

Jonna Huittinen & Tuomas Keitaanniemi

FOTOBIMODULAATION KÄYTTÖ TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖN KIPUTILOJEN HOIDOSSA

Opinnäytetyö

Sosiaali- ja terveysalan ammattikorkeakoulututkinto

Fysioterapeuttikoulutus

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Fysioterapeutti (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jonna Huittinen & Tuomas Keitaanniemi
Työn nimi	Fotobiomodulaation käyttö tuki- ja liikuntaelimestön kiputilojen hoidossa
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Vuosi	2021
Sivut	66 sivua, 6 liitesivua
Työn ohjaaja(t)	Arja Kiviaho-Tiippana ja Miia Kierikki

TIIVISTELMÄ

Fotobiomodulaatio (eng. photobiomodulation ”PBM”), joka esiintyy myös muilla termeillä kuten matalateholaserhoito (eng. low-level laser therapy ”LLLT”), käsittää valon terapeuttisen käytön aallonpituuksilla 400 – 1100 nanometriä. Fotobiomodulaatioissa on perinteisesti käytetty puna- ja lähi-infrapunavalvoja, joiden aallonpituudet esiintyvät 600 – 1100 nanometrillä. Fotobiomodulaation on osoitettu vähentävän tulehdusta sekä lievittävän kipua. Vaikuttavuus on riippuvainen käytetyistä parametreista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda opiskelijoille ajankohtainen tietopaketti, jossa kootaan yhteen uusimpia tutkimuksia fotobiomodulaation käytöstä tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin. Tarkoituksena oli koostaa teoreettinen viitekehys, jossa perehdytään fotobiomodulaation vaikutusmekanismeihin elimistössä ja sen käytön aiheisiin. Tarkoituksena oli myös tehdä kuvaileva kirjallisuuskatsaus fotobiomodulaation käytöstä ja sen hyödyistä erilaisiin tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin ja niiden hoitoon. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda opiskelijoille tietoa fotobiomodulaation vaikutusmekanismeista elimistössä, sekä kuinka sitä voidaan hyödyntää fysioterapian käytännön työssä yhtenä fysikaalisena hoitomuotona.

Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsaus koostui kymmenestä tutkimuksesta, joista jokainen käsitteli tuki- ja liikuntaelimestön eri kiputilan hoitoa. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin tutkimusaineistoja, joissa kiputilat olivat mahdollisimman erilaisia, eri osassa kehoa ja kestoaltaan akuutteja, subakuutteja tai kroonisia. Tutkimuksissa arvioitiin pääosassa muutoksia kivun voimakkuudessa, mutta myös muutoksia liikkuvuudessa sekä toimintakyvyssä.

Tutkimusaineiston mukaan fotobiomodulaatio on tehokas menetelmä lieventämään tuki- ja liikuntaelimestön kipua. Useassa tutkimusaineistossa havaittiin myös liikkuvuuden lisääntymistä ja toimintakyvyn kehittymistä. Tutkimusaineistoista puuttui tulosten pitkäaikaisseuranta eikä käytettyjen lasereiden parametrien ilmoittamiseen ollut standardisoitua menetelmää. Nämä tekijät osaltaan heikentävät tulosten luotettavuutta.

Avainsanat: fotobiomodulaatio, matalatehoinen laser, tuki- ja liikuntaelimestön kipu

Degree	Bachelor of Health Care
Author (authors)	Jonna Huittinen & Tuomas Keitaanniemi
Thesis title	Photobiomodulation in musculoskeletal pain treatment
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences
Time	2021
Pages	66 pages, 6 pages of appendices
Supervisor	Arja Kiviahho-Tiippana and Miia Kierikki

ABSTRACT

Photobiomodulation means using light at a wavelength of 400 – 1100 nm as a therapy method. Red light and near-infrared that have wavelengths of 600 – 1100 nm, have traditionally been used in photobiomodulation. Photobiomodulation has been shown to reduce inflammation and relieve pain. Effectiveness is depending on the parameters of the laser.

The purpose of this thesis was to create a review of the new and current literature about the use of photobiomodulation in pain management of human musculoskeletal systems. This thesis is aimed for students. The purpose was to create a theoretical framework of how photobiomodulation affects the human body and what it can be used for, and to create a literature review of the use of the photobiomodulation and of the positive effects in the management of different kinds of pain. This thesis aimed to bring information about how photobiomodulations affects, where and how one can use it as a part of physical treatment.

The research was conducted as a narrative literature review. The review consisted of ten research articles on musculoskeletal systems pain management. The research articles were chosen based on as different pain syndromes as possible, in different parts of the body and pain durations from acute to chronic. These research articles evaluated primarily pain intensity but also changes in range of motion and functional ability.

According to the research data, photobiomodulation seems to be an effective method to alleviate pain in the musculoskeletal system. According to the research data, range of motion and functional ability seemed to improve as well. However, the validity of these results is impaired by the lack of long-term follow-ups, as well as the lack of a standardized method to record the laser parameters.

Keywords: photobiomodulation, low-level laser, musculoskeletal system pain

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	FOTOBIMODULAATION VAIKUTUSMEKANISMIT JA KÄYTTÖ.....	8
2.1	Vaikutusmekanismit molekyyli- ja solutasolla	11
2.2	Vaikutusmekanismit kudostasolla	14
2.3	Käytetyt parametrit.....	17
2.4	Kansainvälisen laseryhdistyksen suositukset	18
2.5	Käyttö maailmalla ja Suomessa.....	20
3	FOTOBIMODULAATION INDIKAATIOT JA KONTRAINDIKAATIOT	21
3.1	Kivunlievitys.....	21
3.2	Lihasten palautuminen.....	22
3.3	Haavojen hoito.....	23
3.4	Neurologiset sairaudet.....	24
3.5	Tuki- ja liikuntaelimestön sairaudet.....	24
3.6	Kontraindikaatiot.....	26
4	KIVUN MÄÄRITTELYÄ JA HOITOLINJAT FYSIOTERAPIASSA	27
4.1	Kivun fysiologia.....	28
4.2	Kivun luokittelu keston ja kipumekanismien mukaan.....	28
4.3	Tuki- ja liikuntaelimestön kipu	29
4.4	Kivun hoito fysioterapiassa	31
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE	32
6	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS	33
6.1	Aineiston valinta.....	35
6.2	Aineiston analyysi.....	36
7	TULOKSET.....	37
7.1	Niska- ja olkapääkipu.....	38
7.2	Krooninen alaselkäkipu.....	40
7.3	Lateraalinen epikondyliitti ”tenniskyynärpää”	41

7.4	Rannekanavaoireyhtymä	42
7.5	Polven nivelrikko.....	43
7.6	Patellofemoraalinen kipuoireyhtymä.....	44
7.7	Krooninen jalka- ja nilkkakipu	45
7.8	Plantaarifaskiitti.....	46
7.9	Urheiluvammat.....	47
8	POHDINTA	49
8.1	Tulosten tarkastelu	49
8.2	Laserhoitojen toteutuksen tarkastelu	51
8.3	Johtopäätökset	52
8.4	Luotettavuus ja eettisyys	53
8.5	Jatkotutkimusehdotukset	54
8.6	Opinnäytetyöprosessi	55
	LÄHTEET.....	57

LIITTEET

Liite 1. Tiedonhaussa käytetyt tietokannat ja hakusanat

Liite 2. Kirjallisuuskatsaustaulukko

Liite 3. Tutkimuksissa käytetyt laserin parametrit

1 JOHDANTO

”Valo” käsittää aallonpituudet, jotka ovat ihmisen nähtävissä eli 400 – 760 nanometrin välillä, näistä suuremmat aallonpituudet ovat infrapunaa. Auringonvalon osuessa maanpintaan on sen lyhyin mahdollinen aallonpituus 295 nanometriä ja suurin 1100 nanometriä. (Smith s.a.) Auringonvalosta UV-säteilyä ovat aallonpituudet väliltä 100 – 400 nanometriä. Nämä aallonpituudet aiheuttavat ihon ruskettumista sekä DNA-vaurioita ihossa. (Airola 2020.) Fotobiomodulaatio käsittää valon terapeuttisen käytön aallonpituuksilla 400-1100 nanometriä. Fotobiomodulaatio edistää kudoksen paranemista, vähentää tulehdusta sekä kivun tunnetta. (Serrage ym. 2019.)

Professori Endre Mester aloitti lasereiden tutkimisen vuonna 1965. Matalatehoinen valo ei silloisissa eläinkokeissa tuhonnut halutusti syöpäsoluja, mutta Mester huomasi sen nopeuttavan ihon haavojen parantumista. (Gáspár 2009.) Viime vuosikymmenien aikana matalatehoisten lasereiden ja punaisen valon käytön hyödyistä kipu- ja sairaustilojen hoidossa on saatu paljon näyttöä. Kyseiset valohoidot ovat lisänneet mielenkiintoa tutkia käyttömahdollisuuksia neurologisten tilojen kuten dementian ja Parkinsonin taudin hoitoon (Salehpour ym. 2018). Tällä hetkellä Pubmedin tietokannasta löytyy 8 239 hakutulosta sanoilla ”photobiomodulation” ja ”low-level laser therapy”, joista 754 tulosta on julkaistu edeltäneen vuoden aikana. Tutkimuksissa on saatu paljon positiivista näyttöä, mutta myös näyttöä, jossa kyseisistä hoidoista ei ole ollut merkittävää hyötyä.

Opinnäytetyön aihe liittyy fotobiomodulaatiossa yleisimmin käytettyihin punavaloon ja lähi-infrapunavaloon sekä niiden käyttämiseen erilaisten tuki- ja liikuntaelimestön kiputilojen hoidossa. Opinnäytetyössä perehdyttiin kirjallisuuskatsauksen keinoin kyseisten valohoitojen vaikutusmekanismeihin elimistössä sekä siihen, kuinka valohoitoja voidaan hyödyntää fysioterapian käytännön työssä yhtenä fysikaalisena hoitomuotona. Opinnäytetyössä aihetta tarkasteltiin uusimman tutkimustiedon valossa perehtyen fysioterapian vastaanotolla esiintyvien yleisten vaivojen kuten alaselkä- ja niskakivun, lihaskivun ja nivelrikon hoitoon.

Kiinnostuksemme opinnäytetyön aihetta kohtaan heräsi Joni Jaakkolan Väkevä elämä -podcastin kautta, jossa haastateltiin nuorta suomalaista hammaslääketieteen opiskelijaa Vladimir Heiskasta, joka on jo vuosia perehtynyt tiedemaailmaan. Ajatus valohoidosta, jolla voidaan vaikuttaa hankaliin kiputiloihin, hoitaa sairauksia ja edistää terveyttä parantamalla mitokondrioiden aineenvaihduntaa, sai mielenkiintomme heräämään aihetta kohtaan. Meillä heräsi myös ajatus, kuinka fysioterapiassa tätä hoitomuotoa voitaisiin käyttää ja voitaisiinko sillä nopeuttaa kuntoutusprosessia sekä onko Suomessa tämä hoitokeino jo käytössä.

Matalateholaserhoidolla (LLLT) on saatu myönteisiä vaikutuksia muun muassa nivelten kipuun, myofaskiaaliseen lihaskipuun, hartioiden jännevaivoihin ja sillä on havaittu olevan liikunnan jälkeistä palautumista nopeuttava vaikutus, ja se saattaa tehostaa lihaskasvua. LLLT:stä on ollut apua tenniskyynärpään hoidossa, sillä on havaittu kipua lievittäviä vaikutuksia käden ja ranteen luun murtumissa, sekä se on huomattavasti lisännyt puristusvoimaa. (Heiskanen & Partonen 2016.) Punavalon ja lähi-infrapunavalon hyötyjä on selvitelty monissa uusissa tutkimuksissa, ja tämä näkyy vähitellen myös hoitoa antavien palveluntarjoajien lisääntyneenä määränä. Aihe on näin ollen ajankohtainen ja tulee näkymään fysioterapiassa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda opiskelijoille tietoa fotobiomodulaation vaikutusmekanismeista elimistössä sekä siitä, mihin ja miten fotobiomodulaatiota voidaan hyödyntää fysioterapian käytännön työssä yhtenä fysikaalisena hoitomuotona. Opinnäytetyön tarkoituksena oli koostaa teoreettinen viitekehys, jossa perehdytään fotobiomodulaation vaikutusmekanismeihin yleisesti ja sen käytön aiheisiin. Tarkoituksena oli myös tehdä kuvaileva kirjallisuuskatsaus fotobiomodulaation käytöstä ja sen hyödyistä erilaisiin tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloihin ja niiden hoitoon. Kiputilojen hoidossa käytetyistä fotobiomodulaation parametreista koostettiin taulukko, josta lukija näkee helposti, miten hoito on toteutettu. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Savonlinnan kampus. Työ on suunnattu fysioterapeuttikoulutuksen opiskelijoille.

Opinnäytetyöraportissa käsiteltiin aluksi teoreettista viitekehystä. Teoreettinen viitekehys koostuu fotobiomodulaation vaikutusmekanismeista ja parametreista sekä siitä, mihin fotobiomodulaatiota on käytetty ja mihin sen käyttö ei mahdollisesti sovellu. Teoreettisessa viitekehyksessä käydään lyhyesti läpi kivun fysiologiaa, luokittelua sekä kivun hoidon käytänteitä fysioterapiassa. Tämän jälkeen raportissa esitellään kirjallisuuskatsauksen toteutusta, jonka jälkeen esitellään tulokset, joissa vastataan opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin. Raportin pohdintaosuudessa tuloksia tarkastellaan ja verrataan sekä tehdään näistä johtopäätöksiä. Raportin liitteistä on löydettävissä tiedonhaku- ja kirjallisuuskatsaustaulukko sekä tutkimuksissa käytettyjen laserien parametrit taulukkomuodossa.

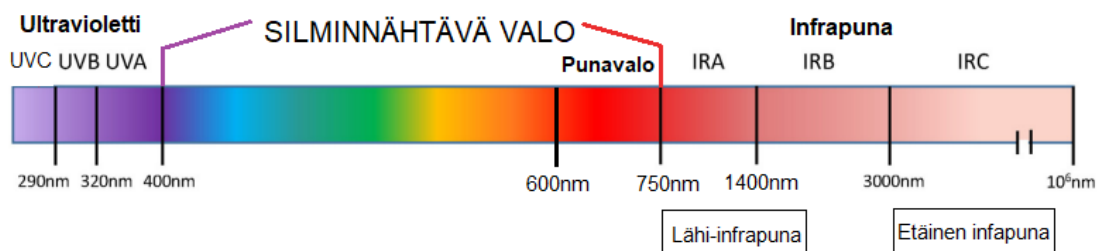
2 FOTOBIMODULAATION VAIKUTUSMEKANISMIT JA KÄYTTÖ

Fotobiomodulaatio (eng. photobiomodulation ”PBM”), joka esiintyy myös muilla termeillä kuten matalateholaserhoito (eng. low-level laser therapy ”LLLT”) tai fototerapia, käsittää valon terapeuttisen käytön aallonpituuksilla 400 - 1100 nanometriä. Fotobiomodulaatiossa on perinteisesti käytetty puna- ja lähi-infrapunavalvoja, joiden aallonpituudet esiintyvät 600 - 1100 nanometrin välillä. (Serrage ym. 2019.) Fotobiomodulaation on osoitettu vähentävän tulehdusta sekä lievittävän kipua. Vaikuttavuus on riippuvainen käytetyistä parametreista kuten valon lähteestä, aallonpituudesta, tehosta ja pulssin rakenteesta sekä käytön kestosta. (Dompe ym. 2020, 2.)

Esimerkiksi hehkulampun valo on moniväristä ja sen säteily on sekavaa sekä säteily leviää joka suuntaan, kun taas laserin valo on yksiväristä ja sen säteilyn eteneminen on säännöllistä ja yhtenäistä eli koherenttia (Hartmut 2017). Aiemmin oletettiin biologisten vaikutusten vaativan laserin koherenttia valoa, mutta on huomattu ei-koherenttien LED-valojen toimivan yhtä hyvin (de Freitas & Hamblin 2016). Matalatehoinen (eng. low-level) on käsitteenä tulkinnanvarainen ja harva tietää, mitä se konkreettisesti tarkoittaa. Fotobiomodulaatiolla aikaansaadut biologisten prosessien inhiboivat ja stimuloivat vaikutukset ovat terapauttisesti yhtä käyttökelpoisia ja käsite onkin muutettu matalatehoisesta laserhoidosta fotobiomodulaatioon. (Hamblin 2016.)

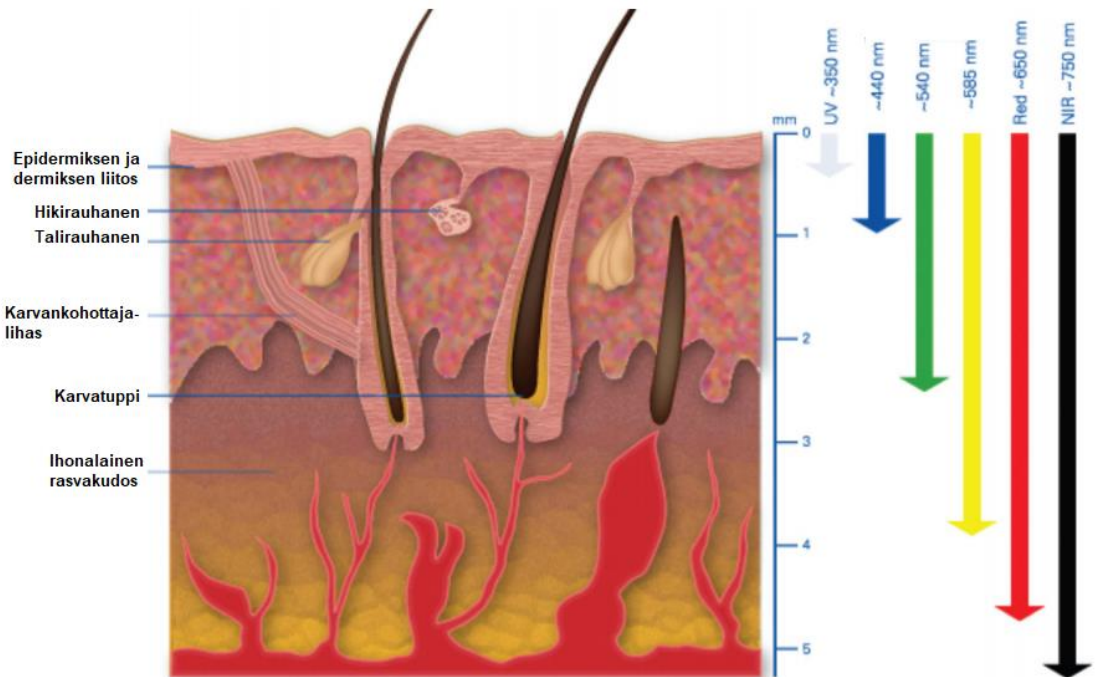
Monissa tutkimuksissa on silti käytössä käsite matalatehoinen laserhoito (eng. low-level laser therapy "LLLT"). Olemme siten päättäneet käyttää opinnäytetyössämme käsitteitä matalatehoinen laserhoito "LLLT", fotobiomodulaatio "PBM" sekä LED -terapia "LEDT" tutkimuksissa ja lähteissä käytettyjen käsitteiden mukaisesti. Emme työssämme halua ottaa riskiä, että muuttaisimme alkuperäisten lähteiden tarkoitusta tai sisältöä.

Fotobiomodulaation aallonpituudet ovat 400 - 1100 nanometrin väliltä. Punavalo on silminnähtävää valoa ja sen aallonpituus on 600 - 750 nanometriä. Lähi-infrapunavalon aallonpituus on 750 - 1100 nanometriä. (Serrage 2019.) Valon aallonpituuksista puna- ja lähi-infrapunavalon aallonpituudet läpäisevät kudoksen maksimaalisesti (de Freitas & Hamblin 2016). Kuva 1 havainnollistaa nähtävissä olevan punavalon aallonpituudet sekä silmille näkymättömissä olevan lähi-infrapunan.



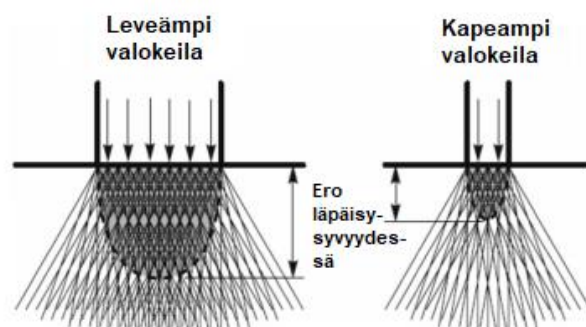
Kuva 1. Valon aallonpituudet (mukaeltu Barolet ym. 2015)

Ultraviolettisäteily (UV) on silmälle näkymätöntä valoa ja sen aallonpituudet ovat 100 – 400 nm. UV-säteily jakaantuu lyhytaaltoiseen ja ilmakehään imeytyvään UVC-säteilyyn, UVB-säteilyyn (280 – 320 nm) sekä UVA-säteilyyn (320 – 400 nm). Ihon punoitusta aiheuttaa pääosin UVB-säteily ja UVA-säteily tunkeutuu ihossa syvemmälle, mutta kaikki UV-säteilyn aallopituudet vahingoittavat ihoa. (Airola 2020.) Infrapuna tuntuu iholla lämpönä ja se läpäisee epidermoksen, dermoksen ja ihonalaiskerroksen, mutta läpäisyvyvyys riippuu siitä, mitä aallonpituutta käytetään. Infrapuna jaetaan kolmeen ryhmään: IR-A (760 – 1400 nm) eli lähi-infrapuna, IR-B (1400 – 3000 nm) ja IR-C (3000 nm – 1 mm). Evoluution näkökulmasta aamuauringon IR-A:n aallonpituuksille altistuminen valmistaa ihoa vastaanottamaan keskipäivän haitallista UV-säteilyä. (Barolet ym. 2015.) Kuvassa 2 näkyy, kuinka syvälle eri aallonpituudet läpäisevät ihon.



Kuva 2. Eri aallonpituuksien ihon läpäisevyys (mukaeltu Ash ym. 2017)

Punaisen valon ja lähi-infrapunavalon aallonpituudet yltävät jopa 4 - 5 mm syvyyteen ihossa, kun taas sinisen valon aallonpituudet jäävät 1 mm:iin (Ash ym. 2017; Serrage ym. 2019). Myös sinisen valon on todettu vähentävän tulehdusta ja vihreän valon vähentävän turvotusta pinnallisemmissa kudoksissa (Serrage ym. 2019). Valon läpäisy syvyyteen vaikuttaa merkittävästi hoidettavan alueen koko tai hoitolaitteen valonlähteen koko kuten kuvasta 3 voidaan huomata.



Kuva 3. Valokeilan koon vaikutus valon läpäisy syvyyteen (mukaeltu Ash ym. 2017)

Valokeilan koon kasvaessa valon sivuttainen sironna vähenee, jolloin valo läpäisee kudosta syvemmälle ja suuremmalta alueelta. Kun käytössä on leveämpi valokeila, voidaan vähäisemmällä teholla saavuttaa hoidon vaatima

syvyys. 4 - 6 mm levyistä valokeilaa on käytetty, kun tarkoituksena on ollut läpäistä syvempiä ihon kerroksia sinne, missä karvatupet ja verisuonet sijaitsevat. (Ash ym. 2017.)

2.1 Vaikutusmekanismit molekyyli- ja solutasolla

Mitokondriot ovat soluissa toimivia "voimalaitoksia", jotka muistuttavat muodoltaan bakteereja, ja ne osaavat jakautua ja yhdistyä (Nienstedt ym. 2016, 36). Mitokondrioilla on kaksinkertainen kalvorakenne, ja ne ovat 1-2 mm:n kokoisia organelleja (Pihko ym. 1992).

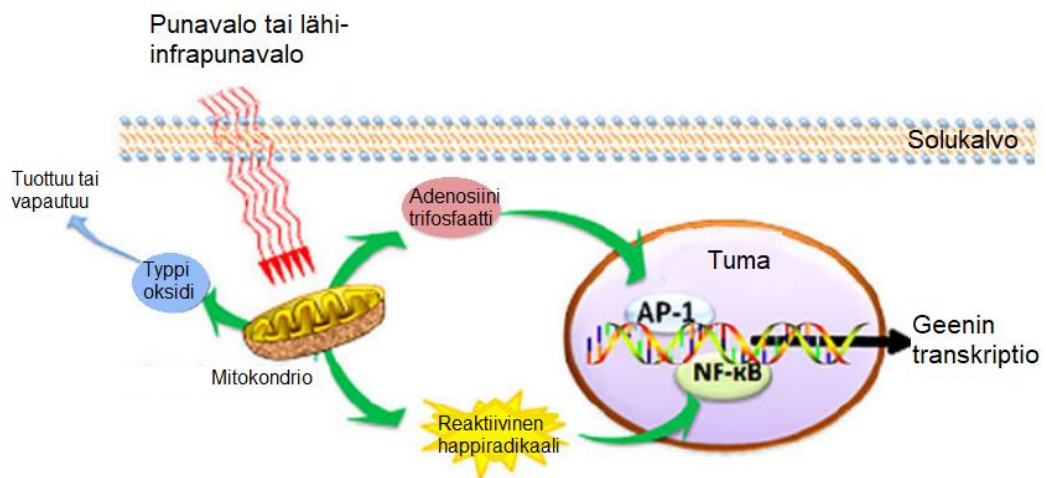
Mitokondrio osallistuu elimistön soluhengitykseen, jossa energiaravintoaineet kuten rasvahapot, aminohapot ja glukoosi muuntuvat elimistön soluille käytettäväksi energiaksi eli adenosiinitrifosfaatiksi. Muita tehtäviä joihin mitokondriot osallistuvat ovat muun muassa steroidien, aminohappojen, rasva-aineiden, happiradikaalien ja lämmön tuotanto sekä ne osallistuvat myös solunsisäiseen signalointiin, tuman geenien luentaan ja ne ovat mukana immuunivasteen säätelyssä sekä ohjelmoituneessa solukuolemassa. (Heiskanen & Pirinen 2020.)

Mitokondrion oma DNA (mtDNA) ja tuman DNA ohjaavat hengitysketjun toimintaa, ja näiden häiriintyessä voi esiintyä hyvin erilaisia oireita.

Puutteellista tai häiriintynyttä soluhengitystä kutsutaan mitokondriosairaudeksi, joka voi ilmetä muun muassa usean elimen taholta tulevana oireina tai lihaksissa sekä keskushermostossa ilmenevinä oireina. Lihaskudoksen tai keskushermoston energiavajaus ilmenee herkimmin ja näin ollen lihaksen mitokondrioita tutkimalla saadaan selvitettyä koko elimistön energia-aineenvaihdunnan tila ja mahdollinen soluhengityksen häiriö. (Pihko ym. 1992.)

Matalateholaserin hoitavien vaikutuksien biokemiallisia mekanismeja ei tarkalleen tunneta, mutta sillä on havaittu olevan vaikutuksia molekyyli-, solu- ja kudostasolla. Matalateholaser aiheuttaa solussa fotokemiallisen reaktion, jota kutsutaan fotobiomodulaatioksi. Matalateholaser vaikuttaa soluissa mitokondrioihin lisäämällä ATP:n tuotantoa, reaktiivisen typpioksidin

mukautumista ja transkriptiotekijöitä (kuva 4). Transkriptiotekijät vaikuttavat DNA-nauhassa oleviin säätelyalueisiin joko aloittaen, lisäten tai vähentäen geenin kopioitumista mRNA:ksi (Nienstedt ym. 2016, 41). Transkriptiotekijät aiheuttavat proteiinisynteesiä, mikä lisää solujen nopeaa lisääntymistä ja kulkeutumista, sytokiini tasojen mukautumista, kasvutekijöitä ja tulehduksellisia välittäjäaineita sekä parantavat kudoksen hapettumista. (Chung ym. 2012, 4-5.)



Kuva 4. LLLT:n vaikutusmekanismit kudoksessa (mukaeltu Chung ym. 2012, 20)

Kun valohiukkanen osuu kohteeseensa, se voi heijastua, muuntua tai imeytyä (absorboitua). Absorboituessa se luovuttaa energiansa kohteen atomeille ja molekyyleille. (SLLY 2016.) Kuvassa 4 esitetään LLLT:n vaikutusmekanismit kudoksessa. Punavalo tai lähi-infrapunavalo absorboituu mitokondriossa sijaitsevaan tiettyyn valoa vastaanottavaan kromoforiin eli molekyylin värin aiheuttamaan osaan. Samalla ATP:n tuotanto lisääntyy, reaktiivisia happiradikaaleja (ROS) tuottuu sekä typpioksidia (NO) vapautuu tai tuottuu. Nämä tekijät taas aiheuttavat transkriptiotekijöiden aktivoitumisen ja geenin transkription. (Chung ym. 2012, 20.) Transkriptiossa osa tumen kromosomin toisesta DNA-ketjusta kopioituu lähetti RNA:ksi (mRNA) (Nienstedt ym. 2016, 39).

Sytokromi c -oksidaasi (Cox). Soluhengityksessä sytokromioksidaasi pelkistää hapen vedeksi. Hapen pelkistymisessä syntyy reaktiivisia välituotteita eli happiradikaaleja. (Antila 1994.) Mitokondriossa on neljä

hengitysketjun kompleksia, joista sytokromi c -oksidaasi on neljäs. Cox:n tehtävänä on siirtää ravintoaineiden hapetuksessa muodostuneet elektronit hapelle sekä edistää ATP:n tuotantoa. Cox:n vajaatoiminta on vakavimpia mitokondriotautien muotoja. (Kemppainen 2015, 15.) Sytokromi c oksidaasi ottaa ensisijaisesti vastaan puna- tai lähi-infrapunavalon lähettämän valospektrin. Fotobiomodulaatio vaikuttaa sytokromi c oksidaasiin, mikä lisää mitokondrion kalvopotentiaalia ja ATP-, cAMP- ja ROS-tasoa. (de Freitas & Hamblin 2016, 4.)

Adenosiinitrifosfaatti (ATP) on nukleinihapon rakenneyksikkö, johon varastoitunutta energiaa solut käyttävät toiminnoissaan (Duodecim 2020). Mitokondriot tuottavat runsasenergistä ATP:tä (Nienstedt ym. 2016, 36). ATP on energian välittäjä katabolisten ja anabolisten reaktioiden välillä (Solunetti 2006). Fotobiomodulaation on todettu lisäävän solunsisäistä ATP:n määrää sekä elävässä eliöissä että koeputkissa tehdyissä tutkimuksissa, kun sytokromi c oksidaasin toimintaa on lisätty valon vaikutuksella (de Freitas & Hamblin 2016, 6).

Syklinen adenosiinimonofosfaatti (cAMP) on toisiohjaaja, joka kuljettaa hormonien viestin soluun (Duodecim 2020). Se säätelee monia biologisia prosesseja kuten solun liikkumista, erilaistumista, lisääntymistä ja ohjelmoituja solukuolemia. Syklinen AMP on välttämätön tekijä ylläpitämään mitokondrion homeostaasia, säätelemään mitokondrioiden dynamiikkaa ja mukauttamaan solun stressivasteita. (Zhang ym. 2016.) Syklinen adenosiinimonofosfaatti on adenosiinitrifosfaatin johdannainen, joten ATP-tasot vaikuttavat syklisen AMP:n tasoihin (Farivar ym. 2014, 59). Fotobiomodulaation jälkeen on huomattu syklisen AMP:n lisääntymistä, mutta ei ole vahvaa näyttöä, että valosta johtuva ATP:n lisääntyminen johtaisi syklisen AMP:n määrän kasvuun (de Freitas & Hamblin 2016, 7).

Reaktiivinen happiradikaali (ROS). Hapen pelkistyessä solun aineenvaihdunnassa syntyy happiradikaaleja hallitusti ja hallitsemattomasti. Hallitsematon happiradikaalien synty johtaa proteiinien ja DNA:n vaurioitumiseen, kun taas solun tasapainotilassa happiradikaalit välittävät solun vuorovaikutuksia. (Antila 1994.) Fotobiomodulaatio näyttää tuottavan mitokondriossa reaktiivisia happiradikaaleja, jotka johtavat

transkriptiotekijöiden aktivaatioon. Mitokondrion aineenvaihdunnan toimiessa normaalisti reaktiivisia happiradikaaleja tuottuu matalia määriä. Liiallinen oksidatiivinen stressi, eksitotoksisuus eli hermomyrkyllisyys tai elektronien siirron estyminen madaltavat mitokondrion kalvon potentiaalia ja nostavat reaktiivisten happiradikaalien määrää, jolloin valon vaikutus normalisoi kalvon potentiaalia ja laskee reaktiivisten happiradikaalien määrää. (de Freitas & Hamblin 2016, 7.) Normaalissa solussa fotobiomodulaatio tuottaa reaktiivisia happiradikaaleja, mutta solun kärsiessä oksidatiivisesta stressistä fotobiomodulaatio madaltaa reaktiivisten happiradikaalien tasoa (Hamblin 2017, 1).

Typpioksidi (NO). Verisuoniston solut erittävät kaasumaista typpioksidia, joka toimii verisuonien laajentajana (Duodecim 2020). Typpioksidi osallistuu solujen sisäisiin ja niiden välisiin viestintöihin sekä mikrosirkulaation säätelyyn, neurotransmissioon ja immuunipuolustukseen. NO voi toimia soluja suojelevasti antioksidanttina tai soluja tuhoavasti pro-oksidanttina. (Pesonen 2006, 124.) Typpioksidin tuotannon on huomattu lisääntyvän fotobiomodulaation jälkeen (de Freitas & Hamblin 2016). Valo voi suojella solua NO:n aiheuttamalta solukuolemalta (Hamblin 2008).

2.2 Vaikutusmekanismit kudostasolla

Kantasolut tuottavat jakautuessaan erikoistuneita soluja sekä uusia kantasoluja, joita voidaan elimistössä käyttää eri tehtäviin. Esisolut ovat taas kantasolujen jälkeläisiä ja ne voivat jakautuessaan tuottaa vain yhdentyypisiä soluja. (Polgren 2004.) Fotobiomodulaatio tehostaa solujen erilaistumista vaikuttaen sekä kanta- että esisoluihin ja parantaa sitä kautta kudoksen korjaantumisprosessia (Dompe ym. 2020, 1-2). Abramovitch-Gottlibin ym. tutkimuksessa (2005) tutkittiin 3D -biomatriisissa viljeltyjen mesenkymaalisten kantasolujen erilaistumista luusoluiksi. Ryhmässä, jossa kantasoluja valotettiin matalatehoisella laserilla, solujen erilaistuminen oli kontrolliryhmää korkeampi. Matalan tehon ansiosta hoito ei aiheuta kudoksen lämpötilan nousua eikä aiheuta muutosta kudoksen anatomiseen rakenteeseen (de Freitas & Hamblin 2016, 2).

Lihaskudoksessa fotobiomodulaation vaikutukset perustuvat punaisen valon absorboitumiseen sytokromi c oksidaasiin ja mitokondrion aktivaation stimuloimiseen sekä adenosiinitrifosfaatin voimakkaaseen kasvuun. Lihakset käyttävät energianaan ATP:tä, joten sitä on pidetty yleisimpänä fotobiomodulaation vaikutusmekanismina lihaskudoksessa. (Ferraresi ym. 2016, 2.)

Korkeatehoinen harjoittelu aiheuttaa viivästynyttä lihasten arkuutta, lihasvauriota, tulehdusta ja oksidatiivista stressiä (Hamblin 2017, 6). Fotobiomodulaatiolla on monia positiivisia vaikutuksia lihaskudokseen, kuten harjoittelun jälkeisen lihasmassan lisääntynyt kasvu sekä tulehduksen ja oksidatiivisen stressin vähentyminen (Ferraresi ym. 2016, 1). Fotobiomodulaatio voi auttaa lihasvaurioiden parantumisessa, vähentää lihaskipuja ja arkuutta sekä parantaa suorituskykyä ja vähentää lihasten harjoittelun aikaista väsymystä (Hamblin 2017, 9; Ferraresi ym. 2012, 15). Kolme tuntia ennen harjoittelua annettu fotobiomodulaatio voi voimistaa lihasten suorituskykyä (Hamblin 2017, 9).

Lihassupistuksessa tuottuu happi- ja typpiradikaaleja (ROS/RNS), joilla on vahingollisia vaikutuksia lihassäikeisiin, soluihin, kudoksiin, lihassupistus toimintoon ja liikunnalliseen suorituskykyyn. Lihasten väsymys vähenee ja suorituskyky paranee, kun soluja tuhoavien molekyylien (ROS/RNS) tuotanto LLLT:n vaikutuksesta harjoittelun aikana estyy ja mitokondrioiden toiminta paranee. (Ferraresi ym. 2012, 10-11.)

Lihassavurio on myofibrillien häiriö, johon liittyy tulehdus. Kokeellisissa malleissa LLLT:n on huomattu lisäävän uusien myofibrillien muodostumista. Satelliittisolut ovat tärkeitä lihaksen korjaantumisprosessissa, ja in vitro -menetelmällä suoritetuissa tutkimuksissa LLLT:llä on huomattu olevan positiivisia vaikutuksia solusykliin ja satelliittisolujen aktivaatioon. LLLT muun muassa mukauttaa kollageenia vaurioituneeseen kohtaan, estää tulehdusta, vähentää radikaaleja ja lisää ATP:n synteesiä, mitkä ovat perusta onnistuneelle lihasvaurion korjaantumiselle. (Ferraresi ym. 2012, 13.)

Aivosoluissa fotobiomodulaatio lisää mitokondrioiden toimintaa, mikä johtaa lisääntyneeseen soluhengitykseen ja ATP:n tuotantoon (Chung ym. 2012, 9). Typpioksidin vapautuessa verisuonet laajentuvat, mikä johtaa lisääntyneeseen verenkiertoon aivoissa. Lisääntynyt adenosiinitrifosfaatti ja aivojen verenkierto parantavat aivojen toimintaa. (Chan ym. 2019, 2.) Tärkeimpiä fotobiomodulaation vaikutuksia aivoissa ovat parantunut aivojen aineenvaihdunta, neurogeneesin ja synaptogeneesin stimuloiminen, välittäjäaineiden säätely sekä hermosolujen kuoleman estäminen (Salehpour ym. 2018, 18).

Keskus- ja ääreishermostossa fotobiomodulaatio vähentää kipua estämällä niiden säikeitten johtumista ja vapauttamalla endorfiineja. Fotobiomodulaatiolla on anti-inflammatorisia vaikutuksia ääreishermostossa ja se edistää toiminnallista palautumista sekä ääreisherموjen uudistumista vaurioiden jälkeen. (de Freitas & Hamblin 2016, 19.)

Haavojen paranemisessa tämänhetkinen tutkimusnäyttö LLLT:n tehokkuudesta on ristiriitaista eikä johda selkeisiin johtopäätöksiin. LLLT:n uskotaan vähentävän aikaa, joka kuluu haavojen sulkeutumiseen sytokiinien ja kemokiinien vapautumisen myötä. (Chung ym. 2012, 8.)

LLLT rentouttaa endoteelin sileitä lihassyitä lisäten näin vasodilaatiota eli verisuonten laajenemista. Verisuonten laajeneminen lisää hapen saantia hoidetussa solussa sekä lisää immuunisolujen pääsyä kudokseen nopeuttaen paranemista. (Chung ym. 2012, 6.) Typpioksidia (NO) syntyy verisuonten endoteelisoluissa ja sen vaikutuksesta lisääntynyt syklisen guanosiinimonofosfaatin (cGMP) muodostuminen toimii tärkeimpänä verisuonten laajentajana (Niensted ym. 2016, 224). Vasodilaatio on olennaista nivelten tulehduksen hoidossa (Chung ym. 2012, 6).

Laser lisää hohkaluun huokoisuutta ja voi siten avustaa kudoksen korjaantumista ja uudistumista. Fotobiomodulaatio vaikuttaa myös luukudokseen lisäten osteoblastien lisääntymistä ja erilaistumista. (Dompe ym. 2020, 7-9)

2.3 Käytetyt parametrit

Yleisimmin käytetyt punavalon aallonpituudet ovat 600 – 700 nm ja lähi-infrapunavalon 780 – 1100 nm. Punavalo ja lähi-infrapunavalo läpäisevät kudoksen suurimmillaan kyseisillä aallonpituuksilla. (de Freitas & Hamblin 2016, 2-3.)

Tärkeimmän fotobiomodulaation parametrit ovat säteily (tehotiheys) mW/cm^2 ja energiatiheys J/cm^2 (Zein ym. 2018). Lasereiden ja ledien säteily on yleensä 5 mW cm^2 :stä 5 W cm^2 :iin. Ulostuloteho voi vaihdella 1 mW:n ja 500 mW:n välillä, kunhan lämpövaikutusta ei aiheudu. (de Freitas & Hamblin 2016, 2). Taulukosta 1 ovat nähtävissä säteilyn parametrit ja käytössä olevat yksiköt.

Taulukko 1. Säteilyn parametrit (mukaeltu Chung ym. 2012, 24-25; de Freitas & Hamblin 2016, 36-37)

Parametrit	Yksikkö	Selitys
Aallonpituus	Nanometri (nm)	LLT laitteissa yleisimmin käytetyt aallonpituudet ovat 600 – 1100 nm
Säteily	W/cm^2	Säteily = Teho (W) / alue (cm^2)
Pulssin rakenne	Huipputeho (W) Pulssitaajuus (Hz) Pulssin pituus (s)	Jos säde on pulssitettu, tulisi tehon sijasta mainita keskimääräinen teho. Keskimääräinen teho (W) = Huipputeho (W) x pulssin pituus (s) x pulssin taajuus (Hz)
Energia	Joule (J)	Energia (J) = Teho (W) x aika (s)
Energiatiheys	J/cm^2	Yleisin parametri kuvaamaan LLLT:n annosta vaikkakin epäluotettava
Säteilyn kesto	Sekunti (s)	Säteilyn keston tulisi määrittää LLLT:n annos, mikä tekisi hoidon kirjaamisesta luotettavampaa
Hoidon väli	Tunteja, päiviä tai viikkoja	Eri hoito välien vaikutuksia ei ole tarpeeksi tutkittu, vaikka kyseisen parametrin on todistettu olevan tärkeä

Säteily voi olla jatkuvaa tai pulssitettua, jolloin säteen tulee olla suhteellisen matalataajuinen $0,04 \text{ J}/\text{cm}^2$:stä $50 \text{ J}/\text{cm}^2$:iin. Alle $2 \text{ J}/\text{cm}^2$:n matalilla annoksilla fotobiomodulaatio stimuloi soluissa nopeaa lisääntymistä, kun taas yli 16

J/cm²:n annoksilla fotobiomodulaation vaikutukset ovat tukahduttavat. (de Freitas & Hamblin 2016, 2-4.)

Fotobiomodulaatiossa aika on myös tärkeä parametri. Valo tarvitsee muutaman minuutin kudoksessa, jotta vaikutuksia ilmaantuu. (Zein ym. 2018.) Vaikutuksia ei ilmene, jos säteilyn aika on liian lyhyt tai liian pitkä (Chung ym. 2012, 7).

Vääränlaiset parametrit tekevät hoidosta tehotonta. Liian matala tai korkea energiatiheys, säteily, aika tai hoidon toistojen määrä voi johtaa merkityksettömiin tai ei haluttuihin tuloksiin. (Chung ym. 2012, 2; de Freitas & Hamblin 2016, 3.) Monissa tutkimuksissa julkaistut tulokset ovat negatiivisia koska valitut parametrit ovat olleet sopimattomat (Chung ym. 2012, 2).

2.4 Kansainvälisen laseryhdistyksen suositukset

Kansainvälinen laseryhdistys on luonut tieteelliset suositukset (2004) satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten tekemiseen tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin liittyen. Suositusten mukaan tutkimuksissa tulisi mainita onko käytössä ollut laser vai led -valo sekä tulee käyttää lasereita ja ledejä, joiden teho on yli 1 mW. Suositusten mukaan tutkimuksiin tulisi sisällyttää kontrolliryhmä, jossa hoitomuotona olisi plasebolaser tai jokin muu vertailuhoito. Osallistujat tulisi olla satunnaistettu sekä sokkoutettu. (World Association of Laser Therapy 2004.)

Suosituksien mukaan (2004) tutkimuksessa tulisi ilmoittaa hoitokertojen määrä sekä kuinka useasti hoitoa on annettu viikon sisällä. Näiden lisäksi tutkimuksessa tulisi ilmoittaa:

- hoidon anto tapa (iho kontakti/skannaus)
- aallonpituus (nm)
- keskimääräinen teho (mW)
- hoitoaika (s)
- energia (J)
- pisteen koko iholla (cm²)
- tehotiheys (mW/cm²)
- hoitojen kokonaisenergia (J).

Hoitoalueen tulisi suositusten mukaan (2004) olla selkeästi todettu ja olla:

- vaurioitunut alue (jänne, nivelkapseli, rusto, nivelside, lihas, luu, haava)

- hermon kipeä tai halvaantunut alue
- akupunktio- tai triggerpiste
- jokin muu tarkoin määritelty alue.

Kansainvälinen laseryhdistys on luonut matalatehoisen laserin parametrien käyttöön suositukset (2010). Suositukset ovat kohdistettu tendinopatioiden sekä nivelrikon hoitoon. Taulukossa 6 on poimittu Kansainvälisen laseryhdistyksen suosittamia parametrejä tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin.

Taulukko 6. Matalatehoisen laserien parametrien suositukset. Aallonpituudet välillä 780-860 nm ja **tummennettuna 904 nm** (mukaeltu World Association of Laser Therapy 2010)

Diagnoosi	Pisteet/alue cm ²	Joulet	Huomioitavaa
Rannekanava oireyhtymä	2-3	8	Minimissään 4 Joulea per hoidettava piste
Lateraalinen epikondyliitti	1-2	4	Maksimissaan 100 mW/cm ²
Plantaarifaskiitti	2-3	8	Minimissään 4 Joulea per hoidettava piste
Polven nivelrikko	3-6	12	Minimissään 4 Joulea per hoidettava piste
Rannekanava oireyhtymä (904 nm)	2-3	4	Minimissään 2 Joulea per hoidettava piste
Lateraalinen epikondyliitti (904 nm)	2-3	2	Maksimissaan 100 mW/cm²
Plantaarifaskiitti (904 nm)	2-3	4	Minimissään 2 Joulea per hoidettava piste
Polven nivelrikko (904 nm)	4-6	4	Minimissään 1 Joule per hoidettava piste

Suosituksia on kaksi ja ne on luotu 780 – 860 nm Ga-Al-As laserin käyttöön sekä 904 nm Ga-As laserin käyttöön. 780 – 860 nm laseria suositellaan käytettäväksi jatkuvana tai pulssitettuna, 5 – 500 mW teholla ja hoitoaika tulisi olla 20 – 300 sekunnin väliltä. 904 nm laserin pulssin huipputehoksi suositellaan yli 1 W, keskimääräiseksi tehoksi yli 5 mW ja tehotiheydeksi 5 mW/cm², ja hoitoajaksi suositellaan 30 – 600 sekuntia. (World Association of Laser Therapy 2010.)

2.5 Käyttö maailmalla ja Suomessa

Fotobiomodulaation mekaanisia vaikutuksia solu- ja kudostasolla ei vielä täysin ymmärretä eikä ole siksi standardisoitu hoitomuoto kudosten korjaukseen ja uudistukseen (Dompe ym. 2020, 2). Suomessa on toiminut vuodesta 2005 Suomen lääketieteellinen laseryhdistys SLLY yhdessä ruotsalaisen laseryhdistyksen kanssa. Yhdistyksen jäsenet ovat perehtyneet peruskoulutuksensa lisäksi ihmisten lääketieteelliseen laserhoitoon. Yhdistys edistää ja tukee laserin tutkimusta ja käyttöä lääketieteessä. (SLLY 2016.)

Matalatehoista laserhoitoa käytetään yhtenä fysikaalisena hoitomuotona Fysios-hoitolaitoksissa (Fysios s.a.). Kotimaisia yrityksiä, jotka myyvät punavalolaitteita kotikäyttöön ovat esimerkiksi LED Finland, Innolux sekä biohakkerin verkkokauppa (Led finland s.a.; Innolux s.a.; Biohakkerin verkkokauppa s.a.). Ammattikäyttöön myytäviä laitteita kauppa kotimainen Theralux (Theralux 2020).

Erilaisia lasereita käytetään lääketieteen aloilla sekä hammaslääketieteessä. Laserit ja ledit ovat muuttaneet hammashoitoa ja asiakkaiden elämänlaatua. Fotobiomodulaatiota käytetään vähentämään kipua oikomishoidossa sekä se parantaa osseointegraatiota eli implantin kiinnittymistä luuhun, kollageenin kertymistä ja nopeuttaa luun uudistumista. (Dompe ym. 2020, 8-10.) Fotobiomodulaatio vähentää tehokkaasti kipua, turvotusta ja trismusta (leukaluun lukkiutuma) poskihampaan poiston jälkeen sekä se tehostaa neurosensoriikan ja hermojen palautumista leukaoperaation jälkeen (Hosseinpour ym. 2019).

Fotobiomodulaation on todettu olevan tehokas ihon ryppyjen ja löysyyden sekä hiustenlähdön hoitoon (Dompe ym. 2020, 10). Iho reagoi hyvin puna- ja lähi-infrapunavaloon. Fotobiomodulaatiolla hoidetaan ihon tulehdusta, haavojen paranemista leikkauksen jälkeen sekä sillä ehkäistään auringossa palamista. (Barolet ym. 2015, 81.)

Fotobiomodulaatio on nopeasti kasvattanut suosiotaan myös eläinlääketieteessä. Fotobiomodulaation positiivisten vaikutusten myötä se on

käytössä 20%:ssa eläinlääketieteellisistä sairaaloista Pohjois-Amerikassa. (Hochman 2018, 83-84.)

Fotobiomodulaation vaikutuksia kasvien soluihin ei ole tutkittu.

Fotobiomodulaatiolla voisi olla mahdollisuus maatalouden elintarvike tuotannossa. (Hamblin ym. 2019, 135-136.) Valon vaikutuksia on tutkittu munien ja kanojen jalostuksessa. Kanamunissa, jotka saivat punavaloa matalia annoksia 24 tunnin ajan, alkion kehitys tehostui niin että koko suureni 25 % ja paino 70 % verrattuna kontrolliryhmään. (Buzzá ym. 2017, 1-2.) Kasvit käyttävät kukinnan ja hedelmän tuotannossa punaista valoa, jonka aallonpituudet ovat 610 – 680 nm. Led Finland Oy kehittää ainoana Suomessa LED-kasvivaloja, joiden aallonpituutta voidaan säätää kasveille kasvun optimoimiseksi. (Led Finland s.a.)

3 FOTOBIMODULAATION INDIKAATIOT JA KONTRAINDIKAATIOT

Fotobiomodulaatio ei perustu lämpövaikutukseen eikä se ole invasiivinen eli elimistön sisälle kajoava kuten useat muut valoon perustuvat hoitomuodot.

Fotobiomodulaation käyttöaihteita ovat kipu, tendinopatiat, hermovauriot, nivelrikko ja haavat. (de Freitas & Hamblin 2016, 2.) Matalatehoisella laserilla on todettu olevan vaikutuksia luustolihassten suorituskyvyn paranemiseen, lääkkeiden käytön vähenemiseen kilpirauhaspotilailla, hiusten tuuhenemiseen sekä näön paranemiseen silmän verkkokalvonrappeumapotilailla (Heiskanen & Partonen 2016, 50). Fotobiomodulaatio käyttö on hyödyllistä potilailla, jotka pelkäävät piikkejä sekä potilailla, jotka eivät siedä tulehduskipulääkkeitä (de Freitas & Hamblin 2016, 22).

3.1 Kivunlievitys

Poursalehanin ym. tutkimuksessa (2018, 1) tutkittiin matalatehoisen laserin vaikutusta kipuun keisarileikkauksen jälkeen. Potilaiden postoperatiivista kipua arvioitiin VAS-kipujanaa käyttäen 24 tunnin ajan leikkauksen jälkeen. Kivun tuntemuksessa oli huomattava aleneminen 1, 4, 8, 12, 16, ja 24 tunnin jälkeen verrattuna plaseboryhmään.

Kannanan tutkimuksessa (2012) tutkittiin terapeuttisen ultraäänen, laserin ja iskeemisen kompression vaikutuksia kivun lieventymiseen ja kaularangan liikelaajuuden paranemiseen potilailla, joilla on myofaskaalista kipua trapezius lihaksessa. Jokaisessa ryhmässä havaittiin huomattavaa kivun laskua, mutta laserryhmässä kivun lieventyminen oli laskenut suhteessa muihin ryhmiin eniten.

Janin ym. tutkimuksessa (2017) verrattiin laserterapian ja interferenssivirran vaikutusta infarktin jälkeiseen olkapääkipuun. Tutkimuksessa hoitoa edeltäviä ja sen jälkeisiä tutkittavia aiheita olivat kipu, tyytyväisyys, kyvyttömyys ja toimintataso. Tutkimuksessa todistettiin laserterapian vähentävän kipua ja lisäävän tyytyväisyyden tunnetta interferenssivirtaa tehokkaammin.

Izukuran ym. tutkimuksessa (2017) tutkittiin LLLT:n vaikutuksia jalan ja nilkan kroonistuneeseen nivelkipuun. Tutkimuksessa arvioitiin VAS-kipujanaa ja nilkan liikelaajuutta. Hoidon jälkeen oli huomattavissa merkittävä parannus kivun tuntemisessa. Tutkijat ovat aikaisemmissa tutkimuksissaan raportoineet LLLT:n hyödyistä kyynärpäähän, käden, sormien ja alaselän krooniseen kipuun.

Fotobiomodulaatio voi auttaa lihasvaurioiden paranemisessa sekä vähentää lihaskipua ja arkuutta (Hamblin 2017, 1). Ferraresin ym. kaksosilla tehdyssä tutkimuksessa (2016) tarkoituksena oli selvittää kuinka kaksoset reagoivat LED- tai plasebohoitoon. Hoitoihin yhdistettiin 12 viikon voimaharjoitteluohjelma. Ennen ohjelmaa ja sen jälkeen kaksosilta otettiin lihaskoepalat ja magneettikuvat sekä tehtiin maksimaallinen kuormitus ja kestävyys testi. VAS-kipujanaa käytettiin mittaamaan viivästynyttä harjoittelun jälkeistä lihasarkuutta 24 tunnin jälkeen harjoittelusta. LED-terapia johti kreatiinikinaasin pienempään kasvuun. Kreatiinikinaasi on entsyymi, jonka pitoisuus nousee veressä lihaksien vaurioutuessa (Eskelinen 2016). LED-terapia vähensi VAS-kipujanahan pisteytystä plaseboon verrattuna (Ferraresi ym. 2016.)

3.2 Lihasten palautuminen

Leal Juniorin ym. tutkimuksessa (2009) tutkittiin ennen korkeatehoista harjoittelua annetun LLLT:n vaikutuksia lihasvaurioiden ehkäisyyn. Tutkimuksessa oli lentopallon ja jalkapallon pelaajia, joille suoritettiin maksimaalinen pyörätesti. Testiä ennen ja sen jälkeen mitattiin veriarvoista kreatiinikinaasi ja laktaatti arvot. LLLT esti harjoittelun jälkeisen kreatiinikinaasin nousua ja kiihdytti laktaatin poistumista elimistöstä, joten LLLT voi kiihdyttää harjoittelun jälkeistä palautumista.

Tomazonin ym. tutkimuksessa (2019) arvioitiin ennen progressiivista juoksutestiä annetun fotobiomodulaation vaikutuksia jalkapalloilijoiden toiminnalliseen puoleen, lihasvaurioihin sekä tulehduksellisiin ja oksidatiivisen stressin merkkitekijöihin. Jalkapalloilijoilta otettiin verikokeet ennen ja viisi minuuttia testin jälkeen lihasvaurion, tulehduksen ja oksidatiivisen stressin määrittämiseksi. Fotobiomodulaatio kohensi toiminnallisia ja biokemiallisia tekijöitä, jotka paransivat urheilusuoritusta sekä harjoittelun jälkeistä palautumista.

3.3 Haavojen hoito

Kazemikhoon ym. tutkimuksessa 2018 todettiin LLLT:n olevan turvallinen ja tehokas menetelmä parantamaan ihosiirteen eloonjäämistä, haavan paranemista ja vähentävän haavan kuivumista potilailla, joilla on kolmannen asteen palovamma. Hopkinsin ym. tutkimuksessa (2004) LLLT:n todettiin parantavan haavojen supistumista samassa kädessä olevaan hoidettuun sekä hoitamattomaan haavaan verrattuna plaseboryhmään.

Kajagarin ym. tutkimuksessa (2012) tutkittiin LLLT:n tehokkuutta diabeetikoiden jalkahaavojen paranemisessa. Paranemista ja haava alueen prosentuaalista pientymistä tarkkailtiin 15 päivän ajan. LLLT ryhmässä huomattiin merkittävää haava alueen prosentuaalista pientymistä verrattuna plaseboryhmään.

Fernandesin ym. tutkimuksessa (2016) analysointiin LLLT:n parantavia vaikutuksia rintalastaleikkaus haavaan pallolaajennus potilailla. Rintalasta

alue kuvattiin heti leikkauksen jälkeen ja kahdeksan päivää myöhemmin. LLLT ryhmässä ilmeni vähemmän haavan punoitusta, verenvuotoa ja kuivumista.

3.4 Neurologiset sairaudet

Traumaattisessa aivovammassa LLLT voi estää solukuolemaa, stimuloida verisuonten uudismuodostusta ja lisätä neurogeneesiä (Chung ym. 2012, 9). Transkraniaalinen fotobiomodulaatio parantaa aivojen verenkiertoa traumaattisissa aivovammoissa (Dompe ym. 2020, 10). Naeserin ym. tutkimuksessa (2014) fotobiomodulaatio paransi kognitiota ja unta sekä sosiaalista kanssakäymistä kroonisessa lievässä aivovammassa.

LLLT:n on ajateltu olevan vaihtoehto degeneratiivisten aivorappeuma sairauksien kuten perinnöllisen ALS:n, Alzheimerin taudin ja Parkinsonin taudin hoidossa (Chung ym. 2012, 10). Transkraniaalinen fotobiomodulaatio parantaa aivojen verenkiertoa Parkinsonin taudissa ja lähi-infrapunavalon on esitetty estävän dopamiinia tuottavien solujen solukuolemaa (Dompe ym. 2020, 10). Maksimovichin tutkimuksessa (2015) suonensisäisesti annettu matalateholaser paransi aivojen mikroverenkiertoa ja aineenvaihduntaa, mitkä johtivat pysyvään dementian taantumiseen ja kognition paranemiseen.

Fotobiomodulaatio yhtenä hoitokertana annettuna voi parantaa etuotsalohkon toimintakykyä vanhemmilla terveillä aikuisilla (Chan ym. 2019, 7-9).

Transkraniaalisen fotobiomodulaation ahdistusta lievittävät vaikutukset ihmisillä ovat vielä tutkinnan alla, mutta hiirillä tehdyissä kokeissa fotobiomodulaatio lisäsi serotoniinin tasoja ja vähensi typpioksidia prefrontaaliossa aivokuoressa ja hippokampuksessa. Ihmisillä, joilla on yleistynyt ahdistuneisuuden häiriö, huomattiin tutkimuksessa merkittävää ahdistuneisuuden laskua sekä tulokset osoittivat fotobiomodulaation mahdollisesti vaikuttavan positiivisesti unen laatuun. (Maiello ym. 2019, 649.)

3.5 Tuki- ja liikuntaelämistön sairaudet

Tenniskyynärpään hoidossa LLLT yhdistettynä plyometriin harjoitteisiin oli plaseboa tehokkaampi hoitomuoto. Laserryhmässä kipua väheni sekä ranteen

liikkuvuus ja otelujuus paranivat enemmän plaseboryhmään verrattuna. (Stergioulas 2007.)

Rannekanavaoireyhtymän hoidossa Egyptissä tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin ultraäänen ja matalateholaserin vaikutuksia diabeetikoilla. Tuloksissa selvitettiin pinsettiotteen voimaa, puristusvoimaa, VAS-kipujanahan muutoksia, distaalista motorista viivettä ja distaalista sensorista viivettä. Kummankaan ryhmän välillä ei ollut selkeää eroa tuloksien osalta, mutta molemmat hoitomuodot todettiin tehokkaiksi. (Ahmed ym. 2017.)

Alaselkäkivun hoidossa Iranissa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin matalateholaser hoidon vaikutuksia. Kivuntuntemisessa, toiminnallisessa statuksessa ja rangan liikelaajuuksissa oli selkeä parannus kummassakin ryhmässä ensimmäisen kuukauden jälkeen, mutta parannukset kestivät kolmen kuukauden ajan vain laserryhmässä. Rangan arkuus katosi 89,47 %:lla laserryhmäläisistä, mutta pysyi muuttumattomana 73,33 % plaseboryhmässä ensimmäisen kuukauden jälkeen. (Kholoosy ym. 2020.)

Polven nivelrikon hoidossa Saudi-Arabiassa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin matalateholaser hoidon vaikutuksia vanhuksilla. Tutkimuksessa todettiin, että matalateholaser yhdistettynä harjoitteluun on tehokkaampi kroonisen nivelrikon hoitomuoto kuin pelkkä harjoittelu. (Youssef ym. 2016.)

Kroonisessa niska- ja olkapääkivun hoidossa USA:ssa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin matalateholaserin vaikutuksia. Tutkimuksessa havaittiin matalateholaserin olevan turvallinen ja hyödyllinen helpottamaan tilapäistä kipua ja parantamaan liikelaajuutta. (Roche ym. 2016.)

Plantaarifaskiitin hoidossa tehdyssä Liettualaisessa tutkimuksessa verrattiin matala- ja korkeatehoisen laserin vaikutuksia. VAS-kipujanassa, kipukynnyksen erossa terveeseen ja tulehtuneeseen jalan välillä sekä plantaarifaskian paksuuden arvioinnissa ei huomattu eroja ryhmien välillä. Kivun tuntemus oli laskenut merkittävästi kummassakin ryhmässä. (Naruseviciute ym. 2020.)

Fibromyalgian hoidossa Brasiliassa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin funktionaalisen harjoittelun ja matalateholaserhoidon yhdistelmän vaikutuksia. Tuloksissa tarkasteltiin testi- ja plaseboryhmän kivun vähentymistä, toiminnallisen kyvyn sekä lihasten suorituskyvyn kehittymistä, masennusta ja elämänlaatua. Molemmissa ryhmissä kivun voimakkuus väheni, toiminnallinen kyky parani sekä koettu elämänlaatu ja masennus kohenivat. Ryhmien tuloksien välillä ei ollut merkittäviä eroavaisuuksia. (Germano Maciel ym. 2018.)

3.6 Kontraindikaatiot

Laserterapian mahdollisia kontraindikaatioita ovat historia pahanlaatuisesta karsinoomasta, kaulan alue hypertyreosissa, epilepsia, silmän verkkokalvo ja vatsan alue raskauden aikana (Navrativ & Kyplova 2002).

Fotobiomodulaatio hoito voi aiheuttaa harmitonta ihon ärsytystä, kutinaa sekä punoitusta (Dompe ym. 2020, 2). Tällä hetkellä kontraindikaatioista ei löydy uudempaa tutkimustietoa. Navrativen ja Kyplovon tutkimuksessa (2002) havaitsemiin kontraindikaatioihin on olemassa tutkimuksia, jotka kumoavat mahdolliset kontraindikaatiot. Tutkimuksissa ollaan saatu positiivisia vaikutuksia aikaisemmin kontraindikaatioiksi luokiteltuihin tiloihin kuten seuraavista kappaleista käy ilmi.

Fotobiomodulaatiolla on ajateltu olevan useampi vaikutusmekanismi syöpäsoluihin. Ensimmäisessä mekanismissa valo vaikuttaa suoraan kasvainsoluun "yliannostaen" sen, toisessa mekanismissa fotobiomodulaatio sytotoksisen syöpähoidon kanssa lisää syöpäsolujen tuhoamista ja terveiden solujen suojelemista ja kolmannessa mekanismissa fotobiomodulaatio stimuloi immunijärjestelmää taistelemaan syöpää vastaan. (Hamblin ym. 2018.) Antunesin ym. tutkimuksessa (2017) LLLT:tä vastaanottaneilla pää- ja kaulasyöpä potilailla oli tilastollisesti merkittävämpi hoitovaste kemoradioterapiasta plaseboryhmään verrattuna ja LLLT paransi syöpäpotilaiden kokonaisvaltaista selviytymistä.

Kroonisessa autoimmuunityreoidiittissa LLLT tehoa on tutkittu hypertyreosisiin. LLLT ryhmässä levotyrokseenin tarpeen määrä laski plaseboryhmään

verrattuna sekä tutkimuksen myötä LLLT:n osoitettiin olevan turvallinen hoitomuoto hypertyroosiin. (Höfling ym. 2018.)

Muutamien kliinisten raporttien ja useiden prekliinisten eläinmalli kokeiden myötä fotobiomodulaatio voisi olla tärkeä tekijä silmän verkkokalvon sairauksien hoidossa (Geneva 2016). LLLT:n on todettu parantavan ja ylläpitävän näköä sekä se on voinut myötävaikuttaa sokeuden hidastumiseen verkkokalvon rappeuma potilaalla (Ivancic & Ivancic 2014).

4 KIVUN MÄÄRITTELYÄ JA HOITOLINJAT FYSIOTERAPIASSA

Kipu on epämiellyttävä sensorinen sekä tunneperäinen kokemus, joka voi johtua kudonvauriosta tai kudosta ärsyttävästä tekijästä. Kivun tunteminen on aina henkilökohtainen kokemus, johon vaikuttavat muun muassa elämäkokemuksen kautta opittu malli kivusta sekä biologiset, psykologiset ja sosiaaliset tekijät. Kipu voi olla haitallista toimintakyvylle sekä psyykkiselle ja sosiaaliselle hyvinvoinnille. (IASP 2017.)

Suurin osa kroonisista kivuista johtuu tuki- ja liikuntaelinsairauksista. Vähintään kuusi kuukautta kestänyttä kipua kärsi tutkimuksen mukaan 19 % aikuisista Euroopassa ja vähintään kolme kuukautta kestänyttä kipua kärsi Suomessa tutkimuksen mukaan 35 % sekä päivittäistä kipua kärsi 14 %. Edellisen kolmen kuukauden aikana tuki- ja liikuntaelintalon kivusta kärsi tutkimuksen mukaan 64 % kolmas- ja viidesluokkalaisista sekä 7 %:lla oli laaja-alaista kipua. Laaja-alaista kipua kärsi myös 15 % 14—16-vuotiaista. (Kipu: Käypä hoito -suositus 2017.)

Joka kolmas aikuinen on tuntenut selkäkipua viimeisen kuukauden aikana ja 30-vuotiaista suomalaisista yli kolme neljästä on kokenut vähintään yhden selkäkipujakson elämänsä aikana. Vähintään viikoittain esiintyvistä selkäkivusta kärsii myös 7 % 11-vuotiaista lapsista. 40 %:lla aikuisista on ollut iskiaskipua ja joka toinen heistä on kärsinyt yli 5 kertaa iskiaskipujakson. Neuropaattista kipua esiintyy arvioiden mukaan 6-8 %:lla, fibromyalgiaa 2 %:lla, vatsakipuoireyhtymää esiintyy 0,5-1,7 %:lla väestöstä sekä kuukautiskipu on yleistä nuorilla naisilla. (Kipu: Käypä hoito -suositus 2017.)

4.1 Kivun fysiologia

Kun jokin perifeerinen ärsyke aiheuttaa vapaiden hermopäätteiden aktivoitumisen, kulkeutuu tieto c-säikeitä pitkin selkäyttimeen johtuen sieltä aivojen talamukseen. Talamuksesta tieto leviää aivojen eri osiin ja aivot muodostavat saapuneesta tiedosta oman käsityksen. Tullut tieto voidaan tulkita vaaraksi, jolloin limbinen systeemi aktivoituu johtaen stressireaktioon. Adrenokortikotropiini-hormonia (ACTH) muodostuu sekä kulkeutuu lisämunuaisten kuorikerrokselle, jossa alkaa erittyä kortisolia. Kivussa aktivoituu lisäksi monia eri aivoalueita ja neurotransmitterit määrittelevät ovatko reaktiot inhiboivia vai eksitoivia. Myös immunologisia, motorisia ja muita reaktioita tapahtuu, kun tieto koetaan vaaraksi. (Luomajoki ym. 2020, 39.)

Kivun käsittelyyn vaikuttavat vahvasti tunteet, ajatukset sekä asenteet, ja se on aina riippuvainen kontekstista. Potilaan kivun käsittelyyn vaikuttavien tekijöiden ollessa positiivisia sekä luottamus asioiden järjestymiseen johtavat inhiboiviin vaikutuksiin. Kivun käsittelyyn vaikuttavien tekijöiden ollessa negatiivisia sekä kipuun liittyessä vaaraa, uhkaa, pelkoa tai epävarmuutta ovat vaikutukset eksitoivia. (Luomajoki ym. 2020, 42.)

4.2 Kivun luokittelu keston ja kipumekanismien mukaan

Akuutiksi kivuksi kutsutaan kipua, joka on kestänyt alle kuukauden, ja yhdestä kolmeen kuukautta kestänyttä kipua kutsutaan subakuutiksi kivuksi (Kipu: Käypä hoito -suositus 2017). Akuuttia kipua voi aiheuttaa muun muassa erilaiset tulehdukset, leikkaukset, murtumat ja vammat kuten nilkan nyrjähdys (Terveyskylä 2017).

Krooniseksi kivuksi kutsutaan kipua, joka kestää yli kolme kuukautta. Syynä krooniseen kipuun voi olla erilaiset kudonvauriot kuten degeneraatiot, tendinoosit ja artroosit sekä erilaiset sairaudet kuten reuma, diabetes tai syöpä. Krooniselle kivulle herkistäviä tekijöitä ovat muun muassa ahdistuneisuus, masennus, huono koettu terveys, aikaisempi kiputausta ja

heikko pystyvyyden käsitys. Myös sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijät sekä elintavat altistavat kroonisille tuki- ja liikuntaelinsairauksille. (Luomajoki ym. 2020, 31.) Myös kroonisessa kivussa keskushermoston herkistyminen on yleistä (Luomajoki ym. 2020, 41). Kivulle herkistyminen ja sen laajenemisen mekanismeista on paljon tietoa, mutta tehokasta tutkittua estolääkitystä ei ole. Tämän vuoksi oikea-aikainen tehokas hoito ja kuntoutus ovat ensisijaisia akuutissa kivussa. (Lääkärilehti 2018, 1119.) Jos kroonisen kivun diagnostiset kriteerit eivät täyty eikä aiheuttajana ole kudosis- tai hermovaurio, luokitellaan kipu idiopaattiseksi (Haanpää 2010).

Nosiseptiivinen kipu eli kudosisvauriokipu voidaan jakaa mekaaniseen, tulehdukselliseen ja iskeemiseen kipuun. Mekaanisessa kivussa ärsyke on mekaaninen kuten kudosisn kompressio tai venytys. Tulehduksellisessa kivussa kudosis on vaurioitunut vamman seurauksena ja vaurioituneen kudosisn soluista vapautuu tulehdusmediaattoreita. Iskeemisessä kivussa verenkierto heikkenee ja kudosis hapanee asentoperäisten ja ergonomisten ongelmien myötä tai mm. instabiliteetin, hypermobilititeetin tai liikekontrollin ongelmien myötä. Nosiseptiiviset kivut voivat aiheuttaa heijastekipua eli säteillä distaalisesti kuten esimerkiksi triggerpisteet ja fasettinivelet. (Luomajoki ym. 2020, 53.)

Neuropaattisessa kivussa eli hermovauriokivussa, kivut ovat hermoperäisiä eli neurogeenisia ja luonteeltaan polttavia tai säteileviä ja kipuun liittyy kova tuska. Hermon vamma yhdessä neuroinflammaation ja immunologisen reaktion kanssa aiheuttaa kipua itse hermossa. Neuropatiaan kuuluu kivun lisäksi neurologinen löydös kuten lihasheikkous tai sensorinen löydös, mutta neuropaattisesta kivusta voidaan puhua, vaikka neurologisia löydöksiä ei havaittaisi. (Luomajoki ym. 2020, 56.)

4.3 Tuki- ja liikuntaelimistön kipu

Tuki- ja liikuntaelimistön ongelmat ovat suurin kipua aiheuttava sairausryhmä. Avoterveydenhuollossa yli 950 000 käyntiä vuodessa on tuki- ja liikuntaelimistön ongelmista johtuvia. Tuki- ja liikuntaelimistön ongelmien yleisin oire on kipu, mutta myös toiminta- ja liikkumiskyvyn ongelmat voidaan luokitella oireiksi. Oireet voivat olla akuutteja ja ohimeneviä tai kroonisia,

pysyviä tai eteneviä. Oireita voidaan hoitaa manuaalisella käsittelyllä, itsehoito-ohjeilla, lääkkeillä tai leikkauksella. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.)

Nivelrikko ja nivelreuma ovat yleisimpiä nivelsairauksia. Nivelissä esiintyvät oireet ovat tyypillisesti rasituksessa ilmenevä kipu, särky ja arkuus tai tulehduksesta johtuva kuumotus ja turvotus. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.) Nivelrikolle tyypillisimmät nivelet ovat peukalon ja ukkovarpaan tyvinivel, polvi ja lonkka. Moninivelrikko ja vaihtelevat nivelturvotukset ovat tavallisin nivelkipujen aiheuttaja yli 50-vuotiailla. Nivelreuma alkaa vähitellen tyypillisesti sormista, päkiöistä tai ranteista. Nivelrikosta poiketen nivelreumassa esiintyy aamujäykkyyttä. (Julkunen 2019.)

Selkäsairauksia ja niitä aiheuttavia syitä on monia, mutta kipu on yleisin oire. Syy voi olla muun muassa lihas-, välilevy- tai nivelperäinen, hermopinteestä johtuva, synnynnäinen muutos tai selkäydinkanavan ahtaudesta johtuva. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.) Alaselkävaivat jaetaan vakavista tai spesifeistä syistä johtuviin, iskiasoireisiin tai epäspesifeihin alaselkäkipuihin. Kivuista lähes 90 % johtuvat epäspesifeistä alaselkävuvuista. (Selkäliitto ry s.a.)

Niska- ja hartiakipu on tavallinen vaiva ja yleensä hyvänlaatuinen. Niskaa kuormittavat liikkeet, kiertäminen, taakse taivutus tai kädet koholla työskentely, lisäävät niska-hartiakivun riskiä. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.) Yleisin syy on epäspesifi niskakipu, jonka oireita ovat niskan alueen väsymys, jomotus tai jännitys, joka voi säteillä päähän tai yläraajoihin (Selkäliitto ry s.a.)

Murtumat ja tapaturmavammat ovat merkittävä kansanterveysongelma, joista kaatumiset ja putoamiset ovat yleisin syy. Tyypillisesti murtumia aiheutuu ylä- tai alaraajoihin tai selkärankaan. Arkuus, turvotus, liikuttelukipu ja koputteluarkuus luussa viittaavat murtumaan. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.)

Muihin tuki- ja liikuntaelinsairauksiin luokitellaan muun muassa jänteen repeämät ja jännetupitulehdukset, iskias, nikamalukot, nivelsiteiden

revähdykset, noidannuoli ja tenniskyynärpää. (Tuki- ja liikuntaelinliitto Tule ry 2021.)

4.4 Kivun hoito fysioterapiassa

Käypä hoito -suositusten mukaan (2017) keskeisiä lääkettämiä hoitoja ovat liikunta, terapeuttinen harjoittelu ja fysikaaliset hoidot kuten kylmä- ja lämpöhoidot sekä TNS. Harjoittelun kipua vähentäviä mekanismeja ei tunneta vielä kovin hyvin, mutta harjoittelulla kehitetään olemassa olevia ominaisuuksia ja parannetaan fyysistä ja psyykkistä resilienssiä. Kipupotilaan on tärkeää pysyä liikkeellä, jolloin alussa lisätään fyysistä aktiivisuutta vähitellen hyödyntäen esimerkiksi terveysliikunta suosituksia. Harjoittelu vaikuttaa muun muassa suorituskykyyn, TULE-rakenteisiin, liikehallintaan ja taitoihin, systeemisiin tekijöihin sekä psykososiaalisiin tekijöihin. (Luomajoki ym. 2020, 273-275.)

TENS eli transkutaaninen hermostimulaatiohoito lievittää kipua hidastaen kipuradan liikennettä sekä vaikuttaen keskushermoston ja laskevan radan kipua lievittäviin mekanismeihin. TENS hoidon käytön aiheita ovat nosiseptiivinen kipu kuten erilaiset lihaskivut. (Luomajoki ym. 2020, 379-380.)

Lämpöhoidon vaikutusmekanismeja ei tarkoin tunneta, mutta sen on todettu vaikuttavan esimerkiksi verisuonia laajentavasti, pehmytkudoksia elastisoiden ja lihastonusta vähentäen. Lämpöhoitoja hyödynnetään esimerkiksi liike- ja liikuntahoitojen esihoitona sekä kipuhoidona tuki- ja liikuntaelinsairauksissa. (Arokoski ym. 2015.)

Kylmähoidon fysikaaliset vaikutusmekanismit ovat verisuonten supistaminen, turvotuksen ja aineenvaihdunnan hidastaminen sekä neurologisissa sairauksissa spastisen lihasten tonuksen vähentäminen. Kylmähoitoja hyödynnetään esimerkiksi pehmytkudosvammoissa ja nivelsairauksissa sekä akuuteissa pehmytosakipurjen hoidossa. (Arokoski ym. 2015.)

Manuaalinen terapia pitää sisällään pehmytkudostekniikoita kuten venytyksiä, hierontaa, nivelen mobilisointia ja manipulointia sekä

neuraalikudoksen mobilisointia. Hieronnalla pyritään vaikuttamaan hermo-lihasjärjestelmään ja veren sekä imunesteen kiertoon. Venytyksillä pyritään vaikuttamaan jäykistyneisiin nivelkapseleihin ja lyhentyneisiin lihas-jännesysteemeihin palauttamalla nivelille niille normaali liikerata. Mobilisoinnilla pyritään venyttämään nivelsiteitä ja nivelkapselia, ja manipuloinnilla pyritään palauttamaan nivelen rajoittunut liikelaajuus sekä lievittämään kipua. Neuraalikudoksen mobilisoinnissa pyrkimys on parantaa kudoksen liikkuvuutta ja hermojen aineenvaihduntaa. (Arokoski ym. 2015.)

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda opiskelijoille tietoa fotobiomodulaation vaikutusmekanismeista elimistössä sekä siitä, mihin ja miten fotobiomodulaatiota voidaan hyödyntää fysioterapian käytännön työssä yhtenä fysikaalisena hoitomuotona. Opinnäytetyön tarkoituksena oli koostaa teoreettinen viitekehys, jossa perehdytään fotobiomodulaation vaikutusmekanismeihin yleisesti ja sen käytön aiheisiin. Tarkoituksena oli myös tehdä kuvaileva kirjallisuuskatsaus fotobiomodulaation käytöstä ja sen hyödyistä erilaisiin tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloihin ja niiden hoitoon. Kiputilojen hoidossa käytetyistä fotobiomodulaation parametreista koostettiin taulukko, josta lukija näkee helposti, miten hoito on toteutettu.

Toteutimme opinnäytetyömme kuvailevana kirjallisuuskatsauksena, jonka koostimme tutkimuskysymysten pohjalta. Tutkimuskysymyksiämme olivat seuraavat:

1. Millaisiin tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloihin fotobiomodulaatiota on käytetty?
2. Miten fotobiomodulaatiota on annettu kiputiloihin ja minkälaisia parametreja niihin on käytetty?
3. Millaisia vaikutuksia fotobiomodulaatiolla on ollut kiputiloihin?

Toimeksiantajana toimii Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Savonlinnan kampus. Kampuksia sijaitsee Kotkassa, Kouvolassa, Mikkeliissä ja

Savonlinnassa. Savonlinnassa sijaitseva kampus tarjoaa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun kampuksista ainoana fysioterapeutti-, liikunnanohjaaja- sekä jalkaterapeuttikoulutuksia. Fysioterapeutti -koulutusta toteutetaan päivä- sekä monimuoto-opiskeluna. Savonlinnan kampuksella fysioterapian opiskelijat harjoittavat liikkumisen, toimintakyvyn sekä hyvinvoinnin edistämistä. Opinnäytetyö onkin suunnattu oppimateriaaliksi fysioterapian opiskelijoille, mutta sitä voidaan hyödyntää myös muissa terveystieteiden koulutuksissa.

6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

Yleisin kirjallisuuskatsauksen muoto on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jossa kuvaillaan laaja-alaisesti tutkittavaa ilmiötä. Narratiivisessa yleiskatsauksessa tiivistetään aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja analyysinä tehdään kuvaileva synteesi eli ytimekäs ja johdonmukainen yhteenveto. (Salminen 2011, 6-7.)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus toteutettiin narratiivisena yleiskatsauksena, jossa koottiin ja tiivistettiin tutkimuksia fotobiomodulaation käytöstä kiputilojen hoidossa. Tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia mahdollisimman tuoreista tutkimuksista.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on luonteeltaan aineistolähtöistä ja sen avulla tuotetaan kuvaileva ja laadullinen vastaus muodostettuun tutkimuskysymykseen. Menetelmän vaiheet määritellään neljään eri vaiheeseen: tutkimuskysymyksen muodostaminen, aineiston valitseminen, kuvailun rakentaminen ja tuotetun tuloksen tarkastelu. Vaiheet etenevät menetelmälle luonteenomaisesti päällekkäisesti suhteessa toisiinsa. (Kangasniemi ym. 2013.)

Ensimmäisessä kirjallisuuskatsauksen vaiheessa määritellään tutkimuskysymys alustavan kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Tutkimuskysymys voi olla täsmällinen, rajattu ja syvällisesti tarkasteltu tai väljempi ja monista näkökulmista tarkasteltu. (Kangasniemi ym. 2013.) Opinnäytetyön alustavassa kirjallisuuskatsauksessa nousi paljon tutkimuksia fotobiomodulaation kipua lieventävistä vaikutuksista. Tutkimuskysymykset rakennettiin siksi kivun

lievityksen ympärille. Rajaus tehtiin tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin, koska ne ovat yleisiä fysioterapian vastaanotolla.

Toisessa vaiheessa valitaan tutkimuskysymykseen vastaamisen kannalta relevantit aineistot. Aineistot muodostuvat yleensä aiheen kannalta merkityksellisestä tutkimustiedosta. Kuitenkin merkittävin kriteeri aineiston sopivuuteen on sen tarkoituksenmukaisuus sekä mahdollisuus tarkastella asiaa ilmiölähtöisesti. Aineistolähtöistä aineiston valintaa ja analyysiä tehdään samanaikaisesti. (Kangasniemi ym. 2013.)

Valinnallisesti aineisto voidaan jakaa impli- ja eksplisiittiseen tapaan. (Kangasniemi ym. 2013). Eksplisiittisessä tavassa aineiston valintaa ohjaa tutkimuskysymys ja haussa voidaan käyttää myös kieli- tai aikarajoituksia. Eksplisiittisessä tavassa haku tehdään systemaattisesti tutkimuskysymystä apuna käyttäen, mutta rajatuista kriteereistä voidaan poiketa, jos tämä on merkityksellistä tutkimuskysymyksen vastaamisen kannalta. (Kangasniemi ym. 2013.) Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaus on tehty eksplisiittisesti.

Kolmannessa vaiheessa rakennetaan käsittelyosa, jossa vastataan tutkimuskysymykseen laadullisena kuvailuna ja tehdään uusia johtopäätöksiä. Kuvailussa sisältöä yhdistetään ja analysoidaan ja aineistosta luodaan jäsentynyt kokonaisuus. Kuvailun tekeminen on aineistolähtöistä ja se edellyttää aineiston ymmärtämistä ja kokonaisuuden hallitsemista. Tavoitteena on luoda aineiston sisäistä vertailua, analysoida vahvuuksia ja heikkouksia sekä tehdä laajempia päätelmiä. (Kangasniemi ym. 2013.) Kirjallisuuskatsauksessa yhdisteltiin aineistoja ja analysoitiin niiden sisältöjä.

Neljännessä vaiheessa katsauksen keskeiset tulokset kootaan ja tiivistetään, tehdään sisällöllinen ja menetelmällinen pohdinta sekä arvioidaan tutkimuksen eettisyyttä ja luotettavuutta. Menetelmässä eettisyys liittyy kysymyksen muotoiluun sekä tutkimusetiikan mukaan toimimiseen jokaisessa katsauksen vaiheessa, kun taas luotettavuus liittyy kysymyksen ja valitun aineiston perusteluun, vakuuttavuuteen ja koko prosessin johdonmukaisuuteen. (Kangasniemi ym. 2013.) Tutkimusten sisältöjen analysoinnin jälkeen keskeiset tulokset koottiin ja tiivistettiin kirjallisuuskatsaukseen.

6.1 Aineiston valinta

Tiedonhakuprosessissa käytettiin tutkimustiedon hakuun hakukantoina Pubmedia, Kaakkuria ja Google Scholaria sekä hyödynnettiin apuna tiedonhakutaulukkoa. Tiedonhakutaulukko on nähtävissä liitteessä 1. Asiasanoina haussa olivat ”photobiomodulation” ja ”low-level laser therapy”. Tutkimuskysymysten pohjalta sekä kiputilojen mukaan muotoiltiin haussa käytettäviä asiasanoja ja valittiin sopivimmat tutkimukset työhön. Fotobiomodulaation käytön aiheita ovat kipu, tendinopatiat, hermovauriot ja nivelrikko, jonka takia kirjallisuuskatsaukseen valittiin mahdollisimman erilaisia tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloja. Kirjallisuuskatsaukseen pyrittiin valitsemaan kiputiloja, joiden kesto, luonne ja sijainti kehossa eroavaisivat toisistaan. Tutkimukset valittiin ensin otsikoiden mukaan, jonka jälkeen luettiin tiivistelmät ja tarkasteltiin silmämääräisesti, esiintyykö tutkimuksissa hyväksymiskriteereitä vastaavat tiedot. Aineistot, jotka eivät vastanneet hyväksymiskriteereitä, hylättiin. Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset ovat nähtävissä liitteessä 2.

Aineiston hyväksymiskriteereitä olivat seuraavat:

- Julkaisujen saatavuus kokonaisuina ja maksuttomasti
- Aineiston julkaisu vuosien 2016-2021 aikana
- Tieteellisestä julkaisusta peräisin oleva tutkimus tai artikkeli, joka on vertaisarvioitu
- Englannin- tai suomenkielisiä julkaisuja
- Tutkimukset, joiden sisältö antaa vastauksia tutkimuskysymyksiin
- Tutkimukset, joissa lasereiden parametrejä on ilmoitettu
- Tutkimukset, joissa hoidettu alue on ilmoitettu

Aineistot, jotka vastasivat hyväksymiskriteereitä, valittiin tarkempaan lukuun. Tarkemmassa luvussa arvioitiin tutkimuksen luotettavuutta sekä loogista etenemistä. Arvioinnissa kiinnitettiin huomiota erityisesti siihen, että aineisto noudatti tutkimukselle ominaista rakennetta ja, että tutkimuksesta oli löydettävissä selkeä runko siitä, kuinka tutkimus toteutettiin.

Kirjallisuuskatsaukseen valittiin eri menetelmillä toteutettuja tutkimuksia, jotta kerätty aineisto olisi monipuolista. Tutkimuksia, joissa lasereita oli verrattu

muihin hoitomuotoihin, toiseen laseriin tai plaseboon, valittiin saaden tuloksiin myös vertailua.

6.2 Aineiston analyysi

Sisällönanalyysillä tarkoitetaan dokumentin sisällön kuvaamista sanallisesti sekä aineiston järjestämistä tiiviiseen ja selkeään muotoon. Sisällönanalyysin menetelmässä analysoidaan dokumentteja systemaattisesti sekä objektiivisesti. Dokumentti voi olla mikä tahansa kirjallisessa muodossa oleva materiaali. Analyysillä pyritään tekemään tutkittavasta ilmiöstä johtopäätöksiä, jotka ovat selkeitä ja luotettavia. Aineistolähtöisessä laadullisessa analyysissä aineisto pelkistetään (redusointi), ryhmitellään (klusterointi) ja siitä luodaan teoreettisia käsitteitä (abstrahointi). Kirjallisuuskatsauksessa sisällönanalyysi on vain apuväline, jolla aineisto järjestetään. Tällöin jo yläluokkien luokittelu riittää eikä aineiston abstrahointiin pyritä. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

Pelkistämässä (redusointi) aineistosta karsitaan kaikki epäolennainen pois ja aineistosta etsitään tutkimustehtävää vastaavia asioita esimerkiksi erivärisiä alleviivauksia käyttäen. Ryhmittelyssä (klusterointi) pelkistämässä alleviivatut asiat käydään läpi sekä etsitään yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. Yksittäiset tekijät ryhmitellään ja luokitellaan yleisimpiin käsitteisiin, jolloin aineisto tiivistyy ja luo pohjan kohteena olevan tutkimuksen perusrakenteelle. Käsitteellistämässä (abstrahointi) erotetaan kielellisistä ilmauksista olennainen tieto ja muodostetaan teoreettisia käsitteitä. Käsitteitä yhdistellään, jotta saadaan vastaus tutkimustehtävään. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

Käytimme kirjallisuuskatsauksen aineistojen järjestämisen apuna sisällönanalyysiä. Alleviivasimme eri värein tutkimuskysymyksiimme vastaavia asioita ja tuloksia sekä ryhmittelimme niitä tutkimuskysymyksiemme aiheiden mukaan. Taulukossa 2 on nähtävissä yksi esimerkki alleviivauksien käytöstä.

Taulukko 2. Esimerkki alleviivauksien käytöstä

Tutkimus	Tutkimuksen kohde
Alpturker ym. 2020	Laserin ja ultraäänen vaikutus tulehdukselliseen kipuun (plantaarifaskiitti).

Baktir ym. 2019	Laserin ja ultraäänen vaikutus kipuun, toimintakykyyn ja puristusvoimaan tenniskyynerpäässä.
Barbosa ym. 2016	Laserin vaikutus rannekanavaoireyhtymään.
Doğan ym. 2017	Laserin vaikutus kipuun ja lannerangan liikkuvuuteen kroonisessa alaselkävauriossa.
Izokura ym. 2017	Laserin vaikutus jalan ja nilkan krooniseen nivelkipuun.
Liao ym. 2020	Laserin vaikutus polven nivelrikkoon.
Pocai ym. 2021	Fotobiomodulaation vaikutus patellofemoraaliseen kipuoireyhtymään.
Roche ym. 2016	
Shahmoridi ym. 2019	Laserin ja polarisoidun laserin vaikutus epäkäslihaksen kipua lieventäviin vaikutuksiin. (myös liikkuvuuteen).
Takenori ym. 2016	Laserin välitön vaikutus kivun lievittämiseen urheiluvammoissa.

Koostimme alleviivauksista tiivistettyjä kokonaisuuksia. Kokonaisuuksien avulla saimme vastauksia tutkimuskysymyksiimme taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. Esimerkki tiivistetyistä kokonaisuuksista

Kipua lieventävät tutkimukset	Takenori ym. 2016; Shahmoridi ym. 2019; Baktir ym. 2019
Tulehdukseen vaikuttavat tutkimukset	Liao ym. 2020; Alpturker ym. 2020
Kipuoireyhtymä tutkimukset	Pocai ym. 2021; Barbosa ym. 2016
Kroonistakipua sisältävät tutkimukset	Izokura ym. 2017; Roche ym. 2016; Doğan ym. 2017
Liikkuvuutta tutkivat tutkimukset	Roche ym. 2016; Doğan ym. 2017; Baktir ym. 2019

Lopuksi teimme hoidon toteutukseen saaduista vastauksista pelkistetyn yhteenvedon taulukkomuodossa. Taulukko yhteenvedosta on löydettävissä liitteestä 3.

7 TULOKSET

Tuloksissa avataan kymmenen tutkimusta tutkimuskysymysten pohjalta. Tutkimuskysymyksiä olivat; millaisiin tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloihin fotobiomodulaatiota on käytetty, miten fotobiomodulaatiota on annettu kiputiloihin ja minkälaisia parametreja niihin on käytetty sekä millaisia vaikutuksia fotobiomodulaatiolla on ollut kiputiloihin. Tuloksista tulee ilmi mihin kiputilaan fotobiomodulaatiota on annettu, miten sitä on annettu, mitä laserin parametreja on käytetty ja ovatko vaikutukset olleet positiivisia. Myös tutkimusten otoskoko ja tutkimukseen osallistuneiden sisäänottokriteerit tulevat ilmi.

7.1 Niska- ja olkapääkipu

Iranilaisessa tutkimuksessa arvioitiin polarisoidun matalatehoisen laserin kipua lieventäviä vaikutuksia *epäkäslihaksen myofaskiaalisissa triggerpisteissä* ja verrattiin saatuja tuloksia polarisoimattomaan matalatehoiseen laseriin. Tutkimuksessa oli 64 osallistujaa, joista jokaiselta oli keskimäärin 5 triggerpistettä. Sisäänottokriteereinä olivat paikallinen ja triggerpisteestä johtuva kipu, palpoitavissa oleva kireä ja arka lihassäie sekä rajoittunut liikkuvuus. Osallistujat jaettiin satunnaistetusti polarisoituun laserryhmään sekä polarisoimattomaan laserryhmään. Ryhmät saivat hoitoa viisi kertaa viikossa kahden viikon ajan. Osallistujia pyydettiin välttämään kipulääkitystä, lihasrelaksanteja sekä paikallispuudutuksia. (Shahimoridi ym. 2020.)

Laserina oli käytössä *poly laser Trion LASER (Sperian Co., Germany)*, jonka aallonpituus oli 755 nm ja teho 160 mW. Laseria annettiin jatkuvana viiteen hartialihaksen kireän lihassäikeen kipeään triggerpisteeseen 6 J/cm². Samaa laseria käytettiin molemmissa ryhmissä. Toisessa ryhmässä laserin säde polarisoitiin asettamalla laserin valonlähteen eteen polaroid kalvo. (Shahimoridi ym. 2020.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun voimakkuuden* arviointia VAS-janalla, *triggerpisteiden kivun esiintyvyyttä/olemassaoloa*, kaularangan *liikerajoitusta* sekä *kireän lihassäikeen esiintyvyyttä/olemassaoloa* ja arkuutta. Tuloksia tarkasteltiin ensimmäisen, viidennen ja kymmenennen hoitokerran jälkeen. Tulosten arvioija sekä osallistujat olivat molemmat sokkoutettu hoidolle. (Shahimoridi ym. 2020.)

Kipu lieventyi merkittävästi hoitokertojen välillä ja kivun lieventyminen oli huomattavasti suurempaa polarisoimattomassa laserryhmässä. Triggerpisteiden kipu ja kireän lihassäikeen esiintyvyys ja arkuus vähenivät sekä kaularangan liikkuvuus parani molemmissa ryhmissä verraten ensimmäistä ja kymmenennettä hoitokertaa. Polarisoimattomalla laserilla saatiin merkittävästi tehokkaampia tuloksia kuin polarisoidulla laserilla. (Shahimoridi ym. 2020.)

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa arvioitiin matalatehoisen laserin välitöntä vaikuttavuutta *kroonisen olkapää- ja niskakivun* hoidossa ja ylävartalon liikkuvuuden edistämiseksi. Tutkimukseen osallistui 86 henkilöä, joilla oli nivelrikosta, nivelrappeumasta, kroonisesta lihasspasmista tai kaula- tai rintarangan nyrjähdyksestä tai venähdyksestä johtuvaa kipua niskan tai olkapään alueella. Osallistujista 55:llä kipu oli useasta syystä johtuvaa ja 31:llä vain yhdestä syystä johtuvaa. Kipukohtat jaettiin viiteen eri alueeseen; vasen ja oikea niska/kaula, niskan takaosa sekä oikea ja vasen olkapää. Tunnettu kipu oli 100 pisteen VAS-janalla arvioituna yli 50. Osallistujat jaettiin satunnaisesti laser- ja plaseboryhmiin. (Roche ym. 2016.)

Laserina oli käytössä *Erchonia® PL2000*, jonka aallonpituus oli 635 nm ja teho 1 mW. Laseria annettiin yhden hoitokerran verran bilateraalisesti minuutin ajan jokaiseen kohtaan. Yhden hoitokerran kokonaisajaksi muodostui 12 minuuttia. Hoitoa annettiin molemmin puolin olkapään anteriorisiin lihaksiin ja rintalihaksiin, kun olkanivel oli viety passiivisesti ulkokiertoon, kaularangan lihaksiin sekä epäkäslihakseen, kun kaularanka oli viety passiivisesti lateraalifleksioon sekä sternocleidomastoideus sekä scalenius -lihaksiin passiivisen liikkeen aikana. (Roche ym. 2016.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun arviota* VAS-janalla sekä kaularangan ja olkapäiden *liikkuvuutta* käyttäen universaalialkaltevuusmittaria. Kaularangan liikkuvuudesta testattiin passiivinen lateraalifleksio selinmakuulla ja olkapäiden liikkuvuudesta testattiin passiivinen abduktio istuen. Osallistujat pisteyttivät *tyytyväisyytensä* saatuun hoitoon. Tuloksia tarkasteltiin heti hoidon jälkeen sekä 24 ja 48 tunnin jälkeen. (Roche ym. 2016.)

Kivun tuntemus oli laserryhmässä ennen hoitoa 60,2 ja välittömästi hoidon jälkeen 31,2, kun taas plaseboryhmässä ennen hoitoa 60,0 ja välittömästi hoidon jälkeen 55,1. Laserryhmässä kaularangan ja olkapäiden liikkuvuudet paranivat huomattavasti, kun taas plaseboryhmässä ei havaittu merkittävää kehittymistä. Osallistujista 89,5 % ilmoitti olevansa hyvin tyytyväisiä tai tyytyväisiä hoitoon laserryhmässä ja 34,3 % plaseboryhmässä. 24 ja 48 tunnin päästä kivun tuntemus oli laserryhmässä sama kuin välittömästi hoidon jälkeen, mutta plaseboryhmässä kivun tuntemus oli laskenut samalle tasolle.

Plaseboryhmän osallistujista merkittävän suuri määrä käytti kipulääkitystä seurannan aikana verrattuna laserryhmän osallistujiin. (Roche ym. 2016.)

7.2 Krooninen alaselkäkipu

Turkkilaisessa tutkimuksessa verrattiin kahden eri matalatehoisen laserin vaikutusta kipuun, lannerangan liikkuvuuteen ja toiminnalliseen kapasiteettiin kroonisessa alaselkävauriossa. Tutkimukseen osallistui 49 potilasta, joiden keskimääräinen ikä oli 52,14 vuotta. Sisäänottokriteereinä olivat kolme kuukautta kestänyt alaselkäkipu, ikä yli 25 vuotta sekä aikomus suorittaa tutkimus loppuun asti hoitomuodosta riippumatta. Tutkimuksesta poissuljettiin mm. neurologisiin löydöksiin viittaavat tilat, epänormaalit laboratoriotulokset saaneet sekä henkilöt, joilla alaselkäkipu liittyi rangan muutoksiin tai tulehduksellisiin tiloihin. Osallistujat jaettiin satunnaistetusti kahteen ryhmään. Molemmat ryhmistä saivat laseria eri parametreilla sekä lämpöhoitoa. Lämpöhoitoa annettiin paravertebraalialueelle 15 minuutin ajan. Hoitokertoja oli viisi kertaa viikossa, kolmen viikon ajan. (Doğan ym. 2017.)

Ryhmä 1 sai *Ga-Al-Aslaseria*, jonka aallonpituus oli 850 nm, teho 100 mW ja laserin hoitopään koko oli 0,07 cm². Laseria annettiin 10 J/cm² ja jatkuvana kahteen pisteeseen molemmin puolin paravertebraalikuludosta (L4 - L5 ja L5 - S1) neljän minuutin ajan, joka kohtaan. (Doğan ym. 2017.)

Ryhmä 2 sai yhdistelmälaseria, jossa oli 10 diodia *Helium-Neonlaseria*, jonka aallonpituus oli 650 nm ja teho 7 mW sekä 7 diodia *Ga-Al-Aslaseria*, josta 3 diodin aallonpituus oli 785 nm ja teho 50 mW ja 4 diodin aallonpituus oli 980 nm ja teho 10 mW. Laserin hoitopää oli 112 cm². Laseria annettiin 20 minuutin ajan paravertebraalikuludoksiin (L4 - L5 ja L5 - S1) 3 J/cm². (Doğan ym. 2017.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun vakavuuden* arviota VAS-janalla, *lannerangan liikkuvuutta* (modifioitu Shoberin testi ja lateraalifleksio) ja *toimintakyvyn arviota* (MODQ). Tutkimukset tehtiin ennen hoitoa ja kolme viikkoa hoidon aloituksen jälkeen. Tutkimukset suorittivat eri henkilöt eri kerroilla. (Doğan ym. 2017.)

Molemmissa ryhmissä kivun lieventyminen oli tilastollisesti merkittävää eikä ryhmien välillä havaittu suuria eroja. Liikkuvuus sekä toimintakyky paranivat tilastollisesti merkittävästi molemmissa ryhmissä ja ryhmässä 2 tuloksissa oli tapahtunut suurempaa kehittymistä. Tutkimuksen rajoituksina olivat lyhyt seuranta-aika, lämpöpakkausten käyttö sekä pelkän Helyum-Neonlaserryhmän puuttuminen. (Doğan ym. 2017.)

7.3 Lateraalinen epikondyliitti ”tenniskyynärpää”

Turkkilaisessa tutkimuksessa verrattiin matalatehoisen laserin, fonoforeesin (ultraäänen) ja iontoforeesihoidon vaikutuksia kipuun, toimintakykyyn ja puristusvoimaan *lateraaliossa epikondyliitissä (tenniskyynärpää)*.

Tutkimuksessa oli 37 osallistujaa, joilla oli lateraalinen epikondyliitti. Sisäänottokriteereinä tutkimuksessa oli ikä 30 - 50 vuotta, ainakin yhden kuukauden kestänyt kipu lateraalisen epikondyylin ympärillä, palpaatioarkuus sekä kaksi positiivista tulosta neljästä provokaatiotestistä. Osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään hoitojen mukaan. Hoitoa annettiin viisi kertaa viikossa kolmen viikon ajan. (Baktir ym. 2019.)

Laserina käytössä oli *GaAs diodilaser (Roland Serie Elettronica Pagani IR27/1; Italy)*, jonka aallonpituus oli 904 nm, taajuus 5 - 7 000 Hz sekä huipputehot 27 W, 50 W tai 274 W. Laserista valittiin epikondyliitti ohjelma, ja laite antoi määrittää vain taajuuden ja ajan. Taajuudeksi valittiin 50 Hz ja laite määritteli tehoksi 0,12 mW. Laseria annettiin lateraaliseen epikondyyliin sekä neljään kipeimpään pisteeseen sen ympärillä. Hoitoaika oli noin 20 minuuttia. (Baktir ym. 2019.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin levossa, käytön aikana sekä yöllä esiintyvän *kivun arviointia* VAS-janalla, *kipukynnyksen* arviointia painealgometrillä, toimintakyvyn tason arviointia ”Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE)” -kyselyllä sekä *puristusvoimamittausta*. Tutkimukset suoritettiin ennen hoitoa ja hoitojen jälkeen. (Baktir ym. 2019.)

Matalatehoinen laser ja iontoforeesihoido kehittivät tilastollisesti merkittävästi kaikkia VAS-janan parametrejä. Laserryhmässä VAS-janasta sekä painealgometrillä saadut tulokset olivat kehittyneet enemmän verrattuna

toisiin ryhmiin. PRTEE-P kehittyi kaikissa ryhmissä mutta PRTEE-P ja puristusvoima kehittyivät tilastollisesti merkittävästi vain iontoforesihoitoa saaneessa ryhmässä. Matalatehoisella laserilla oli suurin vaikutus kipuun, ja iontoforesihoito oli hyödyllinen kivun lievityksessä sekä toimintakyvyn lisäämisessä. Tutkimuksen rajoituksina olivat pieni otoskoko, pitkäaikaisen seurannan puute sekä ryhmät eivät olleet sukupuolisesti tasavertaisia. (Baktir ym. 2019.)

7.4 Rannekanavaoireyhtymä

Brasiliaalaisessa tutkimuksessa verrattiin ortoosin käytön ja potilaan neuvonnan sekä matalatehoisen laserin vaikuttavuutta *rannekanavaoireyhtymään*. Tutkimukseen oli 48 osallistujaa, joilla oli lievä tai keskivaikea rannekanavaoireyhtymä. 30 suoritti tutkimuksen kokonaan ja näistä kuudella oli oireita molemmissa ranteissa. Sisäänottokriteereinä oli ikä yli 18 vuotta, elektrofysiologisella tutkimuksella vahvistettu rannekanavaoireyhtymä diagnoosi sekä oireiden ilmeneminen provokaatiotesteissä. (Barbosa ym. 2016.)

Potilaat jaettiin kahteen ryhmään, josta molemmat käyttivät ortooseja, mutta vain toinen ryhmä sai lisäksi matalatehoista laseria. Potilaat saivat neuvontaa, joka sisälsi ennaltaehkäisevää koti- ja työergonomiaa. Tällä pyrittiin välttämään liikkeitä, jotka voivat aiheuttaa keskihermon kompressiota. Kaikki potilaat saivat ortoosin, jota käytettiin öisin kuuden viikon ajan. (Barbosa ym. 2016.)

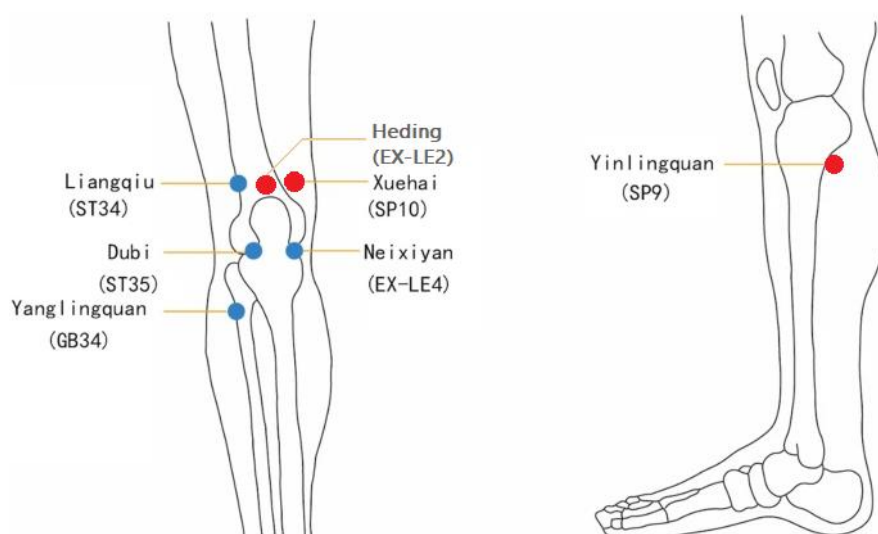
Laserina käytössä oli *gallium-indium-phosphorus-aluminum (AlGaInP)* laser jonka aallonpituus oli 660 nm, keskimääräinen teho 30 mW, jatkuva pulssi sekä säteen koko 0,06 cm². Laseria annettiin kuuteen pisteeseen rannekanavan ylle 0,6 J ja 20 sekuntia per piste. Laseria annettiin kahdesti viikossa kuuden viikon ajan. (Barbosa ym. 2016.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin ”Boston Carpal Tunnel Questionnaire (BCTQ) -kyselyä, joka sisältää *arvion oireiden vakavuudesta ja pisteytyksen toimintakyvystä*. Tulokset paranivat molemmissa ryhmissä merkittävästi. BCTQ -kyselyn mukaan laserryhmän oireiden vakavuus kehittyi 92,3 % ja

toimintakyvyn pisteitys 30,7 %, kun taas ortoosiryhmässä oireiden vakavuus parani 76,5 % ja toimintakyvyn pisteitys 29,4 %. Molemmat hoitomuodot ovat tehokkaita lyhytaikaisten oireiden ja toimintakyvyn parantamisessa lievässä ja keskivaikeassa rannekanavaoireyhtymässä. Tutkimuksen rajoituksina olivat pieni otoskoko, lyhytaikainen seuranta ja hermon kunnan tutkimatta jättö hoitojen jälkeen. (Barbosa ym. 2016.)

7.5 Polven nivelrikko

Taiwanissa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin kaksitaajuista matalatehoista laserin vaikuttavuutta *polven nivelrikosta* kärsivien kipuun. Tutkimuksessa oli 33 potilasta, joilla oli todettu molemmissa polvissa nivelrikko. Osallistujista 30 suoritti tutkimuksen loppuun. Sisäänottokriteereinä tutkimuksessa olivat röntgenkuvauksella todennettu nivelrikko, Kellgren & Lawrence -luokituksen mukaan nivelrikon vakavuus enemmän kuin tasoa kaksi, osallistujan ikä yli 50 vuotta ja yli kuusi kuukautta jatkunut kipu. Tutkimuksesta poissuljettiin leikkauksessa käyneet sekä, jotka olivat saaneet nivelen sisäisiä steroideja tai hyaluronihappoa viimeisen kolmen kuukauden sisällä. Osallistujat jaettiin satunnaistetusti testi- ja plaseboryhmiin. Ryhmät saivat hoitoa kolmesti viikossa neljän viikon ajan polviniveleen kuvan 5 mukaisiin kohtiin (punaiset pisteet). (Liao ym. 2020.)



Kuva 5. Polven akupunktiopisteet (mukaeltu Zhang ym. 2020)

Laserina käytössä oli laite, joka tuotti kaksitaajuisista sädetä yhdistäen 780 nm punavalon ja 830 nm infrapunavalon. Punavalon teho oli 50 mW ja

infrapunavalon teho 30 mW. Maksimaalinen energia oli 216 J ja laseria annettiin täydellä teholla ja jatkuvana 15 minuutin ajan kolmeen polvinivelen akupisteeseen. Polvinivelen akupisteet olivat SP9, SP10 ja EX-LE2. Plaseboryhmä sai laseria samalla laitteella, mutta laserin säde ei ollut päällä. (Liao ym. 2020.)

Tulosten mittauksessa käytettiin *liikkeen ja levon aikaisen kivun* voimakkuuden mittausta VAS-janalla, pes anserinus -jänteen *kipukynnystä* (PPT) sekä polven nivelrikon *vakavuus astetta* Lequesne -indeksillä. Tuloksia tarkasteltiin jokaisen viikon jälkeen.

Laserryhmässä huomattiin merkittävää parannusta kaikissa mittauksessa käytettävissä asteikossa, kun tuloksia verrattiin aiempien viikkojen tuloksiin sekä plaseboryhmän tuloksiin. Plaseboryhmässä merkittäviä parannuksia ei tapahtunut. Tutkimuksen rajoituksina olivat pieni otoskoko sekä pitkäaikaisen seurannan puute. (Liao ym. 2020.)

7.6 Patellofemoraalinen kipuoireyhtymä

Brasilialaisessa tutkimuksessa analysoitiin lasereilla ja ledeillä toteutetun fotobiomodulaation vaikutuksia *patellofemoraaliseen kipuoireyhtymään*. Tutkimukseen osallistui 30 naista, joiden keskimääräinen ikä oli 21 vuotta. Sisäänottokriteereinä olivat kipu polven etuosassa, kivun voimakkuus VAS-janalla yli 3 sekä positiivinen tulos McConnellin ja Clarken testeistä. Tutkimuksesta poissuljettiin hoitoa saavat sekä muita polven toimintahäiriöitä omaavat henkilöt. Osallistujat jaettiin puoliksi fotobiomodulaatio- ja kontrolliryhmiin. Fotobiomodulaatioryhmä sai hoitoa kolmesti viikossa neljän viikon ajan. Kontrolliryhmä ei saanut hoitoa ja osallistui vain alkututkimukseen sekä neljännen ja kahdeksannen viikon jälkeisiin tutkimuksiin. (Pocai ym. 2021.)

Fotobiomodulaatioryhmä sai hoitoa laitteella *cluster device Fluence HTM®*, jossa oli yhdistetty 830 nm infrapunalaser ja 590 nm keltainen LED-valo. Laitteessa oli kolme LED-diodia, joiden teho oli 1 500 mW ja laserdiodi, jonka keskimääräinen teho oli 150 mW. Hoitoa annettiin patellan mediaali- ja

lateraalipuolelle 1 minuutin ajan molemmille. Yhden hoito kerran kokonaisenergiaksi muodostui 8,4 J. (Pocai ym. 2021.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun intensiteetin arviota* paikallaollessa, hypätessä sekä hypystä laskeutuessa VAS-janalla, *toiminnallisen suorituskyvyn testejä* sekä erilaisia *kyselyitä*, joilla arvioitiin kipua ja kivun vaikutuksia arkeen sekä sen pelkäämisen vaikutuksia käyttäytymiseen. Tuloksia tarkasteltiin neljän ja kahdeksan viikon jälkeen aloituksesta. (Pocai ym. 2021.)

Kummassakaan ryhmässä paikallaollessaan ja hypätessä koetussa kivussa ei tapahtunut suuria muutoksia viikkojen välillä tai ryhmien välillä. Hypystä laskeutuessa vain fotobiomodulaatio ryhmässä kipu väheni merkittävästi viikkojen välillä. Toiminnallisen suorituskyvyn testeissä kummassakin ryhmässä havaittiin vain lievää parannusta. Kyselyistä saadut tulokset olivat merkittävästi parantuneet vain fotobiomodulaatio ryhmässä. Tutkimukseen osallistuneet olivat iältään nuoria, joten tulokset eivät välttämättä ole vastaavanlaisia vanhemmalla väestöllä. Toinen tutkimuksen rajoitus oli lyhyt seuranta-aika. (Pocai ym. 2021.)

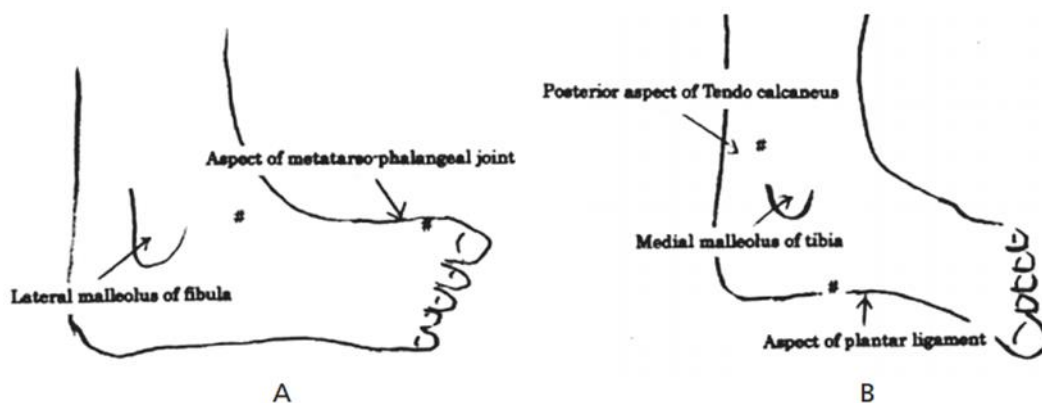
7.7 Krooninen jalka- ja nilkkakipu

Japanissa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin LLLT:n vaikutuksia *jalan ja nilkan kroonistuneeseen nivelkipuun*. Tutkimuksessa oli 17 osallistujaa, joilla oli diagnosoitu jokin jalan tai nilkan krooninen nivelkipu, joilla ei ollut indikaatiota leikkaukselle. (Izokura ym. 2017.) Taulukossa 4 on lueteltu tutkimuksessa esiintyneet vaivat.

Taulukko 4. Tutkimuksessa esiintyneet vaivat (Izokura ym. 2017)

Vaiva	Kpl
Krooninen akillesjänteen tendovaginiitti	6
Krooninen jalkapohjan tendovaginiitti	5
Nilkan nyrjähdys	5
Vaivaisenluu	1

Osallistujat saivat laserhoitoa ja elämäntapa neuvontaa, jossa suositeltiin mm. huolehtimaan hyvästä ryhdistä päivittäisissä aktiviteeteissa, välttämään pitkiä kävelymatkoja ja välttämään jalan ja nilkan vääntymistä. Laserina käytössä oli *Ga-Al-As laser (MDL-2001, Matsushita Electric Corporation, Tokyo, Japan)*, jonka aallonpituus oli 830 nm, teho 1 000 mW ja pulssi oli jatkuva. Laserin hoitopään koko oli 14 mm, joka sädetti 1,5 cm² alueen 667 mW/cm²:llä. (Izukura ym. 2017.) Hoidetut pisteet ovat nähtävissä kuvassa 6.



Kuva 6. Tutkimuksessa hoidetut pisteet "#". A) lateraalinen näkymä B) mediaalinen näkymä (Izukura ym. 2017)

Yhtä pistettä jalassa sädettiin 20,1 J/cm² ja 30 s. Laseria annettiin neljään pisteeseen kahdesti viikossa neljän viikon ajan.

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun arviota* VAS-janalla ja *nilkan dorsij- ja plantaarifleksion* liikelaajuutta. Tutkimukset suoritettiin ennen hoitoa ja viimeisen hoidon jälkeen. VAS-janan tulokset olivat ennen hoidon aloittamista keskimäärin 69,4 ja hoitojen jälkeen 34,7. Tulokset olivat erinomaiset kahdella, hyvät kolmella ja lievät tai muuttumattomat kahdella osallistujista. Liikelaajuuksissa ei huomattu merkittäviä muutoksia. Tutkimuksen rajoituksina olivat kontrolli- ja plaseboryhmän puuttuminen ja pitkäaikaisseurannan puute. (Izukura ym. 2017.)

7.8 Plantaarifaskiitti

Turkissa tehdyssä tutkimuksessa verrattiin ja määriteltiin matalatehoisen laserin ja Shockwave -paineaaltohoidon (ESWT) anti-inflammaattorisia kipua lievittäviä vaikutuksia *spondyloartriitista kärsivien plantaarifaskiittiin*.

Tutkimukseen osallistui 40 henkilöä, josta puolet oli miehiä ja puolet naisia.

Sisäänottokriteereinä tutkimuksessa oli spondyloartriitin diagnoosi (ei aktiivinen), yli kuusi kuukautta kestänyt kantapääkipu sekä plantaarifaskian arkuus sitä palpoitaessa. Tutkimuksesta poissuljettiin leikkauksessa käyneet, fysioterapiaa saaneet sekä ne, jotka olivat saaneet injektion kantapäähän kolmen kuukauden sisällä. Osallistujat jaettiin laser- ja shockwaveryhmiin. (Alpturker ym. 2020.)

Laserina oli käytössä *Ga-Al-As*-laser, jonka aallonpituus oli 830 nm, teho 50 mW, pulssitaajuus 10 Hz ja energiatiheys 8 J/cm². Laseria annettiin 14 hoitokertaa. Molempiin ryhmiin kuului valvottu harjoitteluohjelma. (Alpturker ym. 2020.)

Tulosten arvioinnissa käytettiin *kivun voimakkuuden arvioita* harjoittelun aikana sekä aamulla liikkeelle lähtiessä VAS-janaa käyttäen, erilaisia *kyselyitä* liittyen kipuun, aktiivisuuteen ja elämänlaatuun sekä *magneettikuvausta*, jolla tarkkailtiin plantaarifaskian paksuutta. Tuloksia tarkkailtiin kuukauden päästä aloituspäivästä. (Alpturker ym. 2020.)

VAS-janan arvot olivat laskeneet molemmissa ryhmissä merkittävästi. Harjoittelun aikainen kipu oli lieventynyt ESWT -ryhmässä hieman enemmän. Molemmissa ryhmissä tapahtui selkeää kehitystä kyselyissä, jossa selvitettiin jalan kipua ja toimintakykyä (AOFAS, Roles-Maudsley). Kyselyiden, joissa selvitettiin spondyloartriitin vaikutusta elämänlaatuun, toimintakykyyn ja arjessa selviytymiseen (ASQoL, BASFI, BASDAI, MASES), tulokset paranivat merkittävästi molemmissa ryhmissä. Molemmissa ryhmissä plantaarifaskian paksuus oheni, mutta ohentuminen oli hieman suurempaa laserryhmässä. Laserryhmässä plantaarifaskian keskiarvoinen paksuus oli ennen hoitoa 4,43 mm (+/-0,984) ja hoidon jälkeen 3,66 mm (+/-0,613). Matalatehoinen laser sekä ESWT olivat tehokkaita lieventämään plantaarifaskiitista johtuvaa kipua. Tutkimuksen rajoituksina olivat lyhyt seuranta-aika, pieni otoskoko sekä plaseboryhmän puuttuminen. (Alpturker ym. 2020.)

7.9 Urheiluvammat

Japanissa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin matalateholaserin välittömiä vaikutuksia kivun lieventymiseen *urheilijoiden urheiluvammoissa*.

Tutkimuksessa oli 32 yliopistourheilijaa, joilla oli liikkeen aikana ilmenevää kipua sekä kipualue oli tarkkaan määritettävissä. Tutkittava ryhmä jaettiin satunnaistetusti testi- ja plaseboryhmiin. Urheilijat ja testajat olivat molemmat sokkoutettu. (Takenori ym. 2016.) Taulukossa 5 on listattu urheilijoilla esiintyvät vammat.

Taulukko 5. Tutkimuksessa esiintyneet urheiluvammat (Takenori ym. 2016)

Testiryhmän urheiluvammat	kpl	Plaseboryhmän urheiluvammat	kpl
Nilkan nyrjähdys	9	Nilkan nyrjähdys	5
Veneluun rasisuurtuma	1	Kierukan vaurio	2
Patella jänteen tendiniitti	1	Kyynärpään sisäisivuuteen repeämä	2
Spondylolyysi	1	Akillesjänteen tulehdus	2
Olkapään artroskooppinen leikkaus	1	Alaselkäkipu	1
Ranteen kolmioruston vamma (TFCC)	1	Lannerangan fasettinivelen nivelrikko	1
Peukalon proksimaalinen avulsiomurtuma	1	Infraspinatuksen vaurio	1
		Hartialihaksen vaurio	1
		Olkanivel tulehdus	1

Jokainen urheilija käytti laseria itsenäisesti ohjeistuksen mukaan. Laserina käytössä oli *Ga-Al-Aslaser (Softlaser JQ-W1, Minato Medical Science Co., Ltd, Japan)*, jonka aallonpituus oli 810 nm, teho 180mW ja säteily 51,4 W/cm². Laseria annettiin kivuliaan liikkeen aikana ilmenneseen kipeimpään kohtaan ja alueen pinta-ala oli 1cm². Kohtaa hoidettiin jatkuvalla pulssilla, 5,4 J, kaikkiaan 10 minuuttia (30s x 20 kertaa). (Takenori ym. 2016.)

Mittaaja mittasi molemmissa ryhmissä kivuliaan liikkeen *kivun voimakkuutta* mittausasteikolla (MNRS), jossa 0= ei kipua ja 10= pahin mahdollinen kipu. Mittaus suoritettiin ennen hoitoa ja välittömästi sen jälkeen. Matalateholaser ryhmässä 75 % osallistujista koki laserin tehokkaaksi ja plaseboryhmässä 0 %. Kivun lieventymisasteikko oli laserryhmässä merkittävästi korkeampi ja ryhmien välinen ero oli 28,74 %. Matalatehoisella laserilla oli välitön liikkeen aikaista kipua lieventävä vaikutus urheiluvammoissa. (Takenori ym. 2016.)

8 POHDINTA

Pohdinnassa tarkastellaan tuloksia ja hoitojen toteutusta. Tuloksia on koottu yhteen niissä esiintyvien yhtäläisyyksien mukaan ja tuloksista on tehty johtopäätöksiä. Pohdinnassa arvioidaan myös tutkimusten luotettavuutta ja eettisyyttä, tehdään jatkotutkimusehdotuksia sekä tarkastellaan oppinäytetyöprosessia kokonaisuudessaan.

8.1 Tulosten tarkastelu

Kivun lieventymistä tutkittiin kolmessa tutkimuksessa. Takenorin ym. tutkimuksessa (2016) tutkittiin laserin kipua lieventäviä vaikutuksia urheiluvammoissa. Tutkimuksessa laserin aallonpituutena oli 810 nm ja sitä annettiin liikkeen aikana ilmenevään kipeimpään kohtaan, yhden hoitokerran verran. Tutkimuksen tulokset olivat kaikilla mitta-asteikoilla laserryhmällä merkittävästi paremmat mitä plaseboryhmällä. Shahimoridin ym. tutkimuksessa (2020) tutkittiin laserin kipua lieventäviä vaikutuksia epäkäslihaksen myofaskiaalisissa triggerpisteissä. Tutkimuksessa laserin aallonpituutena oli 755 nm ja sitä annettiin viiteen kipeään triggerpisteeseen, viisi kertaa viikossa kahden viikon ajan epäkäslihaksen alueelle. Tutkimuksessa havaittiin merkittävää kivun lieventymistä, kuten kipeiden triggerpisteiden kivun sekä kireiden lihassäikeiden arkuuden vähenemistä. Myös kipua lieventäviä vaikutuksia tutkittiin Baktirin ym. tutkimuksessa (2019). Tutkimuksessa laserin aallonpituus oli 904 nm ja sitä annettiin neljään kipeään pisteeseen lateraalisen epikondyliitin ympärille viisi kertaa viikossa kolmen viikon ajan. Tässä tutkimuksessa selvisi laserin selkeä kipua lieventävä vaikutus verrattuna muihin testiryhmiin.

Tulehduksellista kipua tutkittiin kahdessa tutkimuksessa. Alpaturkerin ym. tutkimuksessa (2020) tutkittiin laserin vaikutusta tulehdukselliseen kipuun. Tutkimuksessa laserin aallonpituus oli 830 nm ja sitä annettiin hoidettavalle alueelle 14 hoitokertaa. Tutkimuksessa VAS-jana laski merkittävästi sekä toimintakyky parani laserryhmässä. Liaon ym. tutkimuksessa (2020) tutkittiin laserin vaikutusta polven nivelrikon kipuun. Tutkimuksessa laserin aallonpituudet olivat 780 nm ja 830 nm. Näitä aallonpituuksia annettiin polven

akupisteisiin kolmekertaa viikossa neljän viikon ajan. Tutkimuksessa huomattiin merkittävää parannusta kaikissa mittaustuloksissa.

Kipuoireyhtymistä johtuvan kivun lieventymistä tutkittiin kahdessa tutkimuksessa. Pocain ym. tutkimuksessa (2021) tutkittiin laserin ja keltaisen led valon vaikutusta patellofemoraalisessa kipuoireyhtymässä. Tutkimuksessa aallonpituudet olivat 590 nm ja 830 nm. Näitä aallonpituuksia annettiin patellan mediaaliselle sekä lateraaliselte puolelle kolme kertaa viikossa neljän viikon ajan. Tutkimuksessa havaittiin merkittävää kivun vähenemistä hypystä laskeutuessa sekä lievää toiminnallisen suorituskyvyn parannusta. Barrosan ym. tutkimuksessa (2016) tutkittiin laserin vaikutusta rannekanavaoireyhtymään. Tutkimuksessa aallonpituutena oli 660 nm ja sitä annettiin kuuteen pisteeseen rannekanavan yläpuolelle, kaksi kertaa viikossa kuuden viikon ajan. Tutkimuksessa osoitettiin laserin olevan tehokas hoitomuoto lievän ja keskivaikean rannekanavaoireyhtymän lyhytaikaisten oireiden ja toimintakyvyn parantamisessa.

Kroonisen kivun lieventymistä tutkittiin kolmessa tutkimuksessa. Izukuran ym. tutkimuksessa (2017) tutkittiin laserin vaikutusta jalan ja nilkan krooniseen nivelkipuun. Tutkimuksessa aallonpituutena oli 830 nm ja sitä annettiin yhteensä neljään pisteeseen jalan dorsaaliselte ja mediaaliselle puolelle, kaksi kertaa viikossa neljän viikon ajan. Tutkimuksessa havaittiin laserin laskeneen VAS-kipujan pisteytystä testattavilla. Doğanin ym. tutkimuksessa (2017) tutkittiin laserin vaikutusta krooniseen alaselkäkipuun. Tutkimuksessa aallonpituudet olivat 650, 785 ja 980 nm. Näitä aallonpituuksia annettiin paravertebraalikulokselle (alueet L4 - L5 ja L5 - S1), viisi kertaa viikossa kolmen viikon ajan. Tutkimuksessa havaittiin merkittävää kivun lieventymistä tilastollisesti. Roehen ym. tutkimuksessa (2016) tutkittiin laserin vaikutusta kroonisen olkapää- ja niskakivun hoidossa sekä sen vaikutusta liikkuvuuteen. Tutkimuksessa aallonpituutena oli 635 nm ja sitä annettiin kuuteen pisteeseen molemmille puolille niska/hartia seutua, yhden hoitokerran verran. Tutkimuksen tuloksissa kivun tuntemus laski laserryhmässä välittömästi hoidon jälkeen sekä liikkuvuus kaularangassa ja olkapäissä paranivat.

Osassa tutkimuksia liikkuvuutta tai toimintakykyä tutkittiin yhtenä osana tuloksia (Shahimoridi ym. 2020; Doğan ym. 2017; Roche ym. 2016; Baktir ym.

2019). Shahimoridin ym. 2020, Doğanin ym. 2017 ja Rochen ym. 2016 tutkimuksissa havaittiin laserin vaikuttaneen positiivisesti liikkuvuuteen tai toimintakykyyn, mutta Baktirin ym. (2019) tutkimuksessa laserilla ei havaittu merkittävää hyötyä toimintakyvyssä.

8.2 Laserhoitojen toteutuksen tarkastelu

Kirjallisuuskatsaukseen valituissa tutkimuksissa käytetyt laitteet olivat eri valmistajalta, mutta monessa tutkimuksessa oli käytössä gallium-alumiini-arsenidi (Ga-Al-As) laser. Rochen ym. (2016) ja Barbosan ym. (2016) tutkimuksissa käytettiin punavaloa ja Takenorin ym. (2016), Shahimoridin ym. (2020), Baktirin ym. (2019), Alpturkerin ym. (2020), Liaon ym. (2020) ja Izukuran ym. (2017) tutkimuksissa käytettiin lähi-infrapunavaloa. Doğanin ym. (2017) tutkimuksessa käytettiin punavalon ja lähi-infrapunavalon yhdistelmää ja Pocain ym. (2021) tutkimuksessa lähi-infrapunavalon rinnalla käytettiin keltaista valoa.

Kirjallisuuskatsaukseen valituissa tutkimuksissa oli kaikissa, lukuun ottamatta Liaon ym. (2020) tutkimusta, ilmoitettu millainen hoitolaite oli käytössä ja jokaisessa teho oli reilusti yli 1 mW, lukuun ottamatta Baktirin ym. (2019) tutkimusta, jossa teho oli 0,12 mW. Valituista tutkimuksista Izukuran ym. (2017) tutkimuksessa ei ollut kontrolliryhmää ja Shahimoridin ym. (2020) ja Doğanin ym. (2017) osallistujat jaettiin kahteen eri laserryhmään satunnaistetusti. Muissa katsaukseen valituissa tutkimuksissa osallistujat jaettiin plasebo- tai vertailuhoitoryhmään satunnaistetusti. Useammassa tutkimuksessa osallistujat olivat myös sokkoutettuja.

Kaikissa katsaukseen valituissa tutkimuksissa, lukuun ottamatta Alpturkerin ym. (2020), oli mainittu hoitokertojen määrä sekä hoitotiheys. Kaikissa tutkimuksissa oli mainittu myös aallonpituus ja teho sekä osassa tutkimuksissa mainittiin joko energia, energiatiheys tai kokonaisenergia. Valituissa tutkimuksissa muita parametrejä oli ilmoitettu hajanaisesti. Tutkimuksissa käytetyt parametrit ovat nähtävissä liitteessä 3.

Kirjallisuuskatsaukseen valituista tutkimuksista Liaon ym. (2020) ja Izukuran ym. (2017) toivat tutkimuksissa esille tarkoin määritetyn hoitoalueen. Muissa tutkimuksissa hoitoalue oli määritelty ”kipein kohta” tai ”neljä pistettä vaurioituneen alueen ympärillä”.

Tutkimuksessa Barbosa ym. (2016) oli käytössä AlGaInPlaser, jonka aallonpituus oli 660 nm, teho 30 mW, pulssi oli jatkuva, säteen koko oli 0,06 cm² ja hoitoa annettiin kuuteen pisteeseen rannekanavan ylle 0,6 J 20 sekunnin ajan. Kansainvälisen laseryhdistyksen suosittelimia parametrejä ei käytetty kyseisessä tutkimuksessa.

Tutkimuksessa Baktir ym. (2019) oli käytössä GaAs diodilaser, jonka aallonpituus oli 904 nm, teho 0,12 mW, pulssin taajuus 5 – 7000 Hz sekä laseria annettiin neljään pisteeseen lateraaliseen epikondyliittiin 20 minuutin ajan. Kansainvälisen laseryhdistyksen suosittelimia parametrejä käytettiin tutkimuksessa osittain, muun muassa hoidon taajuutta tutkimuksesta ei selviä.

Tutkimuksessa Alpturker ym. (2020) oli käytössä Ga-Al-Aslaser, jonka aallonpituus oli 830 nm, teho 50 mW, pulssintaajuus 10 Hz ja käytetyt joulet oli 8 J/cm². Tutkimuksesta ei selviä plantaarifaskiitin hoidettavan alueen pisteiden määrää. Kansainvälisen laseryhdistyksen suosittelimia parametrejä on käytetty tutkimuksessa osittain.

Tutkimuksessa Liao ym. (2020) oli käytössä laser, joka tuotti kaksitaajuista sädettä yhdistämällä 780 nm punavalon sekä 830 nm infrapunavalon. Laitteen teho oli 50 mW ja 30 mW, pulssi oli jatkuva ja polven nivelrikon hoitoa annettiin kolmeen polvinivelen akupisteeseen. Kansainvälisen laseryhdistyksen suosittelimia parametrejä käytettiin tutkimuksessa osittain.

8.3 Johtopäätökset

Matalatehoisen laserin positiiviset vaikutukset tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloissa ovat selkeästi havaittavissa lukuisten tutkimusten tuloksista. Laserin kipua vähentävät vaikutukset tulevat esiin erityyppisissä kiputiloissa kuten akuuteissa urheiluvammoissa, epäkäslihaksen akuutissa triggerpiste kivussa, subakuutissa tenniskyynärpää kivussa, kroonisissa niskan, selän,

nilkan ja jalan kiputuloissa, sekä se vaikuttaa positiivisesti myös kipuoireyhtymissä. Myös useammassa tutkimuksessa havaittiin nivelten liikkuvuuden lisääntymistä sekä toimintakyvyn kehittymistä heti laserhoidon jälkeen (Shahimoridi ym. 2020; Doğan ym. 2017; Roche ym. 2016; Baktir ym. 2019). Näistä huomioista voimme päätellä, että matalatehoinen laserhoito on tehokas tapa lieventämään tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloja ja parantamaan myös tuki- ja liikuntaelimestön toimintakykyä.

Tutkimuksista ei selviä laserin pidempiaikaisia vaikutuksia, sillä tutkimusten rajoituksina oli monesti lyhyt seuranta-aika. Näin ollen tutkimuksia, joissa olisi tulosten pitkäaikainen seuranta, tarvittaisiin tulevaisuudessa lisää vahvistamaan laserin mahdolliset pidempiaikaiset vaikutukset. Myös positiivisten vaikutusten ”aikaikkuna” olisi hyvä selvittää, sillä näin saataisiin dataa siitä, milloin olisi hyvä aloittaa seuraava hoitajakso.

Tutkimuksissa käytetyillä parametreillä saavutettiin positiivisia tuloksia. Käytettyjä parametrejä ei voida kuitenkaan verrata tutkimuksien kesken, sillä parametrit vaihtelivat laajasti tutkimusten välillä. Tutkimuksissa ei ole käytetty standardisoituja menetelmiä laserien parametrien ilmoittamiseen, ja siksi osassa tutkimuksissa ei ole ilmoitettu kaikkia käytettyjä parametrejä. Laserien parametrien ilmoittaminen ei myöskään vastannut Kansainvälisen laseryhdistyksen tekemiä suosituksia (2010).

8.4 Luotettavuus ja eettisyys

Luotettavuuden arviointiin ei ole yksiselitteisiä ohjeita, sillä tutkimuksia arvioidaan kokonaisuutena. Luotettavuuden arvioinnin apuna voidaan käyttää uskottavuutta, vastaavuutta, siirrettävyyttä, varmuutta, riippuvuutta ja vakiintuneisuutta. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

Eettisesti hyväksyttävä ja luotettava tutkimus vaatii hyvän tieteellisen käytännön noudattamista. Hyvän tieteellisen käytännön lähtökohtia ovat rehellisyys ja huolellisuus tutkimustyössä sekä tulosten arvioinnissa, eettisesti kestävien tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmien soveltaminen sekä muiden tutkijoiden työn ja saavutuksien huomiointi ja kunnioittaminen sekä heidän julkaisuihinsa viittaaminen asianmukaisella tavalla. (TENK 2012.)

Tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa on kiinnitetty huomiota tutkimusprosessin totuudenmukaisuuteen ja läpinäkyvyyteen, siirrettävyyteen toiseen kontekstiin, tulosten tulkinnan arviointiin ja onko se toteutettu tieteellisten tutkimuksen periaatteiden mukaisesti. Kirjallisuuskatsauksessa on käytetty tutkimuksia, jotka ovat olleet kokonaan saatavilla sekä ovat olleet vertaisarvioituja. Opinnäytetyössä noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeita hyvästä tieteellisestä käytännöstä sekä ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettisiä suosituksia. Tutkimuksiin viittaaminen, tulosten kirjaaminen ja lähteisiin viittaaminen on tehty rehellisesti sekä huolellisesti.

Kirjallisuuskatsaukseen valittujen tutkimusten luotettavuutta heikensi standardisoimaton tapa ilmoittaa hoidossa käytettyjen lasereiden parametrejä. Muutamassa valitussa tutkimuksessa hoitoaluetta ei ollut tarkasti määritelty. Nämä tekijät vaikeuttavat tutkimuksen toistettavuutta luotettavasti. Muutamassa kirjallisuuskatsaukseen valitussa tutkimuksessa ei sisällytetty plaseboryhmää, mikä heikentää tulosten luotettavuutta.

Tutkimusaineisto oli englanninkielistä, ja sen oikein ymmärtäminen ja kääntäminen on tärkeää luotettavuuden kannalta. Opinnäytetyössä oli kaksi tekijää, jolloin toinen henkilö pystyi varmistamaan kääntämisen ja tulkitsemisen oikeaksi vähentäen näin vääränlaisten tulosten kirjaamisen riskiä. Useamman tekijän tuotoksessa on otettu huomioon myös useampi näkökulma aiheeseen. Luotettavuutta lisäisi useammassa kuin kolmessa tietokannassa suoritettu tutkimusten haku.

8.5 Jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin fotobiomodulaation vaikutuksia tuki- ja liikuntaelimestön erilaisiin kiputiloihin. Fotobiomodulaation vaikutukset ovat laajat, minkä voi monista tutkimusten tuloksista havaita. Opinnäytetyössämme perehdyimme tuki- ja liikuntaelimestöön kohdistuviin kiputiloihin ja näiden hoitoon fotobiomodulaation avulla. Jatkotutkimuksen kohteena voisi olla esimerkiksi neurologisten sairauksien sekä niistä

aiheutuvien oireiden hoito fotobiomodulaation avulla, sillä näistä on tekeillä myös ihmisillä toteutettuja tutkimuksia.

Toinen jatkotutkimuksen kohteena voisi olla fotobiomodulaation hyödyt esimerkiksi sisätautien hoidossa. Olisi mielenkiintoista selvittää fotobiomodulaation aiheuttamat positiiviset vaikutukset solun energian tuottoon ja tätä kautta taas mahdollinen positiivinen vaikutus sisäelinten parempaan toimivuuteen.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin fotobiomodulaation vaikuttavuutta pääasiassa tuki- ja liikuntaelimestön kiputiloihin. Tutkimuksissa oli myös muita tulosmuuttujia käytössä kuten toimintakyky ja liikkuvuus. Näin ollen jatkotutkimuksen kohteena voisi selvittää fotobiomodulaation vaikutuksia muihin tekijöihin tarkemmin.

Fysioterapeutit hyödyntävät työssään useita erilaisia fysikaalisia hoitomuotoja. Useammassa tutkimuksessa fotobiomodulaation hyötyjä verrattiin johonkin toiseen hoitomuotoon. Yhtenä jatkotutkimuksen kohteena voisikin selvittää kuinka fotobiomodulaation vaikutusmekanismit ja käyttö eroavat verrattuna johonkin tutumpaan fysikaaliseen hoitomuotoon kuten esimerkiksi sähköhoitoihin. Näin voitaisiin selvittää se mihin sellaisiin tiloihin fotobiomodulaatiota voidaan hyödyntää mihin esimerkiksi sähköhoitoja ei voida käyttää.

8.6 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyön ideavaihe aloitettiin syyskuussa 2020. Ideavaiheessa valittiin opinnäytetyön aihe ja mietittiin alustavasti, kuinka sitä rajataan. Toimeksiantaja tuki aiheen valintaa ja sen rajausta, josta päästiin jatkamaan opinnäytetyön suunnitelmavaiheeseen.

Suunnitelmavaihe kesti lokakuusta 2020 helmikuuhun 2021.

Suunnitelmavaihe oli opinnäytetyön raskain ja aikaa vievin vaihe. Aihe oli molemmille opinnäytetyön tekijöille uusi eikä aikaisempaa tietopohjaa ollut. Koulutuksessa käytiin läpi fysikaalisia hoitomuotoja, mutta punavallo ja lähi-infrapunavallo eivät kuuluneet niihin. Suunnitelmavaiheessa ryhdyttiin

kartoittamaan aiempaa tutkimustietoa aiheesta ja rakentamaan teoreettista viitekehystä. Tutkimustietoa löytyi paljon, mutta aiheesta löytyi myös paljon ristiriitaista tietoa sekä eriäviä tutkijoiden näkökulmia. Fotobiomodulaation vaikutusmekanismeja ihmiskehossa ja soluissa ei vielä tarkalleen osata määrittellä, joten tieto aiheesta on paljolti olettamusten varassa.

Suunnitelmavaiheessa tehtiin lopullinen aiheen rajausta tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloihin sekä muotoiltiin tutkimuskysymykset.

Toteutusvaihe aloitettiin maaliskuussa 2021 ja päätettiin huhtikuussa 2021. Toteutusvaiheessa kerättiin tutkimukset kirjallisuuskatsausta varten ja sitten ne analysoitiin ja arvioitiin. Toteutusvaihe eteni suunnitelmavaihetta vaivattomammin. Tutkimusten kerääminen osoittautui haastavaksi, sillä tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloja on olemassa paljon ja täytyi osata valita mihin tiloihin tutkimuksia etsitään. Valitsimme kirjallisuuskatsaukseen mahdollisimman erilaisia tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloja, joita esiintyy yleisesti myös fysioterapian vastaanotolla. Pyrimme valitsemaan kiputiloja, joiden kesto, luonne ja sijainti kehossa eroavaisivat toisistaan. Toteutusvaiheen jälkeen opinnäytetyö viimeisteltiin huhtikuun ja toukokuun 2021 aikana.

Opinnäytetyön prosessin aikana opimme valtavasti punavalon ja lähi-infrapunavalon vaikutusmekanismeista ihmiskehossa sekä niiden käytön mahdollisuuksista tuki- ja liikuntaelimistön kiputiloissa, urheilussa, haavojen hoidossa sekä useissa neurologisissa sairauksissa. Oli yllättävää huomata, kuinka paljon tutkimusaineistoa on hakukoneista saatavilla sekä kuinka paljon tutkimuksia on parhaillaan tekeillä, vaikka itse matalatehoinen laserhoito on saanut alkunsa jo 1960-luvulla.

Kehityimme opinnäytetyön aikana itse kirjallisuuskatsauksen tekemisessä. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaus oli tähän mennessä suurin katsaus, jonka olemme tehneet. Huomasimme, kuinka työlästä kirjallisuuskatsauksen tekeminen alusta asti kaikkine vaiheineen on. Pystyisimme jatkossa tekemään kirjallisuuskatsauksen sujuvammin ja varmemmin. Opinnäytetyön ohjaajilta saatu tuki oli todella tärkeä tekijä opinnäytetyöprosessissa ja sen etenemisessä.

LÄHTEET

Abramovitch-Gottlib, L., Gross, T., Naveh, D., Geresh, S., Rosenwaks, S., Bar, I. & Vago, R. 2005. Low level laser irradiation stimulates osteogenic phenotype of mesenchymal stem cells seeded on a three-dimensional biomatrix. *Lasers in medical sciences* 20(3-4), 138—46. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.eng.biu.ac.il/navador/files/2017/06/Low-level-laser-irradiation-stimulates-osteogenic-phenotype-of-mesenchymal-stem-cells-seeded-on-a-three-dimensional-biomatrix.pdf> [viitattu 25.4.2021].

Adenosiinitrifosfaatti. 2020. Duodecim. Lääketieteen sanasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ltt00020 [viitattu 28.11.2020].

Ahmed, O.F., Elkarbotly, A.M., Taha, N. & Bekheet, A.B. 2017. Treatment of mild to moderate carpal tunnel syndrome in patients with diabetic neuropathy using low level laser therapy versus ultrasound controlled comparative study. *BBA clinical* 20(8), 43—47. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28856107/> [viitattu 18.11.2020].

Airola, K. 2020. Ultraviolettisäteily (UV) ja sen vaikutus ihoon. Lääkärikirja Duodecim. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00682 [viitattu: 2.11.2020].

Alpaturker, K.A., Cerrahoglu, A.B.L. & Orguc, I.S. 2020. Evaluation Effects of Laser Therapy and Extracorporeal Shock Wave Therapy with Clinical Parameters and Magnetic Resonance Imaging for Treatment of Plantar Fasciitis in Patients with Spondyloarthritis: A Randomized Controlled Trial. *International journal of rheumatology*. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].

Antila, E. 1994. Vapaiden radikaalien ja antioksidanttien merkitys solunpuolustus järjestelmässä. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 110(17), 1611. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo40364> [viitattu 28.11.2020].

Antunes, H.S., Herchenhorn, D., Small, I.A., Araújo, C.M.M., Viégas, C.M.P., de Assis Ramos, G., Dias, F.L. & Ferreira, C.G. 2017. Long-term survival of a randomized phase III trial of head and neck cancer patients receiving concurrent chemoradiation therapy with or without low-level laser therapy (LLLT) to prevent oral mucositis. *Oral oncology* 71, 11—15. Verkkolehti. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 9.12.2020].

Arokoski, J., Mikkelsen, M., Pohjolainen, T. & Viikari-Juntura, E. 2015. Fysiatria. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 18.12.2020].

Ash, C., Dupee, M., Donne, K. & Bashford, T. 2017. Effect of wavelength and beam width on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers in medical sciences* 32(8), 1909—1918. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28900751/> [viitattu 22.2.2021].

- Baktir, S., Ozdincler, A.R., Mutlu, E.K. & Bilsel, K. 2019. The short-term effectiveness of low-level laser, phonophoresis, and iontophoresis in patients with lateral epicondylitis. *Journal of hand therapy* 32(4), 417–425. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 30.3.2021].
- Barbosa, R. I., de Cássia Registro Fonseca, M., da Silva Rodrigues, E. K., Tamarinini, G., Marcolino, A. M., Mazzer, N., de Jesus Guirro, R. R., & Dermid, J. M. 2016. Efficacy of low-level laser therapy associated to orthoses for patients with carpal tunnel syndrome: A randomized single-blinded controlled trial. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation* 29(3), 459–466. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 30.3.2021].
- Barolet, D., Hamblin, M.R. & Christiaens, F.J. 2015. Infrared and skin: friend or foe. *Journal of photochemistry and photobiology* 155(2016), 78–85. Verkkolehti. Saatavissa: [Infrared and skin: Friend or foe - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) [viitattu 13.12.2020].
- Biohakkerin verkkokauppa. s.a. Laitteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Laitteet – Biohakkerin verkkokauppa \(biohakkerikauppa.com\)](http://laitteet-biohakkerin-verkkokauppa.biohakkerikauppa.com) [viitattu 14.12.2020].
- Buzzá, H.H., Zangirolami, A.C., Kurachi, C. & Bagnato, V.S. 2018. Photostimulation effects on chicken egg development: perspectives on human newborn treatment. *Journal of biophotonics* 11(2), 1–6. Verkkolehti. Saatavissa: <https://scholar.google.com/scholar> [viitattu 13.12.2020].
- cAMP. 2020. Duodecim. Lääketieteen sanasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ltt00456&p_hakusana=cAMP [viitattu 28.11.2020]
- Chan, A.S., Lee, T.L., Yeung, M.K. & Hamblin, M.R. 2019. Photobiomodulation improves the frontal cognitive function of older adults. *International journal of geriatric psychiatry* 34(2), 369–377. Verkkolehti. Saatavissa: [Photobiomodulation improves the frontal cognitive function of older adults - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) [viitattu 2.12.2020].
- Chung, H., Dai, T., Sharma, S.K., Huang, Y.Y., Carroll, J.D. & Hamblin, M.R. 2012. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Annals of Biomedical Engineering* 40(2), 516–533. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22045511/> [viitattu 28.11.2020].
- Doğan, S.K., Ay, S. & Evcik, D. 2017. The effects of two different low level laser therapies in the treatment of patients with chronic low back pain: A double-blinded randomized clinical trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 30(2), 235–240. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27472858/> [viitattu 30.3.2021].
- Dompe, C., Moncrieff, L., Matys, J., Grzech-Leśniak, K., Kocherova, I., Bryja, A., Bruska, M., Dominiak, M., Mozdziak, P., Skiba, T.H.I., Shibli, J.A., Volponi, A.A., Kempisty, B., Dyszkiewicz-Konwińska, M. 2020. Photobiomodulation- Underlying Mechanism and Clinical Applications. *Journal of clinical medicine*

9(6), 1724. Verkkolehti. Saatavissa: [Photobiomodulation-Underlying Mechanism and Clinical Applications - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 2.12.2020].

Eskelinen, S. 2016. Kreatiinikinaasi (P-CK). Duodecim. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Kreatiinikinaasi \(P-CK\) \(terveyskirjasto.fi\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Farivar, S., Malekshahabi, T. & Shiari, R. 2014. Biological effects of low level laser therapy. *Journal of lasers in medical sciences* 5(2), 58-62. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4291815/> [viitattu 28.11.2020].

Fernandes, G.A., Lima, A.C., Gonzaga, I.C., de Barros Araújo, R.JR., de Oliveira, R.A. & Nicolau, R.A. 2016. Low-intensity laser (660 nm) on sternotomy healing in patients who underwent coronary artery bypass graft: a randomized, double-blind study. *Lasers of medical science* 31(9), 1907—1913. Verkkolehti. Saatavissa: [Low-intensity laser \(660 nm\) on sternotomy healing in patients who underwent coronary artery bypass graft: a randomized, double-blind study - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Ferraresi, C., Bertucci, D., Schiavinto, J., Reiff, R., Araújo, A., Panepucci, R., Matheucci, E., Cunha, A.F., Arakelian, V.M., Hamblin, M.R., Parizotto, N. & Bagnato, V. 2016. Effects of light-emitting diode therapy muscle hypertrophy, gene expression, performance, damage, and delayed-onset muscle soreness: case-control study with a pair of identical twins. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 95(10), 746—57. Verkkolehti. Saatavissa: [Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Ferraresi, C., Huang, Y.Y. & Hamblin, M.R. 2016. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *Journal of biophotonics* 9(11-12), 1273—1299. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5167494/> [viitattu 1.12.2020].

Ferraresi, C., Hamblin, M.R. & Parizotto, N.A. 2012. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: Performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics & Lasers in medicine* 1(4), 267—286. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3635110/> [viitattu 1.12.2020].

de Freitas, L.F. & Hamblin, M.R. 2016. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. *IEEE Journal Of Selected Topics In Quantum Electronics* 22(3). Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28070154/> [viitattu 4.11.2020].

Fysios. s.a. Fysikaalinen hoito. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Fysikaalinen hoito osana fysioterapiaa - Fysios](#) [viitattu 14.12.2020].

Gáspár, L. 2009. Professor Endre Mester, the Father of Photobiomodulation. *Journal of laser dentistry* 17(3), 146—148. Verkkolehti. Saatavissa: <https://laserpaintherapy.com.au/wp-content/uploads/2017/10/Prof-Endre-Mester-Father-of-PBM.pdf> [viitattu 2.11.2020].

Geneva, I.I. 2016. Photobiomodulation for the treatment of retinal diseases: a review. *International journal of ophthalmology* 9(1), 145—52. Verkkolehti. Saatavissa: [Photobiomodulation for the treatment of retinal diseases: a review - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 9.12.2020].

Germano Maciel, D., Trajano da Silva, M., Antônio Rodrigues, J., Batista Viana Neto, J., Martins de França, I., Beatriz Medeiros Melo, A., Yves Pereira Barros da Silva T. & Héricksen de Brito Vieira, W. 2018. Low-level laser therapy combined to functional exercise on treatment of fibromyalgia: a double-blind randomized clinical trial. *Lasers in medical science* 33(9), 1949—1959. Verkkolehti. Saatavissa: <https://scholar.google.com/scholar> [viitattu 18.11.2020].

Haanpää, M. 2010. Krooninen kipu. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 126(24), 2873—6. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo99247> [viitattu 24.2.2021]

Hamblin, M.R. 2008. Mechanisms of low level light therapy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://photobiology.info/Hamblin.html> [viitattu 28.11.2020].

Hamblin, M.R. 2016. Photobiomodulation or low-level laser therapy. *Journal of biophotonics* 9(11-12), 1122—1124. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27973730/> [viitattu 23.1.2021].

Hamblin, M.R. 2017. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS biophysics* 4(3), 337—361. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28748217/> [viitattu 28.11.2020].

Hamblin, M.R., Huang, Y.Y. & Heiskanen, V. 2019. Non-mammalian hosts and Photobiomodulation: do all life-forms respond to light?. *Photochemistry and photobiology* 95(1), 126—139. Verkkolehti. Saatavissa: [Non-mammalian Hosts and Photobiomodulation: Do All Life-forms Respond to Light? - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 13.12.2020].

Hartmut, Z. 2017. Medical physics/radiology, lasers, nanoparticles and prosthetics. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 24.2.2021].

Heiskanen V. & Partonen, T. 2016. Punainen valo ja lähi-infrapuna sairaustilojen hoidossa. *Erikoislääkäri* 26(2), 49—52. Verkkolehti. Saatavissa: https://drive.google.com/file/d/0B1ming8_i64HZE1PWW1SdEM4ekE/view [viitattu 2.11.2020].

Heiskanen, V. & Pirinen, E. 2020. Mitokondrioiden toimintahäiriö aineenvaihduntasairauksissa - tulevatko B3-vitamiinit aikanaan avuksi?. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 136(9), 1005—12. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo15558> [viitattu 24.2.2021].

Hochman, L. 2018. Photobiomodulation therapy in veterinary medicine: a review. *Topics in companion animal medicine* 33(3), 83—88. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/> [viitattu 13.12.2020].

Hopkins, J.T., McLoda, T.A., Seegmiller, J.G. & Baxter, G.D. 2004. Low-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: a triple-blind, sham-controlled study. *Journal of athletic training* 39(3), 223—229. Verkkolehti. Saatavissa: [Low-Level Laser Therapy Facilitates Superficial Wound Healing in Humans: A Triple-Blind, Sham-Controlled Study - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 4.12.2020].

Hosseinpour, S., Tunér, J. & Fekrazad, R. 2019. Photobiomodulation in oral surgery: a review. *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery* 37(12), 814—825. Verkkolehti. Saatavissa: [Photobiomodulation in Oral Surgery: A Review - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 13.12.2020].

Höfling, D.B., Chavantes, M.C., Buchpiguel, C.A., Cerri, G.G., Marui, S., Carneiro, P.C. & Chammas, M.C. 2018. Safety and efficacy of low-level laser therapy in autoimmune thyroiditis: long-term follow-up study. *International journal of endocrinology*. Verkkolehti. Saatavissa: [Safety and Efficacy of Low-Level Laser Therapy in Autoimmune Thyroiditis: Long-Term Follow-Up Study - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 9.12.2020].

International association for the study of pain. 2017. IASP Terminology. WWW-dokumentti. Saatavissa: [IASP Terminology - IASP \(iasp-pain.org\)](#) [viitattu 18.12.2020].

Innolux. s.a. Punavalohoito. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Punavalohoito – Innolux \(myshopify.com\)](#) [viitattu 14.12.2020].

Ivancic, B.T. & Ivancic T. 2014. Low-level laser therapy improves vision in patient with retinitis pigmentosa. *Photomedicine and laser surgery* 32(3), 181—4. Verkkolehti. Saatavissa: [Low-level laser therapy improves vision in a patient with retinitis pigmentosa - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 9.12.2020].

Izukura, H., Miyagi, M., Harada, T., Ohshiro, T. & Ebihara, S. 2017. Low level laser therapy in patients with chronic foot and ankle joint pain. *Laser therapy* 26(1), 19—24. Verkkolehti. Saatavissa: [Low Level Laser Therapy in patients with chronic foot and ankle joint pain - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Jan, F., Naeem, A., Malik, A.N., Amjad, I. & Malik, T. 2017. Comparison of low level laser therapy and interferential current on post stroke shoulder pain. *The journal of the Pakistan medical association* 67(5), 788-789. Verkkolehti. Saatavissa: [Comparison of low level laser therapy and interferential current on post stroke shoulder pain - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Julkunen, H. 2019. Nivelkipu ja nivel tulehdus. Duodecim. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00796> [viitattu 16.5.2021].

Kajagar, B.M., Godhi, A.S., Pandit, A. & Khatri, S. 2012. Efficacy of Low Level Laser Therapy on Wound Healing in Patients with Chronic Diabetic Foot Ulcers—A Randomised Control Trial. *The Indian journal of surgery* 74(5), 359—63. Verkkolehti. Saatavissa: [Efficacy of low level laser therapy on wound healing in patients with chronic diabetic foot ulcers-a randomised control trial - PubMed \(nih.gov\)](#) [viitattu 6.12.2020].

Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S-M., Pietilä, A-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25(4), 291—301. Verkkolehti. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 25.1.2021].

Kannan, P. 2012. Management of myofascial pain of upper trapezius: a three group comparison study. *Global journal of health science* 4(5), 46—52. Verkkolehti. Saatavissa: [Management of myofascial pain of upper trapezius: a three group comparison study - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22111111/) [viitattu 6.12.2020].

Kazemikhoo, N., Vaghardoost, R., Dahmardehei, M., Mokmeli, S., Momeni, M., Nilforoushzadeh, M.A., Ansari, F., Razagi, M.R., Razagi, Z., Amirkhani, M.A. & Masjedi, M.R. Evaluation of the Effects of Low Level Laser Therapy on the Healing Process After Skin Graft Surgery in Burned Patients (A Randomized Clinical Trial). *Journal of lasers in medical sciences* 9(2), 139—143. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30026900/> [viitattu 19.1.2021].

Kemppainen, K. 2015. Complementation of cytochrome c oxidase deficiency by transgenic expression of the alternative oxidase in drosophila. Tampereen yliopisto. Väitöskirja. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/97076> [viitattu 4.12.2020].

Kholoosy, L., Elyaspour, D., Akhgari, M.R., Razzaghi, Z., Khodamardi, Z. & Bayat, M. 2020. Evaluation of the Therapeutic Effect of Low Level Laser in Controlling Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Journal of lasers in medical sciences* 11(2), 120—125. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32273951/> [viitattu 17.11.2020].

Kipu. Käypä hoito -suoritus 2017. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Yleislääketieteen yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavissa: [Kipu \(kaypahoito.fi\)](https://www.kaypahoito.fi/) [viitattu 18.12.2020].

Leal Junior, E.C., Lopes-Martins, R.A., Baroni, B.M., De Marchi, T., Taufer, D., Manfro, D.S., Rech, M., Danna, V., Grosselli, D., Generosi, R.A., Marcos, R.L., Ramos, L. & Bjordal, J.M. 2009. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers in medical science* 24(6), 857—63. Verkkolehti. Saatavissa: <https://thechillspotokc.com/wp-content/uploads/2018/01/High-intensity-exercises-and-muscle-recovery.pdf> [viitattu 6.12.2020].

Led Finland. s.a. Kasvivalaisimet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Led Finland | Kasvivalaisimet kotiin ja kasvihuoneisiin Led kasvivalo Led kasvivalaisin Led grow light](https://www.ledfinland.fi/) [viitattu 13.12.2020].

Liao, F.Y., Lin, C.F., Lo, S.F., Liao, W.Y. & Chou, L.W. 2020. Efficacy of Acupoints Dual-Frequency Low-Level Laser Therapy on Knee Osteoarthritis. *Evidence-based complementary and alternative medicine*. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].

Luomajoki, H., Koho, P., Ojala, T., Röning, T., Takala, J., Tarnanen, S., Holopainen, R., Mikkonen, J., Ekström, K. & Kouri, J.P. 2020. Ammattilaisen kipukirja. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Lääkärilehti. 2018. Miksi kipu pitkittyy ja voiko sitä ehkäistä?. Verkkolehti. Saatavissa: [Lääkärilehti - Miksi kipu pitkittyy ja voiko sitä ehkäistä? \(laakarilehti.fi\)](https://www.laakarilehti.fi/) [viitattu 18.12.2020].

Maiello, M., Losiewicz, O.M., Bui, E., Spera, V., Hamblin, M.R., Marques, L. & Cassano, P. 2019. Transcranial photobiomodulation with near-infrared light for generalized anxiety disorder: a pilot study. *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery* 37(10), 644—650. Verkkolehti. Saatavissa: [Transcranial Photobiomodulation with Near-Infrared Light for Generalized Anxiety Disorder: A Pilot Study \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32513018/) [viitattu 2.12.2020].

Maksimovich, I.V. 2015. Dementia and cognitive impairment reduction after laser transcatheter treatment of Alzheimer's disease. *World journal of neuroscience* 5, 189—203. Verkkolehti. Saatavissa: [PDF\) Dementia and Cognitive Impairment Reduction after Laser Transcatheter Treatment of Alzheimer's Disease \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/275211117) [viitattu 2.12.2020].

Naeser, M.A., Zafonte, R., Krengel, M.H., Martin, P.I., Frazier, J., Hamblin, M.R., Knight, J.A., Meehan III, W.P. & Baker, E.H. 2014. Significant improvements in cognitive performance post-transcranial, red/near-infrared light-emitting diode treatments in chronic, mild traumatic brain injury: open-protocol study. *Journal of neurotrauma* 31(11), 1008—1017. Verkkolehti. Saatavissa: [Significant Improvements in Cognitive Performance Post-Transcranial, Red/Near-Infrared Light-Emitting Diode Treatments in Chronic, Mild Traumatic Brain Injury: Open-Protocol Study \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25311111/) [viitattu 2.12.2020].

Naruseviciute, D. & Kubilius, R. 2020. The effect of highintensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: randomized participant blind controlled trial. *Clinical rehabilitation* 34(8), 1072—1082. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32513018/> [viitattu 17.11.2020].

Navrativ, L. & Kyplova, J. 2002. Contraindications in noninvasive laser therapy: truth and fiction. *Journal of clinical laser medicine and surgery* 20(6), 341—3. Verkkolehti. Saatavissa: [Contraindications in noninvasive laser therapy: truth and fiction - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12081111/) [viitattu 9.12.2020].

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S.E. 2016. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18.-20. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Pesonen, E. 2006. Typpioksidin merkitys verenkierron patofysiologiassa. *Finnanest* 39(2), 124—126. Verkkolehti. Saatavissa: http://www.finnanest.fi/files/a_pesonen.pdf [viitattu 28.11.2020].

Pihko, H., Suomalainen, A., Somer, H., Haltia, M. & Majander, A. 1992. Mitokondriotaudit. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 108(6), 578—. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo20114> [viitattu 24.2.2021].

Pocai, B.L., Provensi, É., Serighelli, F., Rigo, G., Artioli, D.P., de Albuquerque, C.E. & Bertolini, G.R.F. 2021. Effect of photobiomodulation in the patellofemoral pain syndrome; randomized clinical trial in young women. *Journal of bodywork and movement therapies* 26(2021), 263—267. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].

Polgren, A. 2004. Lupaava, pulmallinen kantasolu. *Tiede* 2001/6. E-artikkeli. Saatavissa: https://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/lupaava_pulmallinen_kantasolu [viitattu 24.2.2021]

Poursalehan, S., Nesioonpour, S., Akhondzadeh, R. & Mokmeli, S. 2018. The effect of low-level laser on postoperative pain after elective cesarean section. *Anesthesiology and pain medicine* 8(6), e84195. Verkkolehti. Saatavissa: [The Effect of Low-Level Laser on Postoperative Pain After Elective Cesarean Section - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31183484/) [viitattu 6.12.2020].

Roche, G.C., Murphy, D.J., Berry, T.S. & Shanks, S. 2016. Low-level laser therapy for the treatment of chronic neck and shoulder pain. *Functional neurology, rehabilitation and ergonomics* 6(2), 97—104. Verkkolehti. Saatavissa: [https://vtlaserchiro.com/wp-content/uploads/2018/12/Roche_Low-Level-Laser-Therapy-for-the-Treatment-of-Chronic-Neck-and-Shoulder-Pain FNRE_09_16.pdf](https://vtlaserchiro.com/wp-content/uploads/2018/12/Roche_Low-Level-Laser-Therapy-for-the-Treatment-of-Chronic-Neck-and-Shoulder-Pain_FNRE_09_16.pdf) [viitattu 18.11.2020].

Salehpour, F., Mahmoudi, J., Kamari, F., Sadigh-Eteghad, S., Rasta, S.H. & Hamblin, M.R. 2018. Brain Photobiomodulation Therapy: a Narrative Review. *Molecular neurobiology* 55(8), 6601—6636. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29327206/> [viitattu 3.11.2020].

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus?. Vaasan yliopiston julkaisuja. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Microsoft Word - Opetusjulk. 62, lopull. \(univaasa.fi\)](https://univaasa.fi) [viitattu 20.12.2020].

Selkäliitto ry. s.a. Aikuisen niskakipu ja niskasairaudet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://selkakanava.fi/aikuisen-niskakipu-ja-niskasairaudet> [viitattu 16.5.2021].

Selkäliitto ry. s.a. Selkäsairauksia ja selkävun syytä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://selkakanava.fi/selkasairauksia-ja-selkavun-syita> [viitattu 16.5.2021].

Serrage, H., Heiskanen, V., Palin, W.M., Cooper, P.R., Milward, M.R., Hadis, M. & Hamblin, M.R. 2019. Under the spotlight: mechanisms of photobiomodulation concentrating on blue and green light. *Photochemical Photobiological Science* 18(8), 1877—1909. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31183484/> [viitattu 2.11.2020].

Shahmoridi, D., Shafiei, S.A. & Yousefian, B. 2020. The Effectiveness of the Polarized Low-Level Laser in the Treatment of Patients With Myofascial Trigger Points in the Trapezius Muscles. *Journal of Lasers in Medical Sciences* 11(1), 14—19. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32099622/> [viitattu 30.3.2021].

Smith, KC. s.a. What is photobiology?. Stanford University School of Medicine. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://photobiology.info/introduction.html> [viitattu 2.11.2020].

Suomen lääketieteellinen laseryhdistys. 2016. SLLY. WWW-dokumentti. Saatavissa: [SLLY \(medlaser.fi\)](http://medlaser.fi) [viitattu 14.12.2020].

Stergioulas, A. 2007. Effects of low-level laser and plyometric exercises in the treatment of lateral epicondylitis. *Photomedicine and laser surgery* 25(3), 205—13. Verkkolehti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/Effects_of_Low-Level_Laser_and_Plyometric_Exercises_in_the_Treatment_of_Lateral_Epicondylitis/ [viitattu 7.12.2020].

Takenori, A., Ikuhiro, M., Shogo, U., Hiroe, K., Juni, S., Yasutaka, T., Hiroya, K. & Miki, N. 2016. Immediate pain relief effect of low level laser therapy for sports injuries: Randomized, double-blind placebo clinical trial. *Journal of science and medicine in sport* 19(2), 980—983. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 20.3.2021].

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. PDF-dokumentti. Saatavissa: [HTK ohje 2012.pdf \(tenk.fi\)](http://htk.ohje.2012.pdf(tenk.fi)) [viitattu 29.12.2020].

Terveyskylä. 2017. Akuutti eli äkillinen kipu. WWW-dokumentti. Saatavissa: [Akuutti eli äkillinen kipu | Kivunhallintatalo.fi | Terveyskylä.fi \(terveyskyla.fi\)](http://akuutti.eli.akillinen.kipu|kivunhallintatalo.fi|terveyskyla.fi(terveyskyla.fi)) [viitattu 18.12.2020].

Theralux. 2020. Tuotteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [THERALUX DT | Theralux](http://theralux.com/theralux-dt) [viitattu 14.12.2020].

Tomazoni, S.S., Machado, C.D.S.M., De Marchi, T., Casalechi, H.L., Bjordal, J.M., de Carvalho, P.T.C. & Leal-Junior, E.C.P. 2019. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. *Oxidative medicine and cellular longevity* 16;2019, 6239058. Verkkolehti. Saatavissa: [Infrared Low-Level Laser Therapy \(Photobiomodulation Therapy\) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial - PubMed \(nih.gov\)](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31811111/) [viitattu 6.12.2020].

Tuki- ja liikuntaelinliitto ry. 2021. Tuki- ja liikuntaelinten(TULE) ongelmat. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://suomentule.fi/tule-terveys/tule-terveyteen-vaikuttavat-tekijat/tule-oireet/> [viitattu 16.5.2021].

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. E-kirja. Helsinki: kustannusosakeyhtiö Tammi. Saatavissa: [https://kaakkuri.finna.fi/](http://kaakkuri.finna.fi/) [viitattu 22.12.2020].

Typpioksidit. 2020. Duodecim. Lääketieteen sanasto. WWW-dokumentti. Saatavissa:

https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ltt03571&p_hakusana=typpioksidit [viitattu 28.11.2020].

World Association of Laser Therapy. 2010. Dosage recommendations. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://waltza.co.za/documentation-links/recommendations/dosage-recommendations/> [viitattu 19.4.2021].

World Association of Laser Therapy. 2004. Scientific recommendations. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://waltza.co.za/documentation-links/recommendations/scientific-recommendations/> [viitattu 19.4.2021].

Youssef, E.F., Muaidi, Q.I. & Shanb, A.A. 2016. Effect of Laser Therapy on Chronic Osteoarthritis of the Knee in Older Subjects. *Journal of lasers in medical sciences* 7(2), 112—9. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27330707/> [viitattu 17.11.2020].

Zein, R., Selting, W. & Hamblin, M.R. 2018. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *Journal of biomedical optics* 23(12), 120901. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-23/issue-12/120901/Review-of-light-parameters-and-photobiomodulation-efficacy--dive-into/10.1117/1.JBO.23.12.120901.full?SSO=1> [viitattu 23.1.2021].

Zhang, F., Zhang, L., Qi, Y. & Xu, H. 2016. Mitochondrial cAMP signaling. *Cellular and molecular life science: CMLS* 73(24), 4577—4590. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27233501/> [viitattu 28.11.2020].

Zhang, Q., Fang, J., Chen, L., Wu, J., Ni, J., Liu, F. & Sun, J. 2020. Different kinds of acupuncture treatments for knee osteoarthritis: a multicentre, randomized controlled trial. *Trials* 21(1), 1—10. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32171318/> [viitattu 20.3.2021].

Liite 1. Tiedonhaussa käytetyt tietokannat ja hakusanat

Tietokannat	Hakusanat, hakulausekkeet	Osumat (lukumäärä)	Tiivistelmien perusteella valitut	Valitut (lukumäärä)
Kaakkuri	(photobiomodulation OR "low-level laser")	2 030		
	AND "low back pain".	77	6	0
	AND "knee pain".	171	7	2
	AND "carpal tunnel syndrome".	43	5	1
	AND "lateral epicondylitis".	21	4	1
	AND "sports injuries".	13	1	1
	AND "plantar fasciitis".	20	4	1
	AND "shoulder pain".	37	3	0
	AND "neck pain".	62	2	0
	AND "joint pain".	42	2	0
Pubmed	(photobiomodulation OR "low-level laser")	775		
	AND "low back pain".	17	6	1
	AND "knee osteoarthritis".	14	1	0
	AND "carpal tunnel syndrome".	8	4	0
	AND "lateral epicondylitis".	2	1	0
	AND "sports injuries".	0	0	0
	AND "plantar fasciitis".	5	3	0
	AND "shoulder pain".	3	2	0
	AND neck pain	16	3	1
	AND "joint pain".	1	1	1
Google Scholar	(photobiomodulation OR "low-level laser")	17 800		
	AND "low back pain".	1470	0	0
	AND "knee osteoarthritis".	1230	0	0
	AND "carpal tunnel syndrome".	708	0	0
	AND "lateral epicondylitis".	472	0	0
	AND "sports injuries".	301	0	0
	AND "plantar fasciitis".	382	0	0
	AND "shoulder pain".	723	0	0
	AND "neck pain".	1 150	1	1

Liite 2. Kirjallisuuskatsaustaulukko

Tutkimukset bibliografiset tiedot (Xamkin ohje lähdeluettelosta)	Tutkimusko hde ja tutkimuskys ymykset	otoskok o/osalli stujat (n=) ja menetel mät	Keskeiset tulokset tiivisti	Oma kiinnostus hyöty omaan opinnäytet yöhön
Takenori, A., Ikuhiro, M., Shogo, U., Hiroe, K., Juni, S., Yasutaka, T., Hiroya, K. & Miki, N. 2016. Immediate pain relief effect of low level laser therapy for sports injuries: Randomized, double-blind placebo clinical trial. <i>Journal of science and medicine in sport</i> 19(2), 980—983. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaak-kuri.finna.fi [viitattu 20.3.2021].	Tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää matalatehoisen laserin välittömiä vaikutuksia kivun lievitykseen urheiluvammoissa.	Tutkimuksessa oli 32 yliopiston urheilijaa, jotka jaettiin testi- ja plaseboryhmisiin.	Matalateholaseri oli tehokas 75% testiryhmäläisistä, kun taas plasebor ryhmässä se oli tehoton.	Tutkimus osoittaa, että matalateholaseria voidaan käyttää urheiluvammojen hoitoon.
Liao, F.Y., Lin, C.F., Lo, S.F., Liao, W.Y. & Chou, L.W. 2020. Efficacy of Acupoints Dual-Frequency Low-Level Laser Therapy on Knee Osteoarthritis. <i>Evidence-based complementary and alternative medicine</i> . Verkkolehti. Saatavissa: www.kaak-kuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].	Tutkimuksen tarkoitus oli tutkia kaksitaajuisten matalatehoisen laserin vaikuttavuutta polven nivelrikosta kärsivien kipuun.	Tutkimuksessa oli 30 osallistujaa, jotka jaettiin laser- ja plaseboryhmisiin.	Laseryhmässäkipu, kipukynnys sekä nivelrikon vakavuus asteikko parantuivat merkittävästi plaseboryhmään verrattuna.	Kaksitaajuinen matalatehoisen laserin polven akupisteisiin annettuna lieventää kipua polven nivelrikossa.
Pocai, B.L., Provensi, É., Serighelli, F., Rigo, G., Artigli, D.P., de Albuquerque, C.E. & Bertolini, G.R.F. 2021. Effect of photobiomodulation in the patellofemoral pain syndrome; randomized clinical trial in young women. <i>Journal of bodywork and movement therapies</i> 26(2021), 263—267. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaak-kuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].	Tutkimuksen tarkoituksena oli analysoida lasereilla ja ledeillä toteutetun fotobiomodulaation vaikutuksia patellofemoraaliseen kipuoireyhtymään.	Tutkimukseen osallistui 30 nuorta naista, jotka jaettiin fotobiomodulaatio- ja kontrolliryhmään.	Fotobiomodulaatio vähensi kipua merkittävästi vain hypyn laskeutumisvaiheessa. Fotobiomodulaatiolla oli myönteisiä vaikutuksia toimintakyvyn kyselylomakkeista saatuihin tuloksiin.	Fotobiomodulaatiolla on pieniä vaikutuksia kivun lieventymiseen patellofemoraaalisessa kipuoireyhtymässä.

<p>Izukura, H., Miyagi, M., Harada, T., Ohshiro, T. & Ebihara, S. 2017. Low level laser therapy in patients with chronic foot and ankle joint pain. <i>Laser therapy</i> 26(1), 19—24. Verkkolehti. Saatavissa: Low Level Laser Therapy in patients with chronic foot and ankle joint pain - PubMed (nih.gov) [viitattu 29.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia LLLT:n vaikutuksia jalan ja nilkan kroonistuneeseen nivelkipuun.</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 17 henkilöä viiden vuoden sisällä, jotka saivat LLLT:tä jalan alueelle kahdesti viikossa neljän viikon ajan.</p>	<p>Hoidon jälkeen oli huomattavissa merkittävä parannus kivun tuntemisessa, mutta nilkanivelen liikkuvuudessa ei havaittu eroa.</p>	<p>Tutkimus osoitti, että LLLT vaikuttaa myös krooniseen kipuun positiivisesti.</p>
<p>Alpturker, K.A., Cerrahoglu, A.B.L. & Orguc, I.S. 2020. Evaluation Effects of Laser Therapy and Extracorporeal Shock Wave Therapy with Clinical Parameters and Magnetic Resonance Imaging for Treatment of Plantar Fasciitis in Patients with Spondyloarthritis: A Randomized Controlled Trial. <i>International journal of rheumatology</i>. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 29.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata ja määrittää LLLT:n ja Shockwave paineaaltohoidon (ESWT) anti-inflammaattorisia kipua lievittäviä vaikutuksia spondyloartriitista kärsivien plantaarfaskiittiin.</p>	<p>Tutkimuksessa oli 40 osallistujaa, jotka jaettiin laser- ja shockwaveryhmiin.</p>	<p>Molemmissa ryhmissä tulokset olivat merkittäviä ja kipu lieventyi ja plantaari faskia oheni. Laserryhmässä harjoittelun aikainen kipu lieventyi enemmän kuin ESWT -ryhmässä.</p>	<p>Matalatehoista laseria voidaan käyttää lievittämään kipua plantaarfaskiasta kärsivillä.</p>
<p>Shahimoridi, D., Shafiei, S.A. & Yousefian, B. 2020. The Effectiveness of the Polarized Low-Level Laser in the Treatment of Patients With Myofascial Trigger Points in the Trapezius Muscles. <i>Journal of Lasers in Medical Sciences</i> 11(1), 14—19. Verkkolehti. Saatavissa: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32099622/ [viitattu 30.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida polarisoidun matalatehoisen laserin kipua lievittäviä vaikutuksia epäkäslihaksien myofaskiaalisiin trigger pisteisiin ja verrata saatuja tuloksia polarisoimattomaan matalatehoiseen laseriin.</p>	<p>Tutkimuksessa oli 64 osallistujaa, joista jokaiselta hoidettiin keskimäärin 5 trigger pistettä. Osallistujat jaettiin kahteen eri laserryhmään.</p>	<p>Polarisoimattomalla matalatehoisella laserilla saavutettiin merkittävämpiä kivun lievitystä kuin polarisoidulla laserilla.</p>	<p>Matalatehoista laseria voidaan käyttää myofaskiaalisten trigger pisteiden hoidossa sillä se lievittää kipua ja edistää niskan normaalia liikkuvuutta.</p>

<p>Roche, G.C., Murphy, D.J., Berry, T.S. & Shanks, S. 2016. Low-Level Laser Therapy for the Treatment of Chronic Neck and Shoulder Pain. <i>Functional Neurology, Rehabilitation and Ergonomics</i> 6(2), 97—104. Verkkoletti. Saatavissa: https://vtlaserchiro.com/wp-content/uploads/2018/12/Roche_Low-Level-Laser-Therapy-for-the-Treatment-of-Chronic-Neck-and-Shoulder-Pain_FNRE_09_16.pdf [viitattu 1.4.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida matalatehoisen laserin välitöntä vaikuttavuutta kroonisen olkapään ja niskaa kivun hoidossa ja ylävartalon liikkuvuuden edistämiseksi.</p>	<p>Tutkimuksessa oli 86 osallistujaa, joilla oli kaularankatai lihasperäistä kroonistunutta kipua. Osallistujat jaettiin plasebo- ja laserryhmiin.</p>	<p>Kivun tuntemus sekä kaularangan lateraalifleksio ja olkapäiden abduktio paranivat laserryhmässä merkittävästi hoidon jälkeen ja tulokset säilyivät 24 tuntia.</p>	<p>Matalatehoisella laserilla voidaan lievittää kipua ja parantaa liikkuvuutta kaularanka-peräisessä ja lihasperäisessä niskan ja olkapäisen kroonisessa kivussa.</p>
<p>Doğan, S.K., Ay, S. & Evcik, D. 2017. The effects of two different low level laser therapies in the treatment of patients with chronic low back pain: A double-blinded randomized clinical trial. <i>Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation</i> 30(2), 235—240. Verkkoletti. Saatavissa: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27472858/ [viitattu 30.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata kahden eri matalatehoisen laserin vaikutusta kipuun, lannerangan liikkuvuuteen ja toiminnalliseen kapasiteettiin kroonisessa alaselkävivussa.</p>	<p>Tutkimuksessa oli 49 osallistujaa, jotka jaettiin kahteen eri laserryhmään. Toisessa ryhmässä oli käytössä Ga-Al-As laseri ja toisessa yhdistetty He-Ne ja Ga-Al-As laseri. Laserryhmät saivat laserhoidon lisäksi myös lämpöhoitoa.</p>	<p>Molemmissa ryhmissä saavutettiin positiivisia tuloksia kivun lievityksessä, liikkuvuudessa sekä toiminnallisessa statuksessa. Yhdistetty He-Ne ja Ga-Al-As laserilla saavutettiin tehokkaampi vaikutus liikkuvuuteen sekä toiminnalliseen kapasiteettiin.</p>	<p>Matalatehoisella laserilla voidaan vähentää kipua sekä lisätä liikkuvuutta ja toiminnallisuutta kroonisessa alaselkävivussa.</p>
<p>Baktir, S., Ozdincler, A.R., Mutlu, E.K. & Bilsel, K. 2019. The short-term effectiveness of low-level laser, phonophoresis, and iontophoresis in patients with lateral epicondylitis. <i>Journal of hand therapy</i> 32(4), 417—425. Verkkoletti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 30.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata matalatehoisen laserin, fonoforeesin (ultraäänen) ja iontoforeesihoidon vaikutuksia kipuun, toimintakykyyn ja puristusvoimaan lateraalissa epikondyliitisessä (tenniselänpää).</p>	<p>Tutkimuksessa oli 37 osallistujaa, jotka jaettiin kolmeen ryhmään hoitomuotojen mukaan.</p>	<p>Matalatehoisen laserin ja iontoforeesihoidon paransivat merkittävästi kaikkia VAS-parametrejä. Iontoforeesihoidon oli ultraääntä ja laseria tehokkaampi toimintakykyyn sekä puristusvoimaan.</p>	<p>Matalatehoisen laserin fonoforeesia ja iontoforeesia tehokkaampi lieventämään kipua lateraalissa epikondyliitisessä.</p>

<p>Barbosa, R. I., de Cássia Registro Fonseca, M., da Silva Rodrigues, E. K., Tamanini, G., Marcolino, A. M., Mazzer, N., de Jesus Guirro, R. R., & Dermid, J. M. 2016. Efficacy of low-level laser therapy associated to orthoses for patients with carpal tunnel syndrome: A randomized single-blinded controlled trial. <i>Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation</i> 29(3), 459–466. Verkkolehti. Saatavissa: www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 30.3.2021].</p>	<p>Tutkimuksessa oli tarkoituksena verrata ortoosin käytön ja potilaan neuvonnan sekä matalatehoisen laserin vaikuttavuutta rannekanavaoireyhtymään.</p>	<p>Tutkimuksessa oli 48 osallistujaa, jotka jaettiin ortoosi- sekä ortoosi- ja laserryhmiin.</p>	<p>Molemmissa ryhmissä havaittiin positiivisia tuloksia. Laser oli lyhytaikaisesti tehokas oireisiin ja toimintakykyyn.</p>	<p>Matalatehoista laseria voidaan hyödyntää lieventämään oireita ja kohentamaan toimintakykyä ortoosin kanssa lyhytaikaisesti rannekanavaoireyhtymässä.</p>
--	--	--	---	---

Liite 3. Tutkimuksissa käytetyt laserin parametrit

Tutkimus	Kiputila	Laserin parametrit	Käytetyt parametrit	Hoidettu alue	Tulokset
Alpturker ym. 2020	Plantaarifaskiitti	Aallonpituus	830 nm		Kipu lieventyi ja plantaari-faskian paksuus oheni
		Teho	50 mW		
		Taajuus	10 Hz		
		Energiatiheys	8 J/cm ²		
		Hoitokerrat	14		
Baktir ym. 2019	Lateraalinen epikondyyliti	Aallonpituus	904 nm	Lateraalinen	Kipu lieventyi ja paineensieto kasvoi
		Teho	50 Hz	epikondyyli ja neljä kipeintä pistettä ympärillä	
		Taajuus	0.12 mW		
		Hoitoaika	20 min		
		Hoitokerrat	5x/vko, 3 vkoa		
Barbosa ym. 2016	Rannekanava-oireyhtymä	Aallonpituus	660 nm	6 pistettä	Oireiden vakavuus ja toimintakyky paranivat
		Teho	30 mW	rannekanavan yläpuolella	
		Pulssi	Jatkuva		
		Energia	0.6 J / piste		
		Säteen koko	0.06 cm ²		
		Hoitoaika	20 s / piste		
		Hoitokerrat	2x/vko, 6 vkoa		
Doğan ym. 2017	Krooninen alaselkäkipu (Ryhmä 2)	Aallonpituus	650, 785 ja 980 nm	Paravertebraalikus (L4-L5 ja L5-S1)	Kipu lieventyi merkittävästi ja liikkuvuus ja toimintakyky parantuivat
		Teho	7, 50 ja 10 mW		
		Energiatiheys	3 J/cm ²		
		Laserin hoitopää	112 cm ²		
		Hoitoaika	20 min		
Izokura ym. 2017	Krooninen jalka- ja nilkkakipu	Aallonpituus	830 nm	Kaksi pistettä	Kipu lieventyi, mutta liikela-juuksissa ei havaittu muutoksia
		Teho	1 000 mW	jalan dorsaali puolella ja kaksi pistettä jalan mediaali puolella	
		Pulssi	Jatkuva		
		Laserin hoitopää	14 mm		
		Säteen koko	1.5 cm ²		
		Energiatiheys	20.1 J/cm ² / piste		
		Hoitoaika	30 s / piste		
Hoitokerrat	2x/vko, 4 vkoa				
Liao ym. 2020	Polven nivelrikko	Aallonpituudet	780 nm ja 830 nm	Polven aku-pisteet SP9, SP10 ja EX-LE2	Kipu liikkeessä ja levossa lieventyi, kipukyn- nys kasvoi ja vakavuus aste parantui
		Tehot	50 mW ja 30 mW		
		Energia	216 J		
		Pulssi	Jatkuva		
		Hoitoaika	15 min		
		Hoitokerrat	3x/vko, 4 vkoa		
Pocai ym. 2021	Polven patello-femoraalinen kipu-oireyhtymä	Aallonpituudet	590 nm ja 830 nm	Patellan mediaali ja lateraali puolelle	Kivun tuntemus väheni hypystä laskeutuessa ja kipukyselyissä parannusta
		Tehot	1500 mW ja 150 mW		
		Kokonaisenergia	8.4 J		
		Hoitoaika	1 min / puoli		
Roche ym. 2016	Krooninen olkapää- ja niskakipu	Aallonpituus	635 nm	6 pistettä	Kipu lieventyi ja liikkuvuus parantui
		Teho	1 mW	molemmin puolin	
		Hoitoaika	12 min	niska-/hartia-seutua	
		Hoitokerrat	1x		
Shahmoridi ym. 2019	Epäkäslihaksen myofaskiaalisten triggerpisteiden kipu	Aallonpituus	755 nm	Viisi kipeintä triggerpistettä	Kipu lieventyi merkittävästi, kireys ja arkuus vähenivät sekä liikkuvuus parantui
		Teho	160 mW		
		Energiatiheys	6 J/cm ²		
		Pulssi	Jatkuva		
		Hoitokerrat	5x/vko, 2 vkoa		
Takenori ym. 2016	Urheiluvammat	Aallonpituus	810 nm	Kipein kohta (kivuliaan liikkeen aikana)	Kipu lieventyi ja osallistajat kokivat laserin tehokkaaksi
		Teho	180 mW		
		Pulssi	Jatkuva		
		Energia	5.4 J / piste		
		Säteily	52.4 W/cm ²		
		Säteen koko	0.0035cm ²		
		Hoitoaika	10 min		
Hoitokerrat	1				