaksi päivää.</p> <p>Verikokeet otettiin kummankin harjoittelumuodon kohdalla ennen harjoitusta, sen aikana sekä sen jälkeen.</p>	<p>BFR-kävelyharjoittelulla saatiin aikaan hypertrofiaa, mikä ei suoranaisesti aiheutunut vain kasvuhormonien lisääntymisestä harjoituksen aikana.</p>
<p>Hill ym. 2018 ”investigation”</p>	<p>Verrata BFR+ konsentrisen voimaharjoittelun sekä BFR+ eksentrisen voimaharjoittelun aiheuttamia eroja lihasvoimaan, hypertrofiaan sekä hermostoon.</p>	<p>Interventio- sekä kontrolliryhmä aseteltu.</p> <p>36 tervettä naisosallistujaa.</p> <p>Suoritettu harjoite oli kyynärvarren eksentrisen sekä konsentrisen lihastyö.</p> <p>Kontrolliryhmä ei harjoittelut lainkaan.</p>	<p>Kummallakin harjoittelumuodolla, yhdistettynä BFR-menetelmään, saatiin aikaan lihasvoiman sekä lihasmassan kasvua kontrolliryhmään verrattuna. Hermostossa ei tapahtunut muutoksia interventio- tai kontrolliryhmissä.</p>
<p>Yow ym. 2018 ”Case report”</p>	<p>Tutkia BFR-menetelmän hyötyjä akillesjännerepeämän kuntoutuksessa.</p>	<p>2 akillesjännerepeämästä kuntoutuvaa sotilasta osallistui.</p> <p>Perinteisen fysioterapian jälkeen kummallakin toimintakyvyn vajausta.</p> <p>Molemmat sotilaat osallistuivat BFR-harjoitteluun (pohje- ja jalkaprässi) 5-6 viikon ajan.</p>	<p>BFR-menetelmän avulla saatiin aikaan enemmän lihasvoiman kasvua sekä toimintakyvyn lisääntymistä kuin verrattuna perinteiseen kuntoutukseen. Molemmat sotilaat pystyivät palaamaan vanhan harjoitteluohjelmansa pariin.</p>

<p>Lixandra ym. 2017 " A systematic review and meta-analysis"</p>	<p>Verrata raskastehoisen voimaharjoittelun (HL) sekä matalatehoisen BFR-harjoittelun (BFR-RT) vaikutuksia lihaksiin.</p>	<p>Tutkimukset haettiin PubMedistä sekä ISI tietokannoista.</p> <p>Hauille asetettiin tarkat hakusanat.</p> <p>Hakujen jälkeen kaksi arvioijaa arvioivat tutkimusten soveltuvuuden niiden otsikoiden, abstraktien sekä muiden sisäänottokriteerien perusteella.</p> <p>Tutkimusten tuli verrata perinteistä raskastehoista lihasvoimaharjoittelua BFR- harjoitteluun.</p> <p>Tutkimusten tuli sisältää harjoittelua edeltävät sekä harjoittelun jälkeiset mittaukset koskien lihasvoimaa, lihasmassaa sekä hypertrofiaa.</p> <p>Lisäksi tutkimusten tuli saada PEDro asteikolla enemmän kuin neljä pistettä.</p>	<p>Perinteinen raskastehoinen voimaharjoittelu lisää lihasvoimaa matalatehoista BFR-harjoittelua enemmän. HL-harjoittelulla saatiin aktivoitua suurempi määrä motorisia yksiköitä BFR-RT harjoitteluun nähden.</p>
<p>Slysz & Burr 2017 "Exploratory study"</p>	<p>Verrata pelkän BFR-menetelmän, pelkän neuromuskulaarisen stimulaation (NMES) sekä yhdistetyn BFR-menetelmän+NMES vaikutuksia lihasvoiman sekä massan kasvuun.</p>	<p>Yhteensä 20 nuorta tervettä osallistujaa, 10 miestä ja 10 naista, 18-45 vuotiaita.</p> <p>Interventio- sekä kontrolliryhmä aseteltu.</p> <p>Kunkin osallistujan molemmat jalat jaettiin sattumanvaraisesti johonkin seuraavista ryhmistä: BFR, NMES, BFR+NMES tai CON (kontrolliryhmä).</p> <p>Tutkimuksen kesto 6 viikkoa.</p>	<p>BFR-menetelmän +NMES yhdistelmällä saatiin aikaan suurin lihasvoiman kasvu. Millään menetelmällä ei ollut merkittäviä vaikutuksia lihasmassan kasvuun.</p>

<p>Hackney ym. 2018 "A Review"</p>	<p>Etsiä tieteellisiä perusteita BFR-harjoittelun käytölle sarcopenian ja dynapenian ehkäisemiseksi sekä toimintakyvyn parantamiseksi.</p>	<p>Tarkastelee julkaisuja, jotka käsittelevät BFR-menetelmän yhdistämistä kävely-, kehonpaino-, vastuskuminauha- sekä perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun ja näiden menetelmien vaikutuksia lihasvoimaan sekä lihasmassaan.</p>	<p>Kaikilla BFR-menetelmän yhdistelmillä saatiin aikaan lihasvoiman kasvua sekä hypertrofiaa.</p>
<p>DePhilippo ym. 2018 "Expert opinion"</p>	<p>Kartoittaa BFR-menetelmän taustoja, kliinisiä kokemuksia menetelmän käytöstä polvileikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa sekä tutkijoiden mielipiteet BFR-menetelmän käytöstä postoperatiivisesti.</p>	<p>Tarkastelee julkaisuja, jotka käsittelevät BFR-menetelmän käyttöä osana postoperatiivista kuntoutusta.</p>	<p>BFR-menetelmän käytöstä on ollut hyötyä polven tähestys- tai avoleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa.</p>
<p>Faltus ym.2018 "Clinical commentary"</p>	<p>Kartoittaa BFR-harjoittelua tukevia tekijöitä kroonisen nilkan instabiliteetin hoidossa koripallon pelaajilla.</p>	<p>Asiantuntijoiden kommentti BFR-menetelmän käytöstä osana koripalloilijoiden kroonisen nilkan instabiliteetin hoitoa.</p>	<p>BFR-harjoittelusta voi olla hyötyä kroonisen nilkan instabiliteetin hoidossa.</p>
<p>Hughes ym. 2018 "A Review"</p>	<p>Selvittää miten BFR-menetelmää voidaan hyödyntää polven ACL-korjausleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa nelivaiheisen ohjelman mukaisesti.</p>	<p>Tarkastelee julkaisuja, jotka käsittelevät BFR-menetelmän hyödyntämistä osana ACL-leikkauksen jälkeistä kuntoutusta.</p>	<p>BFR-menetelmän käytöllä todettiin olevan positiivisia vaikutuksia ACL-korjausleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa.</p>

<p>Tennent ym. 2017 ” A Randomized Controlled Pilot Study”</p>	<p>Verrata perinteistä fysioterapiaa sekä fysioterapiaa yhdistettynä BFR-menetelmän käyttöön polven tähystysleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa.</p>	<p>Interventio- (n=10) sekä kontrolliryhmä (n=7) asettelu.</p> <p>Yhteensä 17 polventähystysleikkauksesta kuntoutuvaa 18- 65-vuotiasta osallistujaa.</p> <p>Osallistujat jaettiin sattumanvaraisesti joko interventioryhmään (perinteinen fysioterapia + BFR-menetelmän käyttö) tai kontrolliryhmään (pelkkä perinteinen fysioterapia).</p> <p>Osallistujilta mitattiin reiden ympäröimä, suoritettiin toimintakykytestejä sekä hyödynnettiin elämänlaatumittareita tulosten arvioinnissa ennen ja jälkeen interventiota.</p>	<p>BFR-menetelmää hyödyntämällä osana fysioterapiaa saatiin aikaan suurempaa lihasvoiman sekä lihasmassan kasvua kuin verrattuna perinteiseen fysioterapiaan.</p> <p>Lisäksi BFR-menetelmän käytöllä oli positiivisia vaikutuksia toimintakykyyn.</p> <p>Elämänlaatumittareiden osalta tulokset paranivat kummassakin ryhmässä osittain, mutta interventioryhmässä tulokset paranivat kaikilla käytetyillä mittareilla mitattuina.</p>
---	---	---	--

5.2 BFR-menetelmän fysiologiset vaikutukset

BFR- menetelmän käyttö on viime aikoina osoittautunut uudeksi hoitomuodoksi johtuen siitä, että menetelmällä saadaan aiheutettua samankaltaisia vaikutuksia lihaksessa kuin mitä perinteinen raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu saa aikaan. Menetelmää on käytetty postoperatiivisessa kuntoutuksessa sekä immobilisaatiosta johtuvan lihasatrofian ehkäisyssä. Vaikka BFR-harjoittelu on matalatehoista, sen jatkuva verenkierron estyminen aiheuttaa työskentelevässä lihaksessa yhtä suuren metabolisen stressireaktion kuin harjoiteltaessa raskailla kuormilla. (Faltus – Owens – Hedt 2018.)

Blood flow restriction -menetelmää ja matalatehoista lihaskuntoharjoittelua yhdistämällä, on useiden tutkimusten mukaan mahdollista saada aikaan lihaskudoksissa saman suuntaisia vaikutuksia kuin perinteisellä, korkeatehoisella lihaskuntoharjoittelulla.

Kim – Loenneke – Ye – Bembem – Beck – Larson – Bembem (2017) tarkastelivat high load resistance (HL)- harjoittelun sekä low load resistance (LL) BFR-harjoittelun akuutteja sekä pitkäaikaisia vaikutuksia lihaksen kokoon ja lihasvoimaan. Sekä akuutin että kroonisen tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia. BFR-paine voi tuottaa lihaksessa samansuuntaisia muutoksia lihaksen kasvussa kuin perinteinen korkeatehoinen harjoittelu.

Colomer-Poveda – Romero-Arenas – Vera-Ibáñez – Viñuela-García – Márquez (2017) tutkivat m. soleuksen matalatehoisen voimaharjoittelun avulla BFR-menetelmän vaikutusta lihaskasvuun ja lihasvoimankasvuun. Neljän viikon harjoitusjakso BFR-menetelmällä kehitti m. soleuksen voimaa ja lihaskudosta enemmän kuin harjoittelu ilman BFR-menetelmää.

Ikääntyvien ihmisten BFR-avusteinen harjoittelu kasvattaa voimaa ja lihasmassaa yhtä hyvin kuin perinteinen lihasvoimaharjoittelu. BFR-avusteinen kävelyharjoittelu, vastuskuminauhoilla tehtävä harjoittelu, samoin kuin kehonpainoharjoittelu vaikuttavat positiivisesti ikääntyvien ihmisten lihasvoimiin, todetaan Hackneyn ym. (2018) tutkimuskatsauksessa. Ozaki – Loenneke – Abe (2017) taas tulivat tulokseen, että iäkkäiden naisten BFR-avusteinen kävelyharjoittelu ei muuta hormonaalista tuotantoa niin, että sillä olisi vaikutusta lihasten kasvuun.

Blood flow restriction -menetelmän tehokkuutta konsentrisen ja eksentrisen lihastyön yhteydessä vertasivat Hill – Housh – Johnson – Keller – Smith – Schmidt (2018)

julkaisussaan *Early phase adaptations in muscle strength and hypertrophy as a result of low-intensity blood flow restriction resistance training*. Lihastyötavalla ei tutkimuksen mukaan ole merkittävästi vaikutusta, koska lihasvoiman lisääntyminen ja hypertrofia olivat samansuuntaisia kummassakin interventioryhmässä. Slys ja Burr (2017) puolestaan tutkivat yhdistetyn BFR-harjoittelun ja neuromuskulaarisen elektronistimulaation (NMES) sekä pelkän BFR-harjoittelun vaikutuksia lihasvoiman sekä -massan kasvuun. Hypertrofian osalta interventioryhmien välillä ei ollut eroa, mutta yhdistelmä BFR-NMES kasvatti voimatasoja enemmän kuin pelkkä BFR-harjoittelu. BFR-menetelmän mahdollisia vaikutuksia kehon muiden osien lihaskudokseen tutkittiin Mayn – Russelin ja Warmingtonin (2017) tutkimuksessa. Tarkoituksena oli selvittää, voiko alaraajoissa käytettävä BFR-menetelmä vaikuttaa yläraajojen lihasten voiman kehittymiseen, jos niitä harjoitellaan yhdessä. Harjoitteina käytettiin unilateraalista hauiskääntöä ja bilateraalista polven ojennusta. Interventioryhmän kyynärnivelen koukistuksen maksimivoima parani merkittävästi enemmän kuin kontrolliryhmän, joka ei käyttänyt BFR-menetelmää alaraajoissa. Polven ojennuksen maksimivoima parani myös kaksinkertaisesti kontrolliryhmään verrattuna.

Postoperatiivisilla potilailla BFR-menetelmän käyttö on tehokkaampaa perinteisiin terapioihin verrattuna. Sitä käyttämällä on saatu tehokkaimmin aikaan lihasten koon kasvua, lihasvoiman paranemista sekä yleisen toimintakyvyn kohentumista. (DePhillipo ym. 2018.)

Polven tähyystyöleikkauksen jälkeisessä fysioterapiassa BFR-menetelmän käyttöä ovat tutkineet Tennent – Hylden – Johnson – Burns – Wilken – Owens (2017). Kolme BFR-avusteista harjoituskertaa muun kuntoutuksen lisäksi toivat merkittävän parannuksen reiden lihasmassaan ja polven ojennusvoimaan, kun sitä verrattiin kuntoutujiin, jotka eivät käyttäneet BFR-menetelmää.

Systemaattisessa katsauksessa ja meta-analyysissä *Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction* (Lixandra-Ugrinowitsch-Berton-Vechin-Conceic-Damas-Libardi-Roschel 2017) verrattiin raskastehoisen voimaharjoittelun (HL) sekä matalatehoisen BFR-harjoittelun (BFR-RT) vaikutuksia lihaksiin. Tutkimukset osoittivat raskastehoisen voimaharjoittelun lisäävän lihasvoimaa matalatehoista BFR-harjoittelua enemmän. HL-harjoittelulla saadaan aktivoitua suurempi määrä motorisia yksiköitä verrattuna BFR-RT -harjoitteluun, mikä mahdollistaa suuremman lihasvoiman kasvun. Osassa tutkimuksista motoristen yksiköiden aktivoituminen oli yhtä suurta

kummankin harjoittelumuodon välillä. Kummallakin harjoittelumetodilla saavutettiin tutkimusten mukaan yhtä suuri lihasmassan kasvu. Vaikka raskastehoisella harjoittelulla saatiinkin aikaan suurempi lihasvoiman kasvu, voi matalatehoinen BFR-harjoittelu soveltua paremmin henkilöille, jotka eivät jostain syystä voi harjoitella suurilla kuormilla (60-70% 1RM).

Tutkimusten tuloksista voidaan päätellä, että blood flow restriction -menetelmää käyttämällä voidaan saada aikaan lihasvoiman kasvua ja hypertrofiaa enemmän kuin vastavalla harjoittelulla ilman menetelmän käyttöä. Lihasvoiman kasvua raportoitiin seitsemässä tutkimuksessa (May ym. 2018, Colomer-Poved ym. 2017, Kim ym. 2017, Hill ym. 2018, Yow ym. 2018, Hackney ym. 2018, Tennent ym. 2017) ja BFR-menetelmän aikaansaamaa hypertrofiaa raportoitiin myös seitsemässä tutkimuksessa (May ym. 2018, Colomer-Poved ym. 2017, Kim ym. 2017, Ozaki ym. 2017, Hill ym. 2018, Hackney ym. 2018, Tennent ym. 2017). Yhdessä tutkimuksessa (Slysz – Burr 2017) puolestaan raportoitiin lihasvoiman kasvua, mutta ei merkittävää lihasmassan kasvua. Lixandra ym. (2017) toisaalta toteavat perinteisen voimaharjoittelun olevan tehokkaampaa kuin BFR-harjoittelu ja Kim ym. (2017) päätyvät tulokseen, että BFR-harjoittelu voi tuottaa samansuuntaisia muutoksia kuin perinteinen raskastehoinen voimaharjoittelu.

5.3 BFR-menetelmän haitat, huolenaiheet ja kontraindikaatiot

Monista BFR-menetelmän hyvistä ja hyödyllisistä puolista huolimatta menetelmällä on melko paljon myös haittavaikutuksia. Suuri kysymys menetelmän käytössä onkin, ovatko hyödyt suuremmat kuin haitat. Kim ym. (2017) toteavat tutkimuksessaan, että mikäli BFR-harjoittelua toteutetaan monta kertaa peräkkäin suurella mansetin paineella, se voi lisätä mahdollisuutta epäedullisille muutoksille verenkierrossa. Tosin, kuten tutkimusten perusteella on käynyt ilmi, hihnan paineen ei BFR-harjoittelun aikana tarvitse olla suuri, vaan 40–50% puristuspaine on riittävä lihasmassan ja voiman kasvattamiseen. Alhaisempi puristuspaine vähentää hieman myös edellä mainittuja riskejä.

BFR-harjoittelun aikana tai sen jälkeen havaittuja epäsuotuisia vaikutuksia ovat hihnojen epämiellyttävyys, kipu, mahdolliset hermovauriot (puutuminen, kylmän tunne), verenkierron vauriot (mustelmat ym.) sekä harvinaisissa tapauksissa rhabdomyolysis (tila, missä luurankolihas heikkenee nopeasti jonkin vamman seurauksena). Kyseinen tila voi tosin aiheutua myös muista voimaharjoittelun tekniikoista kuin pelkästään BFR-harjoittelusta. Mustelmat ovat yleisimpiä (13%) haittoja harjoittelun seurauksena, muita oireita

(hermovauriot, muut verenkierrölliset vauriot kuin mustelmat) ilmenee vain harvalla (1%). BFR-harjoittelulla saattaa olla hyvin pieni (0,06%) yhteys myös veritulppien muodostumiseen. (Faltus – Owens – Hedt 2018.) Pientä huolenaihetta osalle tutkijoista aiheuttaa myös BFR-hihnoista johtuva kasvanut oksidatiivinen stressi sekä hermojen johtumisnopeuden hidastuminen. Hermojen johtumisnopeutta tutkittiin neljän viikon tutkimuksessa, jossa todettiin lopulta, ettei BFR-harjoittelu vaikuta hermojen johtumisnopeuteen pitkän harjoittelujakson jälkeen. Tähän mennessä ilmenneet vakavat riskit ovat harvinaisia, mutta vakavasti otettavia (Hackney ym. 2018).

BFR-menetelmän käyttö saattaa olla haitallista potilaille, joilla on heikko verenkierto, runsas ylipaino, diabetes, valtimoiden kalkkeutuma, sirppisoluanemia, korkea verenpaine tai heikosti toimivat munuaiset. Mahdollisia kontraindikaatioita menetelmän käytölle ovat laskimoveritulppa, heikko ääreisverenkierto, sirppisoluanemia, tulehdus raajoissa, poistetut imusolmukkeet, syöpä/kasvain tai lääkeaineet, joiden tiedetään aiheuttavan veren hyytymistä. (DePhillipo ym. 2018.)

Kun BFR-harjoittelu toteutetaan varovaisuutta noudattaen, on sen tutkittu olevan yhtä turvallista kuin perinteinen raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu (Hughes ym. 2018). Toki BFR-menetelmää käytettäessä tulee olla erityisen tarkka ja huolellinen hihnojen kiristyspaineen sekä asiakkaan mahdollisten kontraindikaatioiden kanssa. Lisäksi iän mukana tuomat fysiologiset haasteet on tässäkin lihasvoimaharjoittelumenetelmässä otettava huomioon, ja sen vuoksi BFR-menetelmän käyttö on nuorilla henkilöillä riskittömämpää kuin iäkkäillä henkilöillä. Monessa tutkimuksessa on todettu, että BFR-menetelmän haittoja ja kontraindikaatioita on tutkittava tulevaisuudessa vielä lisää, jotta niistä saadaan parempi käsitys ja menetelmän käytön turvallisuutta pystytään parantamaan.

5.4 BFR-menetelmän käyttö osana fysioterapiaa

Ensimmäinen tutkimus BFR-menetelmästä on julkaistu vuonna 1998, vaikka menetelmää on ilmeisesti hyödynnetty Japanissa jo 1970-luvulla. Tuolloin käytetyt mansetit olivat epäsoveliaita nauhoja tai köysiä. Vuonna 1984 keksittiin ensimmäinen elektroninen mansetti, mutta vasta 2000-luvulla markkinoille tuli sellainen elektroninen mansetti, jonka avulla voitiin varmistaa menetelmän täsmällinen ja turvallinen käyttö. Mansettien kehittyminen johti BFR-menetelmän kliiniseen käyttöön ja sen tutkimiseen ihmisillä, jotka eivät voi harjoitella raskailla kuormilla. (DePhillipo ym. 2018.)

BFR-menetelmän käyttöä fysioterapiassa on tutkittu etenkin osana postoperatiivista kuntoutusta, ortopedisen vamman tai vaurion jälkeisessä kuntoutuksessa sekä ikääntymisestä aiheutuvien toimintakykyä heikentävien tekijöiden ennaltaehkäisyssä.

Tennent – Hylden – Johnson – Burns – Wilken – Owens (2017) arvioivat BFR-menetelmällä saavutettuja tuloksia ja vertasivat niitä perinteisellä fysioterapialla aikaan saatuihin tuloksiin polven tähytysleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa. Hughes ym. (2018) puolestaan kartoittavat BFR-menetelmän käyttöä polven ACL-korjausleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa ja DePhillipo ym. (2018) toteavat BFR-menetelmän käytön postoperatiivisessa kuntoutuksessa olevan pelkkää perinteistä fysioterapiaa tehokkaampaa. Menetelmän käyttö on suositeltavaa etenkin potilailla, jotka kokevat leikkauksen jälkeistä kipua ja joilla alaraajalle varaaminen on kielletty tai lihasten käyttö on mahdotonta. Ennen BFR-menetelmän käyttöönottoa hoitavan lääkärin tulisi perehtyä BFR-menetelmän eri käyttömahdollisuuksiin. Yhteistyö hoitavan lääkärin ja fysioterapeutin välillä on ensisijaisen tärkeää yksilöllistä kuntoutussuunnitelmaa laadittaessa.

BFR-menetelmän käyttö saattaa olla osa polvileikkausten kuntoutusta tulevaisuudessa. Ennen menetelmän globaalia käyttöönottoa tulisi kuitenkin selvittää BFR-menetelmän tarkat suuntaviivat (käytetty tekniikka, annostelu, parametrit) polvileikkausten jälkeisessä kuntoutuksessa (DePhillipo ym. 2018.)

Tennent ym. 2017 hyödynsivät interventioryhmäläisillä matalatehoista BFR-harjoittelua perinteisen fysioterapian rinnalla. Reiden ympäröimän mittaus, tutkimukseen valitut toimintakyvyn testit, elämänlaadunmittarit sekä lihasvoimatestatukset suoritettiin ennen fysioterapian alkamista ja sen jälkeen. Alkutestauksessa toimintakyvyssä ryhmien välillä ei juurikaan ollut eroja, mutta intervention loputtua BFR-ryhmän tulokset paranivat merkittävästi kontrolliryhmään verrattuna. Reiden ympäröimä kasvoi huomattavasti interventioryhmäläisillä ja lihasvoiman kasvu oli suurempaa verrattuna kontrolliryhmään. Elämänlaatukartoituksissa tulokset paranivat kummassakin ryhmässä, eikä suuria eroja ryhmien välillä ollut. Polven ojennus- ja koukistusvoima oli kasvanut selkeästi kummassakin ryhmässä.

Hughes ym. 2018 katsauksen *Blood flow restriction training in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstructive surgery* tarkoituksena on selvittää ACL-korjausleikkauksesta aiheutuvia seurauksia ja pohtia miten BFR-menetelmää voisi hyödyntää leikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa. ACL-vaurion seurauksena tapahtuu

lihasatrofiaa sekä lihasvoimien heikentymistä etenkin etureiden lihaksissa (quadriceps). Lihasheikkoutta saattaa esiintyä vielä vuosienkin päästä ACL-korjausleikkauksesta. M. quadricepsin lihasheikkous saattaa altistaa vamman uusiutumiselle, yleiselle toimintakyvyn laskulle tai nivelrikolle. Raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu on kontraindisoitu, sillä muiden polvinivelen rakenteiden vahingoittuminen olisi hyvin mahdollista, eikä korjattu ACL-ligamentti kestä vielä suuria vääntömomentteja.

Hughes ym. (2018) kartoittivat ACL-korjausleikkauksen jälkeisessä kuntoutuksessa BFR-menetelmää nelivaiheisella mallilla:

Vaihe 1: Ensimmäisen vaiheen tavoitteena on turvotuksen välttäminen, kivun kontrollointi, lihasatrofian välttäminen sekä lihasvoiman heikentymisen estäminen. Passiivisella BFR-menetelmällä pyritään lisäämään lihassolujen turpoamista, sillä akuutti solujen turpoaminen saattaa stimuloida proteiinisynteesiä. Isometrisen liikkeen lisäämisellä voidaan mahdollisesti lisätä metabolista stressireaktiota ja solujen turpoamista, mikä puolestaan voi aiheuttaa hypertrofisia muutoksia lihaksessa. Sähkön käyttö yhdistettynä BFR-menetelmään on toinen mahdollinen alkuvaiheen käyttötapa.

Vaihe 2: Yllä mainittujen tavoitteiden lisäksi tavoitteena on lisätä quadriceps-lihasten aktiivisuutta ja kontrollia sekä normalisoida askellusta. Yhdistetyn BFR-menetelmän sekä kävelyharjoittelun aloittamiseksi vaaditaan polven täysi ojennussuuntainen liikerata.

Vaihe 3: Matalatehoinen lihasvoimaharjoittelu sekä BFR-menetelmän hyödyntäminen, kun polven liikeradat ovat täydet sekä kävely on normalisoitunut. Tarkoituksena on lihasvoiman lisääntyminen ja hypertrofian aikaansaaminen, jotta paluu normaaliin lihasvoimaharjoitteluun olisi mahdollista.

Vaihe 4: Raskastehoinen lihasvoimaharjoittelu + BFR-menetelmä. Raskastehoiseen voimaharjoitteluun palaaminen tulisi aloittaa asteittain. Kun leikkauksesta toipuminen on hyvässä vaiheessa, voidaan matalatehoisen BFR-harjoittelun lisäksi tehdä raskastehoista harjoittelua. Tällöin saadaan aikaan muitakin vaikutuksia, kuten jänteiden vetolujuuden paranemista. Ennen neljänteen vaiheeseen etenemistä, kuntoutujan tulee voida harjoitella 65-70% 1RM teholla.

Hughes ym. (2018) toteavat BFR-menetelmän olevan erittäin varteenotettava kuntoutusmuoto ACL-korjausleikkauksen jälkeen. Menetelmän avulla voidaan estää merkittävää lihasvoiman laskua ylikuormittamatta polviniveltä. Polven muiden rakenteiden

kuntouttamisesta BFR-menetelmää hyödyntäen on tekeillä useita tutkimuksia. On osoitettu, että BFR-menetelmällä saattaa olla positiivisia vaikutuksia jopa luun terveyteen, mutta tämän asian vahvistamiseksi tarvitaan vielä lisää tutkimusta.

Yow ym. (2017) tapausraportissa *Blood flow restriction training after achilles tendon rupture* seurataan kahden sotilaan kuntoutusta akillesjänteen repeämän jälkeen.

Molemmat sotilaat kokivat merkittävää toimintakyvyn sekä lihasvoimien laskua akillesjänteen korjaustoimenpiteiden jälkeen. Perinteisellä kuntoutuksella ei yleensä saavuteta vammaa edeltävää toimintakyvyn tasoa ja lihasvoimat jäävät perinteisellä menetelmällä 10-30% aikaisempia voima tasoja alhaisemmiksi. Tutkimuksessa sotilaita kuntoutettiin perinteisiä kuntoutusmetodeja hyödyntäen. Aikaisen vaiheen mobilisaatio, progressiivisesti etenevä lihasvoimaharjoittelu, liikeratojen lisääminen sekä akillesjänteen liiallisen rasittamisen välttäminen ovat yleisesti käytettyjä keinoja akillesjänterepeämän kuntoutuksessa. Kudokset vaativat parantuakseen riittävästi aikaa ennen kuin ne kestävät perinteistä raskastehoista lihasvoimaharjoittelua. Sotilaiden kohdalla, perinteisen terapian riittämättömyyden takia, BFR-menetelmän käyttö oli perusteltua. Molempien sotilaiden toimintakyky parani lyhyen BFR-harjoittelujakson aikana huomattavasti aikaisempaan kuntoutukseen nähden. Kummankin sotilaan kohdalla lihasvoima kasvoi merkittävästi, mikä mahdollisti paluun normaalin harjoitteluohjelman pariin.

BFR-menetelmän käytöstä akillesjänteen repeämän kuntoutuksessa ei ole julkaistu muita tutkimuksia, mutta sotilaiden tapaus osoittaa kuitenkin BFR-menetelmän olevan perinteistä kuntoutusta tehokkaampaa akillesjänteen repeämän kuntoutuksessa. Tutkimuksia BFR-menetelmän käytöstä loukkaantumisten jälkeen kaivataan lisää, jotta menetelmän käyttöönotto olisi tieteellisesti perusteltua. Tulevissa tutkimuksissa ja tuloksissa tulisi keskittyä toimintakyvyn paranemisen sekä potilaan kokemusten kartoittamiseen (Yow ym. 2017.)

Ikääntymisen tiedetään aiheuttavan monia fysiologisia muutoksia elimistössä, kuten lihasmassan ja -voiman vähenemistä (sarkopenia ja dynapenia). Yleisen fyysisen aktiivisuuden, kestävyys- sekä lihasvoimaharjoittelun tiedetään edesauttavan terveyttä ja hidastavan ikääntymisen aiheuttamia fysiologisia muutoksia. Sarkopeniaa sekä dynapeniaa esiintyy usein etenkin pitkän sairaalajakson, leikkauksen, kipsistä johtuvan immobilisaation, onnettomuuksien sekä leikkaustoimenpiteiden jälkeen.

Ikääntymisestä johtuvien ortopedisten leikkausten lisääntyessä räjähdysmäisesti, tulee kuntoutuksen olla tehokasta. Lihasvoiman sekä -massan vähentyminen leikkauksen tai muun syyn seurauksena, vaikuttaa selkeästi myös toimintakyvyn heikkenemiseen. Viivästynyt fysioterapian aloitus ja toimintakyvyn hidas palautuminen iäkkäillä leikkauksesta kuntoutuvilla potilailla lisäävät julkisen terveydenhuollon kustannuksia huomattavasti. BFR-harjoittelua pidetään tehokkaana ennaltaehkäisevänä sekä kuntouttavana harjoittelumuotona. Sen avulla voidaan mahdollistaa nopea kuntoutuminen, jos raskailla painoilla tehtävä lihasvoimaharjoittelu on olosuhteista johtuen mahdotonta. (Hackney ym. 2018.)

BFR-harjoittelua on iäkkäiden ihmisten kuntoutuksessa yhdistetty kävely-, kehonpaino-, vastuskuminauha- sekä perinteiseen lihasvoimaharjoitteluun ja näillä harjoittelumuodoilla on saatu aikaan lihasvoiman kasvua sekä hypertrofiaa. Lisäksi harjoittelulla on onnistuttu saavuttamaan parempia tuloksia toimintakykyä mittaavissa testeissä, kuten timed up and go (TUG) ja istumasta seisomaan nousutestissä. (Hackney ym. 2018.)

Faltus ym. (2018) Kartoittavat BFR-menetelmän käyttöä nilkan kroonisen instabiliteetin hoidossa koripallon pelaajilla. Kroonisesta nilkan instabiliteetista johtuva kipu voi aiheuttaa toimintakyvyn heikentymistä oikeanlaisen hoidon puuttuessa ja siksi esimerkiksi tämänkaltaisessa tilanteessa BFR-menetelmä saattaa olla toimiva kuntoutusmuoto. BFR-menetelmällä on muiden fysiologisten vaikutusten lisäksi pystytty vähentämään kivun tuntemusta. Eräässä tutkimuksessa BFR-menetelmää hyödynnettiin patellofemoraali kivusta kärsivien potilaiden kuntoutukseen ja tulokset olivat rohkaisevia. Tutkittavien polvikivut vähenivät huomattavasti kahdeksan viikon intervention aikana ja lisäksi polvikivut vähenivät akuutisti 45 minuuttia BFR-harjoittelun jälkeen. Yleisesti ottaen kuntoutuksessa ja tutkimusmaailmassa BFR-menetelmän käytön vaikutuksia kivun lievitykseen ei vielä juurikaan tunnetta.

Vaikka BFR-harjoittelu on matalatehoista, sen jatkuva verenkierron estyminen aiheuttaa työskentelevässä lihaksessa yhtä suuren metabolisen stressireaktion kuin harjoiteltaessa raskailla kuormilla. Tutkijat ovat osoittaneet, että tämä saattaa edistää kuntoutuksen alkuvaiheessa olevien tai kroonisesta kivusta kärsivien potilaiden kortikaalisten opioidien vapautumista kehossa, mikä puolestaan voi kasvattaa potilaan sietokykyä kuntoutusta kohtaan.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, minkälaista tietoa tutkimukset ovat tuottaneet Blood flow restriction -menetelmän vaikutuksesta lihasvoiman ja lihasmassan kasvuun. Tarkoituksena oli myös tuottaa uusimmasta tutkimustiedosta suomenkielinen yhteenveto sekä lisätä menetelmän tunnettavuutta. Jyväskylän Ammattikorkeakoulussa on vuonna 2017 julkaistu opinnäytetyö aiheesta *Blood Flow Restriction harjoittelumenetelmänä fysioterapiassa* (Keinänen – Körkkö 2017). Heidän aineistohaku on suoritettu kesäkuussa 2017, joten joitakin päällekkäisyyksiä tutkimuksissa on. Osa tässä opinnäytetyössä käytetyistä tutkimuksista on julkaistu myöhemmin kuin vuonna 2017.

Tutkimushakuprosessin haasteeksi nousi niiden tutkimusten vähäinen määrä, joissa mitataan lihaskudoksen ja voimantuoton muutoksia. Blood flow restriction -aiheesta tehdyistä tutkimuksista suurin osa tutkii menetelmän vaikutusta verenkiertoon ja siihen liittyviin hormonaalisiin sekä metabolisiin vaikutuksiin.

Systemaattista hakua mukaillen löytyi 13 sisäänottokriteerit täyttävää tutkimusta ja julkaisua, joissa tutkittiin BFR-menetelmän vaikutusta hypertrofiaan ja / tai lihasvoiman kasvuun. Vähäisen aineiston vuoksi tässä opinnäytetyössä käytettiin myös kuntoutuksen vaikuttavuudesta kertovia kevyempiä julkaisuja. Tutkimushaut tehtiin PubMed sekä Cinahl tietokantoihin.

Kevyemmät julkaisut toivat opinnäytetyöhön näkökulmaa BFR-menetelmän käytöstä osana fysioterapiaa. Lisäarvoa sekä luotettavuutta opinnäytetyöhön olisi tuonut tutkimusten tarkempi laadunarviointi sekä esimerkiksi vain systemaattisten katsausten, meta-analyyysien ja RCT- tutkimusten mukaanotto.

Osa tutkimuksista ja tapausraporteista keskittyivät Blood flow restrictionin-menetelmän käytön hyötyihin osana kuntoutusta tai verrattuna perinteiseen kuntoutukseen. Kaikissa todettiin BFR-menetelmän käytön olevan hyödyllistä. Toimintakyvyn paranemista mittaivat sekä Yow ym. (2018) että Tennent ym. (2017). Molemmat tutkimukset kertovat BFR-menetelmän nostavan toimintakykyä enemmän kuin perinteinen kuntoutus. Viisi tutkimusta/raporttia (Yow ym. 2018, DePhilippo ym. 2018, Faltus ym. 2018, Hughes ym. 2018, Tennent ym. 2017.) keskittyivät tarkastelemaan menetelmän hyötyä alaraajavammojen ja leikkausten jälkeisessä kuntoutuksessa. Kaikki viisi tulivat siihen tulokseen, että BFR-menetelmä on perinteistä kuntoutusta tehokkaampaa. Useassa tässä

opinnäytetyössä mukana olevan tutkimuksen mukaan, BFR-menetelmän käytöllä saatiin aikaan enemmän lihasvoiman kasvua sekä hypertrofiaa kuin perinteiseen matalatehoiseen lihasvoimaharjoitteluun verrattuna.

Vaikka Blood Flow Restriction -menetelmän fysiologiset vaikutukset ovat kiistattomat, liittyy sen laaja-alaiseen käyttöönottoon paljon kysymysmerkkejä. Ikäihmiset ovat fysioterapian yksi suuri asiakasryhmä, kun taas BFR-menetelmän kontraindikaatiot ovat vahvasti sidoksissa sydän- ja verisuonitauteihin, jotka ovat pääasiassa ikäihmisten sairauksia. Menetelmää ei välttämättä pystytä käyttämään turvallisesti kyseisen asiakasryhmän kanssa. Loenneke ym. (2016) tutkimuksen mukaan uupumukseen saakka tehtävällä kevytkuormaisella lihasvoimaharjoittelulla saadaan aikaan samat hyödyt, kuin BFR-menetelmää hyödyntämällä. Ikäihmisten kohdalla perinteisen kevytkuormaisen lihasvoimaharjoittelun käyttö saattaa olla turvallisempi tapa harjoitella kuin BFR-menetelmä.

Tämän hetkisen tutkimustiedon mukaan BFR-menetelmän käytöstä osana fysioterapiaa hyötyvät eniten hyväkuntoiset ihmiset traumojen jälkeisessä sekä postoperatiivisessa kuntoutuksessa. Lihasvoiman ja -massan ylläpysyminen ja kehittyminen ovat traumojen jälkeisen ja postoperatiivisen fysioterapian yksi tavoite. Blood flow restriction -menetelmä mahdollistaa tämän esimerkiksi sen ajanjakson aikana, kun kuntoutuja ei saa varata painoa alaraajalle tai nostaa raskaita kuormia.

Löytääkseen oman paikkansa kuntoutuksen moninaisella kentällä Blood flow restriction -menetelmää tulee tutkia jatkossa lisää. Menetelmällä on paljon potentiaalia, mutta sen käytölle on useita kontraindikaatioita. Menetelmän käyttöä tulisi jatkossa tutkia myös muilla, kuin perusterveillä aikuisilla. Tulevaisuudessa voidaan luoda yleispäteviä protokollia BFR-menetelmän käytölle, mikäli lisätutkimusten tiedon avulla saadaan tuotettua luotettavaa vakiointia mansetin paineiden, käytettävien kuormien sekä kontraindikaatioiden suhteen. Menetelmän käyttöönottaminen vaatisi moniammatillista yhteistyötä esimerkiksi hoitavan lääkärin sekä fysioterapeutin välillä. Lisäksi menetelmän käyttö vaatii fysioterapeuteilta erityistä perehtyneisyyttä verenkierron fysiologiaan sekä sydän- ja verisuonisairauksien taudinkuviin. Lisätutkimusten myötä on kuitenkin mahdollista, että blood flow restriction-menetelmä tulee olemaan osa fysioterapiaa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö kokoaa uusinta tutkimustietoa Blood flow restriction – menetelmän vaikutuksesta lihaskudokseen sekä menetelmän käytön hyödyistä osana fysioterapiaa.

Tutkimuksessa *Theoretical applications of blood flow restriction training in managing chronic ankle instability in the basketball athlete* (Faltus ym. 2018) on mainittu menetelmän mahdollisista hyödyistä kivunhoidossa, mikä olisi mielenkiintoinen näkökulma menetelmän lisätutkimukselle. Jatkossa olisi myös mielenkiintoista tutkia, onko menetelmää hyödynnetty muiden kuin perusterveiden aikuisten kuntoutuksessa sekä mitkä ovat tähänastisen tutkimustiedon mukaan käytetyt arvot esimerkiksi mansetin paineen tai käytettävien kuormien suhteen.

Lähteet

Ahonen, Jarmo – Sandström, Marita 2011. Liikkuva ihminen-aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 122. VK-kustannus Oy.

Colomer-Poveda, David – Romero-Arenas, Salvador – Vera-Ibáñez, Antonio – Viñuela-García, Manuel-Márquez, Gonzalo 2017. Effects of 4 weeks of low-load unilateral resistance training, with and without blood flow restriction, on strength, thickness, V wave, and H reflex of the soleus muscle in men. *European journal of applied physiology*. Volume 117, (7)1339–1347. Saatavilla osoitteessa: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-017-3622-0>>. Luettu 27.9.2018.

DePhillipo, Nicholas N – Kennedy, Mitchell I – Aman, Zach S – Bernhardson, Andrew S – O'Brien, Luke T – La Prade, Robert F 2018. The Role of Blood Flow Restriction Therapy Following Knee Surgery: Expert Opinion. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopy & Related Surgery* 34(8): 2506-2510. Saatavana osoitteessa: <<https://www-sciencedirect-com.helios.uta.fi/science/article/pii/S0749806318304754?via%3Dihub>>. Luettu 23.9.2018.

Duodecim Liikunnan käypähoitosuositus, 2016. 3-4. Saatavana osoitteessa: <<http://www.terveyskirjasto.fi/xmedia/hoi/hoi50075.pdf>> Luettu 28.6.2018.

Faltus, John – Owens, Johnny – Hedt, Corbin 2018. Theoretical applications of blood flowrestriction training in managing chronic ankle instability in the basketball athlete. *International Journal of Sports Physical Therapy* 13(3): 552-560. Saatavana osoitteessa:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6044586/>>. Luettu 23.9.2018.

Fleck, Steven J. – Kraemer, William J. *Human Kinetics. Designing Resistance Training Programs*. 2014. Champaign, IL. 63 – 107.

Hackney, Kyle J – Brown, William J – Stone, Kara A – Tennent, David J 2018. The Role of Blood Flow Restriction Training to Mitigate Sarcopenia, Dynapenia, and Enhance Clinical Recovery. *Techniques in Orthopaedics* 33(2): 98-105. Saatavana osoitteessa: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00013611-201806000-00005>>. Luettu 23.9.2018

Hill, Ethan C – Housh, Terry J – Keller, Joshua L – Smith, Cory M – Schmidt, Richard J – Johnson, Glen O 2018. Early phase adaptations in muscle strength and hypertrophy as a result of low-intensity blood flow restriction resistance training. *European Journal of Applied Physiology* 118(9): 1831-1843. Saatavana osoitteessa: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-018-3918-8>>. Luettu 23.9.2018.

Hughes, Luke – Rosenblatt, Ben – Paton, Bruce – Patterson, Stephen David 2018. Blood Flow Restriction Training in Rehabilitation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery: A Review. *Techniques in Orthopaedics* 3(2): 106-113. Saatavana osoitteessa: <https://journals.lww.com/techortho/fulltext/2018/06000/Blood_Flow_Restriction_Training_in_Rehabilitation.6.aspx>. Luettu 23.9.2018

Hughes, Luke – Paton, Bruce – Rosenblatt, Ben – Gissane, Conor – Patterson, Stephen David 2017. Bloodflow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 51:1003-1011. Saatavana osoitteessa: <<https://bjsm.bmj.com/content/51/13/1003.long>>. Luettu 18.9.2018.

Kim, Daeyeol – Loenneke, Jeremy P – Ye, Xin – Bembien, Debra A – Beck, Travis W – Larson, Rebecca D – Bembien, Michael G 2017. Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve* 56(6):126-133. Saatavana osoitteessa: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mus.25626>>. Luettu 18.9.2018.

Keinänen, J – Körkkö, J. 2017. Blood Flow Restriction harjoittelumenetelmänä fysioterapiassa. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Sosiaali-, terveys ja liikunta-ala. Fysioterapian koulutusohjelma. Saatavana osoitteessa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/138987/Keinanen_Janne%20Korkko_Jussi-Akseli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 18.9.2018.

Lixandrão, Manoel E – Ugrinowitsch, Carlos – Berton, Ricardo – Vechin, Felipe C – Conceição, Miguel S – Damas, Felipe – Roschel, Hamilton – Libardi, Cleiton 2018. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 48(2): 361-378. Saatavana osoitteessa:<<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-017-0795-y>>. Luettu 15.10.2018

Loenneke, Jeremy P – Kim, Daeyeol – Fahs, Christopher A – Thiebaud, Robert S – Abe, Takashi – Larson, Rebecca D – Bembien, Debra A – Bembien, Michael G 2016. The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle. *Scandinavian Society of Clinical Physiology and Nuclear Medicine*. Saatavana osoitteessa: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cpf.12367>> Luettu 27.9.2018.

May, Anthony K. – Russel, Aaron P. – Warmingtonin, Stuart A. 2017. Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an unrestricted arm. *European Journal of Applied Physiology* 118(3):617-627. Saatavana osoitteessa:<<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-018-3806-2>>. Luettu 18.9.2018

Ozaki, Hayao – Loenneke, Jeremy P – Abe, Takashi 2017. Blood flow restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy? *Clin Physiol Funct Imaging*. Jul;37(4):379-383. Saatavana osoitteessa: <<https://onlinelibrary-wiley-com.helios.uta.fi/doi/epdf/10.1111/cpf.12312>>. Luettu 18.9.2018.

Renström, Per – Peterson, Lars – Koistinen, Juha – Read, alcom – Mattson, Jukka – Keurulainen, Jari – Airaksinen, Olavi 1998. *Urheiluvammat, ennaltaehkäisy, hoito ja kuntoutus*. 97. VK-kustannus, 4.painos, Jyväskylä.

Slysz, Joshua T – Burr, Jamie F 2018. The Effects of Blood Flow Restricted Electrostimulation on Strength and Hypertrophy. *Journal of Sport Rehabilitation* 27(3): 257-262.

Saatavana osoitteessa: <<https://journals.humankinetics.com/doi/full/10.1123/jsr.2017-0002>>. Luettu 23.9.2018.

Takarada, Yudai – Takazawa, Haruo – Sato, Yoshiaki – Takebayashi, Shigeo – Tanaka, Yasuhiro – Ishii, Naokata 2000. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology*, 88: 2097–2106. Saatavana osoitteessa: <<https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>>. Luettu 27.9.2018.

Tennent, David J – Hylden, Christina M – Johnson, Anthony E – Burns, Travis C – Wilken, Jason M – Owens, Johnny G 2017. Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study. *Clinical Journal of Sport Medicine*; 27(3): 245-252. Saatavana osoitteessa: <https://journals.lww.com/cjsports-med/Fulltext/2017/0500/Blood_Flow_Restriction_Training_After_Knee.2.aspx>. Luettu 23.9.2018.

WHO. Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization.8. Saatavana verkossa: <<http://www.who.int/dietphysicalactivity/global-PA-recs-2010.pdf>>. Luettu 12.9.2018.

Yow, Bobby G – Tennent, David J – Dowd, Thomas C – Loenneke, Jeremy P – Owens, Johnny G 2018. Blood Flow Restriction Training After Achilles Tendon Rupture. *Journal of Foot & Ankle Surgery* 57(3): 635-638. Saatavana osoitteessa: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1067251617306452?via%3Dihub>>. Luettu 23.9.2018.