

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
FIZIOTERAPIJA, 1. STOPNJA**

Sara Vesel

**UČINKI OBSEVANJA Z NIZKO INTENZIVNIM
LASERJEM NA ZMOGLJIVOST MIŠIC SPODNJIH
UDOVI**

Pregled literature

**EFFECTS OF LOW-INTENSIVE LASER THERAPY
ON MUSCLE PERFORMANCE OF LOWER LIMB**

Literature review

Mentor: izr. prof. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.

Somentorica: asist. dr. Daša Weber, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.

Recenzentka: doc. dr. Renata Vauhnik, dipl. fiziot.

Ljubljana, 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju, izr. prof. dr. Alanu Kacinu, ter somentorici, asist. dr. Daši Weber, za predlog teme diplomskega dela, vso strokovno svetovanje ter razumevanje pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi svoji družini in fantu, ki so me pri mojem delu vztrajno podpirali in spodbujali. Hvala tudi vsem prijateljicam za podporo v času študija.

IZVLEČEK

Uvod: Obsevanje z laserjem ima pozitivne učinke na mišično tkivo z vidika regeneracije skeletnih mišic, aktivira satelitske celice skeletnih mišic, povečuje njihovo proliferacijo in zavira diferenciacijo, poveča mišični metabolizem, zmanjša koncentracijo laktata v krvi ter poveča presek mišičnih vlaken in gostoto mitohondrijev. Nekateri rezultati študij kažejo, da nizko intenzivni laser zmanjša možnost nastanka mišičnih poškodb in upočasni mišično utrudljivost. **Namen:** Namen diplomskega dela je na podlagi pregleda strokovne in znanstvene literature predstaviti učinke obsevanja z nizko intenzivnim laserjem na zmogljivost mišic spodnjih udov. **Metode dela:** Literatura je bila pridobljena s pomočjo naslednjih podatkovnih zbirk: PubMed, PEDro in Springer Link. V pregled literature so bile vključene v celoti dostopne raziskave v angleškem jeziku v obdobju zadnjih 10 let, kjer so sodelovali zdravi preiskovanci. **Rezultati:** V pregled literature je bilo vključenih osem randomiziranih kontrolnih raziskav. V šestih raziskavah so ugotavljali učinke laserske terapije nizke intenzitete v kombinaciji z vadbo za vzdržljivost in v dveh raziskavah z vadbo za jakost. Rezultati vključenih raziskav so pokazali, da je prišlo do izboljšanja mišične zmogljivosti v vseh skupinah, ne glede na parametre laserske terapije in raznolikosti izvajanja vadbe. **Razprava in zaključek:** V kar sedmih raziskavah so dokazali statistično pomembno izboljšanje mišične zmogljivosti, ki je bilo opazno pri ponovitvenemu maksimumu in največji hoteni izometrični kontrakciji. Zaradi majhnega števila pregledanih raziskav in raznolikosti optimalnih parametrov ne moremo podati zanesljivih zaključkov, ali laserska terapija nizke intenzitete izboljša mišično zmogljivost. V prihodnosti bo potrebno izvesti več kvalitetnih kontrolnih raziskav, da bi lahko potrdili učinke laserske terapije nizke intenzitete.

Ključne besede: laserska terapija, laser nizke intenzitete, mišična zmogljivost, vadba za izboljšanje mišične zmogljivosti.

ABSTRACT

Introduction: Laser radiation has positive effects on muscle tissue in terms of skeletal muscle regeneration; it activates skeletal muscle satellite cells, enhances their proliferation and inhibits differentiation, increases muscle metabolism, reduces post exercise blood lactate levels, increases cross-section of muscle fibres and mitochondrial density. Some results of studies indicate that a low-intensity laser reduces muscle damages and slows down muscle fatigue. **Purpose:** The purpose of the thesis was to present the effects of radiation with low intensity laser on muscle performance of the lower limb, on the basis of a review of professional and scientific literature. **Methods:** Literature was obtained using following databases: PubMed, PEDro and Springer Link. The review included researches in English language from the last 10 years. **Results:** The literature review included 8 randomized control studies. Six studies have identified the effect of low intensity laser therapy in combination with endurance exercise and two studies in combination with strength training. The results of the included studies have shown that there has been an improvement in muscle performance in all groups, regardless of the parameters of laser therapy and the variety of exercise. **Discussion and conclusion:** In seven researches there has been confirmed statistically important muscle improvement, which was noticeable in repetition maximum and maximum voluntary isometric contraction. Due to low number of researches and variety of optimal parameters we cannot conclude with certainty if low intensity laser therapy improves muscle performance. In the future more quality control researches should be done in order to confirm the effects of low-intensity laser therapy.

Ključne besede: laser therapy, low-intensive laser, muscle performance, exercise to improve muscle performance.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 1.1 | Mehanizem laserske svetlobe | 1 |
| 1.2 | Klasifikacija laserjev..... | 2 |
| 1.3 | Fizikalne lastnosti laserske terapije | 3 |
| 1.4 | Nevarnosti in kontraindikacije..... | 4 |
| 1.5 | Laser nizke intenzitete | 4 |
| 1.5.1 | Biološki učinki laserja nizke intenzitete na celično tkivo | 5 |
| 1.5.2 | Biološki učinki laserja nizke intenzitete na mišično tkivo | 5 |
| 1.5.3 | Učinki laserja nizke intenzitete na mišično zmogljivost | 6 |
| 2 | NAMEN | 7 |
| 3 | METODE DELA..... | 8 |
| 4 | REZULTATI | 9 |
| 4.1 | Ocena po lestvici PEDro | 10 |
| 4.2 | Značilnosti vključenih raziskav | 10 |
| 4.3 | Značilnosti laserske terapije..... | 11 |
| 4.4 | Učinki laserske terapije v kombinaciji z vzdržljivostno vadbo na mišično zmogljivost spodnjih udov | 15 |
| 4.5 | Učinki laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost na mišično zmogljivost spodnjih udov | 18 |
| 5 | RAZPRAVA..... | 20 |
| 6 | ZAKLJUČEK..... | 25 |
| 7 | LITERATURA..... | 26 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|---|
| Slika 1: Shematski prikaz iskanja raziskav | 9 |
|--|---|

KAZALO TABEL

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Klasifikacija laserjev (Cameron, 2009;Bargman 2010) | 2 |
| Tabela 2: Ocene raziskav po lestvici PEDro | 10 |
| Tabela 3: Značilnosti preiskovancev v posameznih raziskavah | 10 |
| Tabela 4: Značilnosti laserske terapije | 12 |
| Tabela 5: Učinki laser terapije v kombinaciji z vzdržljivostno vadbo na mišično zmogljivost spodnjih udov | 16 |
| Tabela 6: Učinki laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost na mišično zmogljivost spodnjih udov | 19 |

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV

| | |
|-------------|---|
| ADP | Adenosine diphosphate (adenozin difosfat) |
| ATP | Adenosine triphosphate (adenozin trifosfat) |
| LED | Light-emitting diode (svetleča dioda) |
| LLLT | Low Level Laser Therapy (laserska terapija nizke intenzitete) |
| RM | Repetition maximum (ponovitveni maksimum) |
| MVIC | Maximum voluntary isometric contraction (največja hotena izometrična kontrakcija) |

1 UVOD

Laserska svetloba je elektromagnetna energija znotraj ali blizu območja vidnega elektromagnetnega spektra (Cameron, 2009). LASER je kratica za ojačanje svetlobe s stimuliranim sevanjem (angl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) in je najbolj napreden vir svetlobe ene valovne dolžine (Tunér, Hode, 2010). Svetloba, ki izhaja iz laserja, se od drugih svetilk razlikuje v tem, da je monokromatska – narejena iz svetlobe z eno valovno dolžino, usklajena in usmerjena (Cameron, 2009). Terapija z lasersko svetlobo temelji na fotokemičnih in fotobioloških učinkih na celice in tkiva na globini 1–4 cm globoko, odvisno od vrste laserja in izbranih parametrov terapije (Tunér, Hode, 2010).

Leta 1960 je Theodore Maiman predstavil prvi laser, kjer je kot medij uporabil kristal rubina (Tunér, Hode, 2010), še istega leta pa je Ali Javan izumil plinski (He-Ne) laser. Kmalu zatem se je laserska tehnologija hitro razvila (Cameron, 2009). Tako so ugotovili uporabnost laserja v kirurške namene in ga uvedli v številne kirurške prostore po vsem svetu (Kneebone, 2006). Danes se v fizikalni terapiji najpogosteje uporablja Ga-Al-Ar laser in Ga-As laser (Kos, Sedej, 2011).

1.1 Mehanizem laserske svetlobe

Laserska svetloba izvira iz kvantnih prehodov med različnimi nivoji energije aktivnega medija, ki je lahko plin, tekočina ali trdna snov (Grossweiner et al., 2005). Svetloba je lahko proizvedena z emisijo plina v steklenih ceveh ali s fotodiodami. Spontano oddaja svetlobo mešane valovne dolžine z dodajanjem električne energije molekulam plina v zaprtem prostoru (Cameron, 2009). Vir energije je lahko električni tok, optično sevanje iz bliskovne svetilke ali laserja, radijskih valov ali kemijske reakcije (Tunér, Hode, 2010). Električna energija premakne elektrone v molekulah na višji nivo energije, medtem ko elektroni spontano padejo nazaj na osnovni nivo, pri tem oddajajo fotone svetlobe različnih frekvenc, odvisno od tega, kako daleč padejo (Cameron, 2009).

V današnjem času se za vir terapevtske svetlobe večinoma uporablja fotodiode. Laserske diode zagotavljajo visoko intenzivno svetlobo na določeno področje, medtem ko LED

dioda (angl. light-emitting diode) proizvaja nizko intenzivno svetlobo, ki se lahko pojavi enobarvno, vendar je neskladna in razpršena (Cameron, 2009).

1.2 Klasifikacija laserjev

Laserji so razdeljeni v štiri razrede, glede na njihovo območje moči (tabela 1). Moč večine laserskih diod, ki se uporabljajo v terapiji, je med 5 in 500 mW in so ravrščeni v razred 3B (Cameron, 2009). V zadnjem času se v terapiji vse več uporablja tudi laserje v razredu 4, ki ne povzročajo poškodb in imajo prav tako pozitivne učinke (Štiglic-Rogoznica et al., 2011; Santamato et al., 2009).

Tabela 1: Klasifikacija laserjev (Cameron, 2009; Bargman 2010)

| RAZRED | MOČ | UČINKI |
|---------------|------------|---|
| 1 | < 0.5 mW | Brez stopnje nevarnosti |
| 1M | | Brez stopnje nevarnosti, nevarni v primeru gledanja z optičnim inštrumentom, kot je lupa za oko |
| 2 | < 1 mW | Varno za kratkotrajno gledanje, lahko sproži refleks mežika |
| 3A | < 5 mW | Nevarni za oči pri daljši izpostavljenosti |
| 3B | < 500 mW | Uporaba v terapiji: možne trajne poškodbe oči pri kratki izpostavljenosti; izogniti se je potrebno direktnemu gledanju žarka, opekline kože pri daljši izpostavljenosti |
| 4 | > 500 mW | Kirurški in industrijski laserji za rezanje; povzročijo trajno poškodbo oči, povzročijo resne opekline kože |

Kadar aplikator za lasersko terapijo vsebuje več diod, je moč aplikatorja enaka vsoti moči vseh posameznih diod. Nekatere raziskave kažejo, da so učinki laserja izrazitejši pri kratko trajnih aplikacijah z veliko močjo kot pa pri dalj časa trajajoči aplikaciji z majhno močjo, pri čemer je količina energije, ki je dovedena, pri obeh enaka (Trelles et al., 1989; cit. po Cameron, 2009).

1.3 Fizikalne lastnosti laserske terapije

Pri zdravljenju z laserjem je pomembno, da pravilno izberemo parametre laserja (Hode, 2008), ki pomembno vplivajo na izide zdravljenja.

V literaturi in med strokovnjaki obstaja veliko neskladij o pomembnosti izbire določenega tipa diode za klinično uporabo. LED dioda zagotavlja razpršeno svetlobo s širšim frekvenčnim območjem, zato je najbolj primerna za zdravljenje večjih področij bolj površinsko. Laserske diode zagotavljajo svetlobo ene same valovne dolžine, ki je močno zgoščena. Primerne so za zdravljenje manjših območij, saj z enako močjo in valovno dolžino dosežejo najgloblja področja tkiva (Cameron, 2009).

Valovna dolžina svetlobe najbolj vpliva na to, kako globoko bo svetloba prodrla (Hawkins et al., 2005; cit po Cameron, 2009). Še vedno ni znano, katera valovna dolžina je najprimernejša za določeno indikacijo, vendar ima katerakoli valovna dolžina z razumnim odmerkom na obravnavano področje, biološki učinek (Tunér, Hode, 2010). Svetloba z valovno dolžino med 600 in 1300 nm optimalno prodre v globino tkiva (Kolari, 1985; King 1989; cit po Cameron, 2009). Globina prodornosti je odvisna od vrste tkiva (Low, Reed, 1994), pigmentacije kože (Hode, 2008), temperature in stanja tkiva, gostote moči, izhodne moči in valovne dolžine laserske svetlobe ter tudi glede na uporabljeno tehniko zdravljenja (Tunér, Hode, 2010). Globina prodora svetlobe v tkivo je obratno sorazmerna z vsebnostjo vode v tkivih. V krvi je visoka vsebnost vode, zato se absorbira več energije, kar povzroči manjšo globino prodora (Tunér, Hode, 2010).

Moč laserske svetlobe (mW) in trajanje terapije (s) nam povesta, koliko energije bo prešlo v tkivo (Cameron, 2009), pri čemer moč svetlobe pada z globino prodora (Tunér, Hode, 2010).

Gostota moči je izhodna moč svetlobe na površinsko enoto (Cameron, 2009) in je enaka intenziteti svetlobe. Meri se v W/cm^2 (Tunér, Hode, 2010). Če je ta prenizka ali previsoka, lahko povzroči zmanjšan biološki učinek na celice (Hode, 2008).

Energijska gostota se od gostote moči razlikuje le v času in je merjena v J/cm^2 (Tunér, Hode, 2010). Odvisna je od količine energije na kvadratni centimeter, pri čemer se upošteva moč pretoka, čas terapije in površina obravnavanega predela (Cameron, 2009).

$$\text{Energijska gostota } \left(\frac{\text{J}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{\text{Energijska (J)}}{\text{Površina obravnavanega predela (cm}^2\text{)}}$$

Odmerek zdravljenja je enak energijski gostoti in se nanaša na količino energije na enoto površine, ki se prenaša na tkivo ali celico (Tunér, Hode, 2010). Z odmerki, ki presegajo najvišje zgornje vrednosti, lahko dosežemo manjše biološke učinke kot sicer, z večjimi odmerki pa lahko dosežemo učinke zatiranja (Hode, 2008). Zato je odmerek zdravljenja najpomembnejši parameter laserske terapije (Tunér, Hode, 2010).

1.4 Nevarnosti in kontraindikacije

Največje tveganje pri terapiji z laserjem je poškodba oči, če je žarek usmerjen neposredno v oko (Low, Reed, 1994). Laserji, ki so v razredu od 1 do 3A, se štejejo kot varni, tisti v razredu 3B imajo določeno tveganje, laserji v 4. razredu pa imajo visoko tveganje, da povzročijo poškodbo oči (glej tabelo 1) (Tunér, Hode, 2010). Zato morajo pri terapiji nositi zaščitna očala tako pacienti kot terapevti. Kljub temu da so učinki laserja netermični, se diode, če se uporabljajo daljše časovno obdobje, segrejejo in tako lahko pride tudi do opeklin kože (Cameron, 2009).

Obsevanje z laserjem nizke intenzitete ni priporočljivo uporabljati pri rakavih obolenjih, v področju ščitnice in epifiznih plošč pri otrocih, pri pacientih po presaditvi ali imunsko oslabljenih pacientih, pacientih občutljivih na svetlobo (Kneebone, 2006), pri prekomerno krvavečih regijah, v času nosečnosti in 4–6 mesecev po radioterapiji (Cameron, 2009).

1.5 Laser nizke intenzitete

Laser nizke intenzitete (angl. low-level laser therapy) je izraz za uporabo laserja v terapevtske namene, kjer gre za tako nizke odmerke, da ne pride do segrevanja tkiva (Watson, Bexter, 2008). Laser nizke intenzitete uporablja monokromatske in koherentne svetlobne žarke z določeno valovno dolžino, z namenom, da sproži biološke učinke (Dos Santos et al., 2010), ki pa so odvisni od valovnih dolžin, odmerka in intenzitete svetlobe (Karu, 1989).

1.5.1 Biološki učinki laserja nizke intenzitete na celično tkivo

Laser nizke intenzitete ima širok spekter učinkov na molekularni, celični in tkivni ravni (Chung et al., 2012). Različne vrste laserjev vplivajo na celice in tkiva na različne načine, prav tako je odziv posameznikov lahko različen (Hode, 2008). Ugodni učinki laserja so: spodbujanje proizvodnje ATP-ja (Cameron, 2009; Ferraresi et al., 2016; Vanin et al., 2018) in kolagena (Cameron, 2009) ter s tem pospešitev celjenja in nadzor bolečine (Low, Reed, 1994; Enwemeka, 2009; Cameron, 2009), uravnavanje vnetja, inhibicija bakterijskega razmnoževanja (Cameron, 2009), spodbujanje vazodilatacije, sprememba hitrosti živčne prevodnosti (Kneebone, 2009; Cameron, 2009), povečana stopnja celičnega dihanja (Manteifel et al., 1997) in povečana cirkulacija (Ihsan, 2005). Kneebone (2006) dodaja še številne vplive na celično aktivnost, kot so: spodbujanje rasti celic, povečanje celičnega metabolizma, izboljšanje regeneracije celic, zmanjšanje edema, spodbujanje proizvodnje dušikovega oksida in povečanje proizvodnje endorfinov.

1.5.2 Biološki učinki laserja nizke intenzitete na mišično tkivo

Mišice se močno zanašajo na ATP, ki je biološki vir energije, potreben za delo. Povečanje ATP-ja tako predstavlja najpomembnejši učinek, ki ga ima laserska terapija na mišično tkivo (Ferraresi et al., 2016).

Obsevanje z laserjem ima pozitivne učinke na mišično tkivo z vidika regeneracije skeletnih mišic (Shefer et al., 2001; Amaral et al., 2001; Ferraresi et al., 2012), aktivira satelitske celice skeletnih mišic, povečuje njihovo proliferacijo in zavira diferenciacijo (Shefer et al., 2001, Ben-Dov et al., 1999), poveča mišični metabolizem (Albuquerque-Pontes et al., 2015; Leal Junior et al., 2009a), zmanjša koncentracijo laktata v krvi, ki nastane po vadbi (Leal Junior et al., 2009a; Leal Junior et al., 2009b; Leal Junior et al., 2010) ter poveča presek mišičnih vlaken in gostoto mitohondrijev (Amaral et al., 2001).

Z izboljšanjem funkcije mitohondrijev v mišičnih celicah se poveča proizvodnja ATP za kar 70% (Leal Junior et al., 2010; Cameron, 2009; Xu et al., 2008). Prav tako se poveča resinteza fosfokreatina v mitohondriju, s čimer se zmanjša kopičenje kreatina, adenozin difosfata (ADP) in anorganskega fosfata, ki običajno prispevajo k utrujenosti med visoko intenzivno intervalno vadbo (Ferraresi et al., 2011).

Na podlagi pozitivnih učinkov obsevanja z laserjem na produkcijo ATP-ja (Ferraresi et al., 2016) se predvideva, da bi to lahko vplivalo na boljšo mišično zmogljivost, posebej če obsevanje kombiniramo z vadbo (Vanin et al., 2018).

1.5.3 Učinki laserja nizke intenzitete na mišično zmogljivost

Laserska terapija se pojavlja kot obetavna neinvazivna metoda za preprečevanje mišičnih poškodb in zmanjševanje utrujenosti mišic (Leal Junior et al., 2015).

Raziskave so dokazale učinkovitost nizko intenzivnega laserja na večjo učinkovitost vadbe tako (De Marchi et al., 2012; Leal Junior et al., 2009b), da zmanjša možnost nastanka mišičnih poškodb (Leal Junior et al., 2009b; Leal Junior et al., 2010; De Marchi et al., 2012), izboljša delovanje skeletnih mišic (Ferraresi et al., 2012; De Marchi et al., 2012) in upočasni mišično utrudljivost (Leal Junior et al., 2010; Tunér, Hode, 2010; Ferraresi et al., 2012; Leal-Junior et al., 2015; Borsa et al., 2013; De Brito Vieira et al., 2014; Vanin et al., 2018).

Laserska terapija lahko pripomore k izboljšanju mišične zmogljivosti (Leal Junior et al., 2009a; Vanin et al., 2018) in mišične jakosti (Toma et al., 2016). Rezultati študije kažejo, da vadba za vzdržljivost v kombinaciji z LLLT lahko doseže boljše rezultate kot samo izvajanje vadbe (De Brito Vieira et al., 2012). Kljub dokazom o izboljšani funkciji pa natančni mehanizmi, povezani z upočasnitvijo mišične utrujenosti in izboljšanjem mišične zmogljivosti v kombinaciji z obsevanjem z nizko intenzivnim laserjem, še vedno niso povsem znani (Da Silva Alves et al., 2014). Predvideva se, da so učinki nizko intenzivnega laserja na mišične celice podobne nekaterim prilagoditvam, ki se pojavijo pri aerobni vadbi, in tako pozitivno vplivajo na utrujenost in sposobnost telesne vadbe (De Marchi et al., 2012; Da Silva Alves et al., 2014).

2 NAMEN

Namen diplomskega dela je na osnovi pregleda objavljene strokovne in znanstvene literature predstaviti učinke obsevanja z nizko intenzivnim laserjem na zmogljivost mišic spodnjih udov.

3 METODE DELA

Pri izdelavi diplomske naloge je bila uporabljena deskriptivna metoda dela. Pregledana je bila literatura, dostopna v knjižnici Zdravstvene fakultete v Ljubljani in preko oddaljenega dostopa. Iskanje literature je potekalo preko elektronskih podatkovnih zbirk PubMed, PEDro in Springer Link.

Pri iskanju so bile uporabljene naslednje ključne besede: »low level laser therapy« OR »light-emitting diode therapy« OR »phototherapy« AND »skeletal muscle« OR »muscle performance«. Iskanje literature je bilo omejeno na članke v angleškem jeziku, ki niso bili starejši od 10 let.

Vključitveni kriteriji:

- članki v angleškem jeziku,
- članki dostopni v celoti,
- randomizirane kontrolne raziskave,
- raziskave objavljene po letu 2008,
- raziskave, v katerih so sodelovali zdravi preiskovanci.

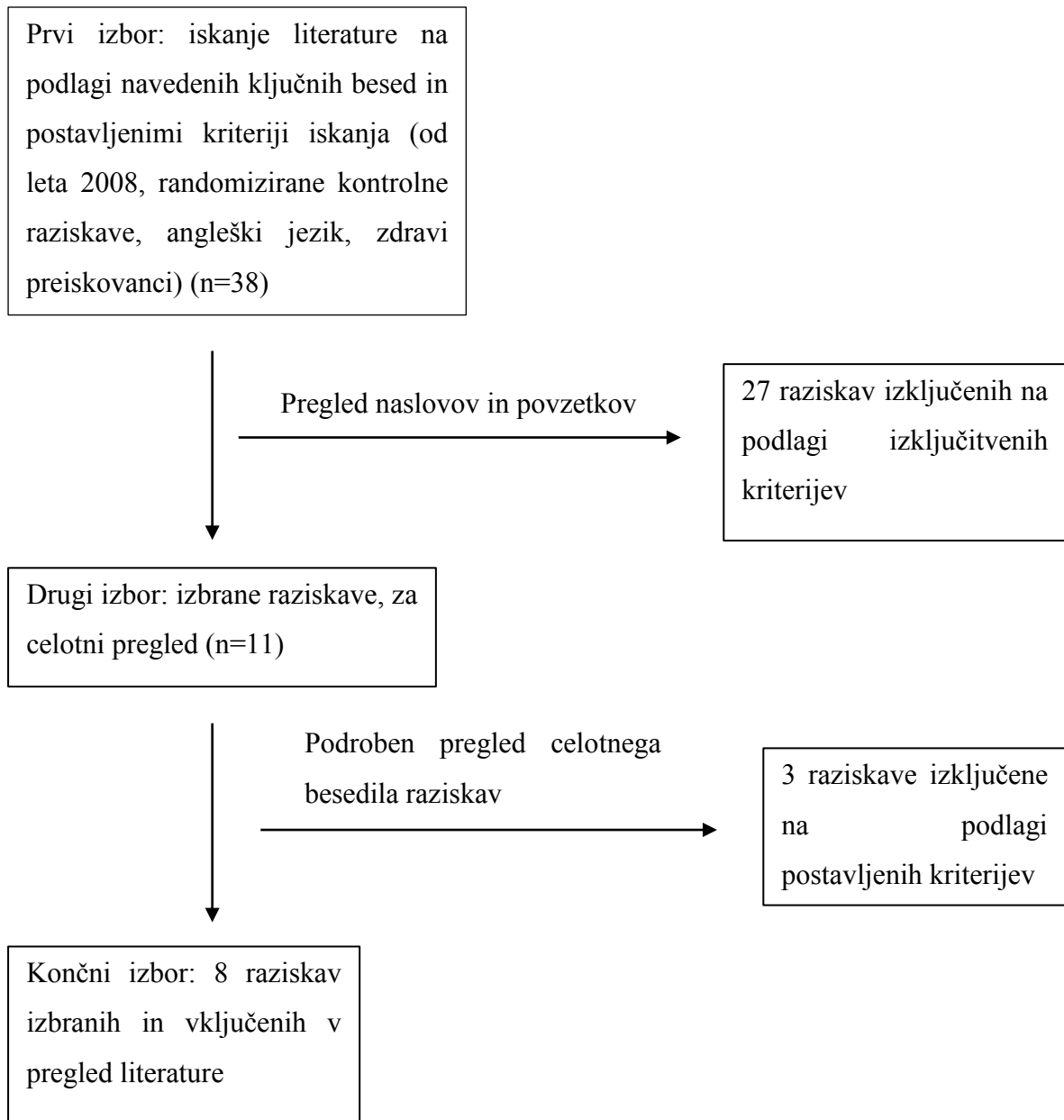
Izključitveni kriteriji:

- sistematični pregledi literature in poročilo o primeru,
- raziskave, ki so vključevale poškodovane ali obolele preiskovance,
- raziskave, kjer niso merili mišične zmogljivosti,
- raziskave, kjer so z laserjem obsevali mišice zgornjih udov.

Članke smo izbrali glede na vključitvene in izključitvene kriterije. Pregledali smo tudi njihovo oceno po PEDro lestvici, ki je prikazana v tabeli 2.

4 REZULTATI

Na podlagi vključitvenih in izključitvenih kriterijev je bilo izbranih osem raziskav (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al. 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; Ferraresi et al., 2011; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014; Vanin et al., 2016b). Način iskanja in izločanja raziskav je prikazano v spodnji shemi (slika1).



Slika 1: Shematski prikaz iskanja raziskav

4.1 Ocena po lestvici PEDro

Šest raziskav je bilo ocenjenih po PEDro lestvici (tabela 2), medtem ko ostale tri (De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014; Vanin et al., 2016b) še niso bile ocenjene.

Tabela 2: Ocene raziskav po lestvici PEDro

| Raziskava | Ocena PEDro |
|------------------------------|-------------|
| Dos Reis et al., 2014 | 8/10 |
| Vanin et al., 2016a | 10/10 |
| Baroni et al., 2010 | 6/10 |
| De Brito Vieira et al., 2014 | 6/10 |
| Ferraresi et al., 2011 | 7/10 |

4.2 Značilnosti vključenih raziskav

Izbrane raziskave so bile objavljene med letoma 2010 in 2017. V posameznih raziskavah je sodelovalo najmanj 7 (De Brito Vieira et al., 2014) in največ 48 preiskovancev (Vanin et al., 2016b), vsi so bili moškega spola. Preiskovanci so se razlikovali glede na stopnjo aktivnosti, in sicer v dveh raziskavah so bili preiskovanci telesno aktivni (Baroni et al., 2010; Ferraresi et al., 2011), v dveh so bili netrenirani (Antonialli et al., 2014; Vanin et al., 2016b), v eni raziskavi pa ni bilo točno definirano, ali so preiskovanci trenirani ali ne (De Brito Vieira et al., 2014). V treh raziskavah (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; De Oliveira et al., 2017) pa so bili preiskovanci profesionalni športniki, in sicer nogometaši, ki so bili izbrani, če so sodelovali na vsaj 80% rednih treningov nogometne ekipe, niso uživali prehranskih dopolnil ali farmakoloških sredstev in niso imeli mišično-skeletnih poškodb zadnja dva meseca. Vse raziskave je odobrila etična komisija, prav tako so vse potekale v Braziliji. Natančnejši podatki o preiskovancih so predstavljeni v tabeli 3.

Tabela 3: Značilnosti preiskovancev v posameznih raziskavah

| Raziskava | Število preiskovancev | Spol | Povprečna starost (leta) | Telesna dejavnost |
|---------------------|-----------------------|-------|--------------------------|-------------------|
| Vanin et al., 2016a | 28 | moški | 18.81 ± 0.8 | nogometaši |
| Baroni et al., 2010 | 36 | moški | 19–35 | telesno aktivni |

| | | | | |
|---------------------------------|----|-------|--------------|----------------|
| | | | | študenti |
| De Oliveira et al., 2017 | 28 | moški | 18–35 | nogometaši |
| Antoniali et al., 2014 | 40 | moški | 28.10 ± 1.52 | netrenirani |
| De Brito Vieira et al., 2014 | 7 | moški | 21 ± 3 | ni podatka |
| Ferraresi et al., 2011 | 36 | moški | 20.8 ± 2.2 | zmerno aktivni |
| Dos Reis et al., 2014 | 27 | moški | 15-30 | nogometaši |
| Vanin et al., 2016b | 48 | moški | 26 ± 5.24 | netrenirani |

4.3 Značilnosti laserske terapije

V dveh raziskavah (Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010) so laser aplicirali pred vadbo in v eni raziskavi (Ferraresi et al., 2011) po vadbi. Dos Reis in sodelavci (2014) so aplicirali laser tako pred vadbo kot tudi po njej, enako so naredili tudi Vanin in sodelavci (2016b) s to razliko, da so dodatno imeli še skupino, ki je bila obsevana z laserjem pred vadbo in tudi po njej. Vanin in sodelavci (2016a) so v vsaki skupini uporabili laser z različno skupno obsevano energijo, De Oliveira in sodelavci (2017) pa so obsevali z laserjem različne izhodne moči.

Vsi avtorji (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; Ferraresi et al., 2011; De Oliveira et al., 2017; Antoniali et al., 2014; Vanin et al., 2016b) so obsevali štiriglavo stegensko mišico, vendar na različnih točkah. Parametri laserske terapije pa so natančneje opisani v tabeli 4.

Tabela 4: Značilnosti laserske terapije

| Raziskava | Skupine | Čas aplikacije laserja | Mesto aplikacije laserja in število točk | Parametri laserja |
|--------------------------|--|------------------------|--|---|
| Vanin et al., 2016a | A – 10 J (60 J skupne energije na mišico) B – 30 J (180 J skupne energije na mišico) C – 50 J (300 J skupne energije na mišico) D – placebo | Pred vadbo (3 min) | štiriglava stegenska mišica (obsevali so nedominantni spodnji ud na 6 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 200 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0364 cm ² Energijska gostota: 54,95; 164,84; 274,73 J/cm ² Gostota moči: 5,495 W/cm ² Čas: 60, 180, 300 s/spodnji ud |
| Baroni et al., 2010 | A – LLLT B – placebo | Pred vadbo (2 min) | štiriglava stegenska mišica (obsevali so na 6 različnih točkah mišice, ni pa podatka, ali so obsevali oba spodnja uda) | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 200 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,029 cm ² Čas: 30 s/točko |
| De Oliveira et al., 2017 | A – 100 mW B – 200 mW C – 400 mW D – placebo | Pred vadbo (3 min) | štiriglava stegenska mišica (obsevali so nedominantni spodnji ud na 6 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 100, 200, 400 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0364 cm ² Energijska gostota: 275 J/cm ² Gostota moči: 2,75; 5,50; 11,00 W/cm ² Čas: 100 s (100 mW), 50 s (200 mW), 25s (400 mW), 60 s (placebo) |

| | | | | |
|------------------------------|--|---------------------------------|--|---|
| Antoniali et al., 2014 | A – 10 J (60 J skupne energije na mišico) B – 30 J (180 J skupne energije na mišico) C – 50 J (300 J skupne energije na mišico) D – placebo | Pred vadbo (3 min) | štiriglava stegenska mišica (obsevali so nedominantni spodnji ud na 6 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 640, 875, 905 nm Moč: 0,03125; 15; 17,5 mW Število diod: 4 Območje žarka: 0,44; 0,9 cm ² Gostota moči: 0,07; 16,66; 19,44 W/cm ² Čas: 76 s (60 J), 228 s (180 J), 381 s (300 J) |
| De Brito Vieira et al., 2014 | A – LLLT + placebo* B – placebo + LLLT* | Med posameznimi seti vadbe | štiriglava stegenska mišica (obsevali so dominantni spodnji ud na 5 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 808 nm Moč: 100 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0028 cm ² Energijska gostota: 1428,57 J/cm ² Gostota moči: 35,71 W/cm ² Čas: 40 s/točko |
| Ferraresi et al., 2011 | A – vadba in LLLT B – vadba in placebo C – kontrolna skupina | Takoj po vadbi | štiriglava stegenska mišica (obsevali so oba spodnja uda na 7 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 808 nm Moč: 60 mW Število diod: 6 Območje žarka: 0,0028 cm ² Energijska gostota: 214,28 J/cm ² Gostota moči: 21,42 W/cm ² Čas: 70 s/spodnji ud |
| Dos Reis et al., 2014 | A - placebo B – LLLT pred vadbo C – LLLT po vadbi | Pred vadbo, po vadbi | štiriglava stegenska mišica (obsevali so oba spodnja uda na 7 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 830 nm Moč: 60mW Število diod: 6 Območje žarka: 0,0028cm ² Energijska gostota: 214,28 J/cm ² Gostota moči: 21,43 W/cm ² Čas: 70s/spodnji ud |
| Vanin et al., 2016b | A – laser + laser B – laser + placebo C – placebo + laser D – placebo | Pred in/ali po vadbi (5–10 min) | štiriglava stegenska mišica (obsevali so oba spodnja uda na 6 različnih točkah mišice) | Valovna dolžina: 905, 640, 875 nm Moč: 0,3125; 15; 17,5 mW Število diod: 12 Območje žarka: 0,44; 0,9 cm ² |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | Energijska gostota: 0,162; 3,8; 4,43 J/cm ² Gostota moči: 0,71; 16,66; 19,44 W/cm ² Čas: 228 s/spodnji ud |
|--|--|--|--|---|

Legenda: LLLT – laser nizke intenzitete

** Skupini so v času raziskave križali. Torej če so v prvem tednu obravnave prejeli lasersko terapijo, so v naslednjem prejeli placebo in obratno*

4.4 Učinki laserske terapije v kombinaciji z vzdržljivostno vadbo na mišično zmogljivost spodnjih udov

V pregled literature je bilo vključenih šest raziskav (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014), kjer so izvajali vzdržljivostno vadbo. V štirih raziskavah (Vanin et al., 2016a, Baroni et al., 2010, De Oliveira et al., 2017, Antonialli et al., 2014) so aplicirali laser pred vadbo, v eni raziskavi (De Brito Vieira et al., 2014) med posameznimi seti vadbe in v eni raziskavi (Dos Reis et al., 2014) pred vadbo in po njej.

V tabeli 5 so natančno opisani protokoli vadbe in merilna orodja, ki so jih uporabili pri posameznih raziskavah za merjenje učinkovitosti laserske terapije.

V petih raziskavah (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014) so primerjali učinkovitost laser terapije v primerjavi s placebo terapijo (v času terapije je bil laser vklopljen, vendar brez učinka). De Brito Vieira in sodelavci (2014) pa so imeli dve skupini, kjer je v prvem tednu A skupina prejela laser terapijo, B skupina pa placebo terapijo. V tretjem tednu so skupini križali, tako da je A skupina prejela placebo terapijo, B skupina pa laser terapijo. Primerjali so skupini med seboj in znotraj vsake skupine. Rezultati raziskav so prikazani v tabeli 5.

Vanin in sodelavci (2016a), Baroni in sodelavci (2010), De Oliveira in sodelavci (2017) ter Antonialli in sodelavci (2014) so v svojih raziskavah za izboljšanje mišične zmogljivosti merili MVIC. Pri vseh raziskavah je prišlo do statistično pomembnega izboljšanja ($p < 0,05$), pri čemer so De Oliveira in sodelavci (2017) ugotovili statistično največje razlike pri skupini s 100mW izhodne moči. De Brito Vieira in sodelavci (2014) pa so v svoji raziskavi prišli do statistično pomembnega izboljšanja števila RM ($p=0.027$), medtem ko rezultati raziskav Dos Reis in sodelavcev (2014) ne kažejo statistično pomembnih rezultatov.

Tabela 5: Učinki laser terapije v kombinaciji z vzdržljivostno vadbo na mišično zmogljivost spodnjih udov

| Raziskava | Čas aplikacije laserja | Skupine | Protokol vadbe | Merilna orodja | Rezultati |
|--------------------------|------------------------|--|--|--|--|
| Vanin et al., 2016a | Pred vadbo (3 min) | A – 10 J (60 J skupne energije na mišico) B – 30 J (180 J skupne energije na mišico) C – 50 J (300 J skupne energije na mišico) D – placebo | Ekscentrična vadba za ekstenzorje kolena na nedominantni nogi (5 setov, 15 ponovitev, 30 s počitka med seti). | MVIC, raven CK v krvi, VAL in algometrija za merjenje DOMS | MVIC se statistično pomembno poveča skupini A po 24, 48, 72 in 96 urah ($p < 0,05$) v primerjavi s skupino D, pri skupini C se MVIC poveča ($p < 0,05$) takoj po vadbi ter po 1 in 24 urah. |
| Baroni et al., 2010 | Pred vadbo (2 min) | A – LLLT B – placebo | Ekscentrična vadba za ekstenzorje kolena (5 setov, 15 ponovitev, 30 s počitka med seti). | MVIC, raven LDH in CK, VAL za ocenjevanje mišične bolečine | Statistično pomembno zmanjšanje MVIC pri laser skupini takoj po vadbi ($p=0.011$) ter 24 ($p=0.004$) in 48 ur ($p=0.001$) po vadbi v primerjavi s placebo skupino. |
| De Oliveira et al., 2017 | Pred vadbo (3 min) | A – 100mW B – 200mW C – 400mW D – placebo | Ekscentrična vadba za ekstenzorje kolena na nedominantni nogi (5 setov, 15 ponovitev, 30 s počitka med seti) s hitrostjo $60^\circ/s$ in 60° obsega giba. | MVIC, raven LDH in CK v krvi, algometrija in VAL za ocenjevanje DOMS | Statistično pomembno izboljšanje MVIC ($p < 0,05$) v vseh skupinah z laserjem v primerjavi s placebo skupino, do statistično največjih razlik je prišlo pri skupini s 100mW izhodne moči v primerjavi s placebo skupino. |
| Antoniali et al., 2014 | Pred vadbo (3 min) | A – 10 J (60 J skupne energije na mišico) B – 30 J (180 J skupne | Raztezne vaje za ekstenzorje kolena nedominantnega uda (2 | MVIC, algometrija in VAL za ocenjevanje DOMS | Statistično pomembno povečanje MVIC ($p < 0,05$) pri skupini B do 96 ur po |

| | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|--|--|---|---|
| | | energije na mišico) C – 50 J (300 J skupne energije na mišico) D – placebo | seta po 60 s), 5 minutno ogrevanje na sobnem kolesu. Ekscentrična vadba za ekstenzorje kolena na nedominantni nogi (5 setov, 15 ponovitev, 30 s počitka med seti) s hitrostjo 60°/s in 60° obsega giba. | | vadbi, v primerjavi s placebo skupino, skupini A in C se MVIC prav tako poveča (p<0,05), vendar ne kažejo enake doslednosti glede na čas testiranja po vadbi. |
| De Brito Vieira et al., 2014 | Med posameznimi seti vadbe | A – LLLT + placebo B – placebo + LLLT | Fleksija - ekstenzija kolena z izokinetičnim dinamometrom 60°/s (3 seti, 20 RM, 4 min počitka med seti). | RM | Statistično pomembno povečanje ponovitev krčenja mišice do odpovedi (p=0,027) v primerjavi s placebom. |
| Dos Reis et al., 2014 | Pred vadbo, po vadbi | A - placebo B – LLLT pred vadbo C – LLLT po vadbi | Raztezne vaje za spodnji ud (2 seta po 60 s za vsako mišično skupino), ekstenzija kolena iz začetnega položaja s fleksijo kolka in kolena 90° s 75 % 1RM do utrujenosti. | Število ponovitev, RM 75%, raven laktata, CK v krvi | Ni statistično pomembnih razlik med skupinami v št. ponovitev (p=0.89) in 75 % 1RM (p=0.99) |

Legenda: LLLT - laser nizke intenzitete, RM – ponovitveni maksimum, CK – kreatin kinaza, VAL – vizualna analogna lestvica, DOMS - zapoznela mišična bolečina, MVIC - največja hotena izometrična kontrakcija, LDH – laktat dehidrogenaza

4.5 Učinki laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost na mišično zmogljivost spodnjih udov

V pregled literature sta bili vključeni dve raziskavi (Ferraresi et al., 2011; Vanin et al., 2016b), kjer so izvajali vadbo za jakost. V obeh vključenih raziskavah so v programu vadbe izvajali potisk z nogami. V tabeli 6 so natančno opisani protokoli vadbe in merilna orodja, ki so jih uporabili pri posameznih raziskavah za merjenje učinkovitosti laserske terapije.

Ferraresi in sodelavci (2011) so primerjali učinke laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost ali samostojno vadbo za jakost s kontrolno skupino. Vanin in sodelavci (2016b) pa so primerjali učinke laserske terapije pred in/ali po vadbi v primerjavi s placebo skupino. V tabeli 6 so prikazani rezultati raziskav.

V obeh vključenih raziskavah (Ferraresi et al., 2011; Vanin et al., 2016b) so ugotovili statistično pomembno povečanje 1RM ($p < 0.05$) v primerjavi s kontrolno ali placebo skupino. Vanin in sodelavci (2016b) so ugotovili statistično pomembne razlike MVIC in 1RM ($p < 0.05$) v skupini obsevani z laserjem pred vadbo.

Tabela 6: Učinki laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost na mišično zmogljivost spodnjih udov

| Raziskava | Čas aplikacije laserja | Skupine | Protokol vadbe | Čas trajanja vadbe | Merilna orodja | Rezultati |
|------------------------|---------------------------------|--|--|--|------------------------|--|
| Ferraresi et al., 2011 | Takoj po vadbi | A – vadba in LLLT B – vadba in placebo C – kontrolna skupina | Vadba za jakost – potisk z nogami (5 setov, 10 ponovitev, 2 min počitka med seti). | 3 mesece, dvakrat tedensko (24 vadbenih enot). | Navor (MPID test), 1RM | Statistično pomembno povečanje 1RM po vadbi v skupini A ($p < 0,001$) in B ($p = 0,008$) v primerjavi s kontrolno skupino. Pri MPID testu med skupinami ni prišlo do statistično pomembnih razlik ($p > 0,05$). |
| Vanin et al., 2016b | Pred in/ali po vadbi (5–10 min) | A – laser + laser B – laser + placebo C – placebo + laser D – placebo | Vadba za jakost - potisk z nogami z 80 % 1-RM, ekstenzija kolena unilateralno za oba spodnja uda (5 setov, 10 ponovitev, 2 minuti počitka med seti). | 3 mesece, dvakrat tedensko (24 vadbenih enot). | MVIC, 1RM | Statistično pomembno izboljšanje MVIC in 1RM ($p < 0,05$) pri obsevanju z laserjem pred vadbo. |

Legenda: LLLT – laserska terapija nizke intenzitete, RM – ponovitveni maksimum, MVC - največja hotena kontrakcija

5 RAZPRAVA

Namen diplomske naloge je bil predstaviti učinke obsevanja z nizko intenzivnim laserjem na zmogljivost mišic spodnjih udov. Rezultati vključenih raziskav so pokazali, da so bili v vseh osmih raziskavah dokazani pozitivni učinki obsevanja z laserjem.

V šestih pregledanih raziskavah (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014) so poleg obsevanja z laserjem izvajali vzdržljivostno vadbo. Le Dos Reis in sodelavci (2014) niso ugotovili znatnega izboljšanja mišične zmogljivosti, medtem ko so ostali rezultati raziskav pokazali, da obsevanje z laserjem poveča RM in MVIC. Ugotovitve pregledanih raziskav se ujemajo z ugotovitvami drugih avtorjev, in sicer De Marchi in sodelavci (2017) so v svoji raziskavi prišli do zaključkov, da obsevanje z nizko intenzivnim laserjem pred vadbo poveča MVIC v času od 24 do 72 ur po vadbi ($p < 0.05$). Leal Junior in sodelavci (2010) so v svojo raziskavo zajeli odbojkaše, katerim so po vadbi z laserjem obsevali dvoglavo nadlaktno mišico. Rezultati so pokazali, da se poveča število ponovitev skupini obsevani z laserjem v primerjavi s placebo skupino.

V dveh vključenih raziskavah (Ferraresi et al., 2011; Vanin et al., 2016b) so poleg obsevanja z laserjem izvajali vadbo za jakost, prav tako so v obeh raziskavah v programu vadbe izvajali potisk z nogami. Rezultati raziskav (Ferraresi et al., 2011; Vanin et al., 2016b) kažejo statistično pomembno povečanje MVIC in 1RM. Pozitivne učinke obsevanja z laserjem na mišično zmogljivost kažejo tudi številne druge študije, kjer obsevajo dvoglavo nadlaktno mišico (Leal Junior et al., 2008; Leal Junior et al., 2009c). Obsevanje z laserjem so izvajali pred vadbo za jakost, rezultati teh raziskav pa kažejo, da se eksperimentalni skupini poveča število ponovitev v primerjavi s placebo skupino. Statistično pomembne rezultate pri številu ponovitev so dosegli tudi Toma in sodelavci (2013) pri obsevanju štiriglave stegenske mišice. Njihov vzorec je zajemal starejše ženske, laser pa so prav tako aplicirali pred vadbo. V drugi raziskavi Toma in sodelavcev (2016) so prav tako vključili starejše ženske. Obsevali so štiriglavo stegensko mišico s 100 mW po vadbenem programu. Imeli so kontrolno skupino, skupino A, ki je izvajala vadbo za jakost, ter skupino B, ki je bila poleg vadbe za jakost še obsevana z laserjem. Rezultati so pokazali pomembno izboljšanje na račun povečanja števila ponovitev skupini B v primerjavi s kontrolno skupino ($p = 0,0001$), medtem ko ni prišlo do pomembnih razlik med skupinama A in B.

V štirih pregledanih raziskavah so avtorji aplicirali laser pred vadbo (Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Oliveira et al., 2014; Antonialli et al., 2014), v eni raziskavi (Ferraresi et al., 2011) po vadbi, medtem ko so v dveh raziskavah (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016b) aplicirali laser tako pred vadbo kot tudi po njej. Le v eni raziskavi (De Brito Vieira et al., 2014) so laser aplicirali med samo vadbo. Dos Reis in sodelavci (2014) so v svoji raziskavi primerjali placebo skupino ter skupine, kjer so aplicirali laser pred vadbo in po njej. Prišli so do zaključkov, da se je število ponovitev povečalo le skupini, kjer so aplicirali laser po vadbi, vendar te razlike niso bile statistično pomembne. Vanin in sodelavci (2016b) so v svoji raziskavi primerjali štiri različne skupine, in sicer placebo ter skupine, kjer so aplicirali laser pred vadbo, po vadbi ter hkrati pred in po vadbi. Boljše rezultate je dosegla skupina, obsevana z laserjem pred vadbo, saj je prišlo do povečanja MVIC iz 39 % na 46 %, medtem ko se je placebo skupini povečalo le iz 20 % na 21 %. De Brito Vieira in sodelavci (2014) so obsevali z laserjem med posameznimi seti vadbenega programa. Skupina, obsevana z laserjem, je dosegla statistično pomembno izboljšanje RM ($p=0,027$), medtem ko je pri placebo skupini prišlo do zmanjšanja RM. V literaturi obstaja veliko nesoglasij, kdaj je obsevanje z laserjem najučinkovitejše (Dos Reis et al., 2014). Številne raziskave pravijo, da obsevanje z laserjem pred vadbo preprečuje poškodbe mišičnega tkiva, povzročene zaradi vadbe, hkrati pa pospeši njihovo okrevanje (Vanin et al., 2016a; Leal Junior et al., 2015; Borsa et al., 2013).

Optimalni parametri laserske terapije za izboljšanje mišične zmogljivosti niso znani (Dos Reis et al., 2014; Leal Junior et al., 2015). V dveh vključenih raziskavah (Vanin et al., 2016a; Antonialli et al., 2014) so preiskovali optimalne odmerke energije laserske terapije in prišli do različnih ugotovitev. Vanin in sodelavci (2016a) so uporabili laser s petimi diodami in valovno dolžino 810 nm, medtem ko so Antonialli in sodelavci (2014) uporabili laser z dvanajstimi diodami in kombinacijo treh valovnih dolžini, 640, 875 in 905 nm. Obe raziskavi sta testirali odmerke energije 10, 30 in 50 J, vendar na različni populaciji. Vanin in sodelavci (2016a) so zaključili, da pride do pomembnega povečanja MVC pri skupini obsevani z laserjem 10 J in 50 J, pri obsevanju s 30 J pa ni bilo pomembnih učinkov. Nasprotno pa trdijo Antonialli in sodelavci (2014), ki so ugotovili, da je ravno skupina, obsevana z laserjem s 30 J, dosegla pomembno izboljšanje MVC v primerjavi s skupino z 10 J in 50 J. Avtorji so prišli do različnih zaključkov, kar potrjuje, da se laserska terapija lahko razlikuje glede na parametre in obravnavano populacijo. (Vanin et al., 2016a; Antonialli et al., 2014; Miranda et al., 2016).

De Oliveira in sodelavci (2017) so v svojo raziskavo vključili laser z različnimi izhodnimi močmi, in sicer 100 mW, 200 mW in 400 mW. Do povečanja MVIC je prišlo pri vseh skupinah, obsevanih z laserjem, pomembne rezultate pa sta dosegli skupini s 100 in 200 mW, saj je prišlo do povečanja le-te v vseh testiranih časovnih točkah. Skupina, obsevana s 100 mW, je dosegla povečanje MVIC do 96 ur po vadbi, medtem ko je skupina s 200 mW dosegla povečanje do 24 ur po vadbi. Na podlagi teh rezultatov avtorji sklepajo, da je za namen izboljšanja mišične jakosti med 1 in 24 urami boljša uporaba laserja z 10 J in 200 mW. To je smiselno predvsem pri športnikih, pri katerih se želi čim hitreje okrevanje. Če pa je potrebno okrevanje v času od 48 do 72 ur, se uporabi laser z 10 J in 100 mW. To je primerno predvsem za nogometaše, košarkaše in odbojkaše. Do enakih zaključkov so prišli tudi Vanin in sodelavci (2016a), ki so v svojo raziskavo vključili nogometaše. Nasprotno so v svoji raziskavi ugotovili Baroni in sodelavci (2010), kjer so uporabili laser s 30 J in 200 mW in prišli do pomembnih rezultatov na račun izboljšanja mišične zmogljivosti do 48 ur po vadbi. Leal Junior in sodelavci (2010) so v svoji raziskavi prav tako uporabili laser z 200 mW. Z razliko od ostalih raziskav so v tej obsevali dvoglavo nadlaktno mišico. Tudi v tej raziskavi je prišlo do pomembnega povečanja število ponovitev v primerjavi s placebo skupino. Te razlike med raziskavami lahko pripisujemo obravnavanemu vzorcu v posamezni študiji (trenirani, netrenirani) in valovnimi dolžinami naprave (ena valovna dolžina ali več valovnih dolžin) (Vanin et al., 2016a). Večja izhodna moč tako ne vodi do boljših rezultatov in zato ni najboljša izbira za doseg željenih učinkov (De Oliveira et al., 2017).

V štirih pregledanih raziskavah (Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014; Vanin et al., 2016b) so izvajali ekscentrično vadbo za ekstenzorje kolena z enakimi parametri: 5 setov, 15 ponovitev, 30 s počitka med seti, v dveh raziskavah pa so izvajali vadbo za jakost, in sicer potisk z nogami z naslednjimi parametri: 5 setov, 10 ponovitev in dve minuti počitka med posameznimi seti. Pri vseh raziskavah je prišlo do izboljšanja mišične zmogljivosti, vendar avtorji v vključenih raziskavah niso usmerjali pozornosti na dolžino in frekvenco vadbe. Ferraresi in sodelavci (2011) ter Vanin in sodelavci (2016b) navajajo dolžino vadbe 3 mesece, dvakrat tedensko, torej 24 vadbenih enot. V kar štirih vključenih raziskavah (Vanin et al., 2016; Baroni et al., 2010; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014) pa so preiskovalci izvajali meritve le do 96 ur po vadbi.

Kot je že znano iz predhodnih raziskav, ima laserska terapija številne ugodne učinke na mišično tkivo, in sicer poveča mišični metabolizem (Albuquerque-Pontes et al., 2015; Leal Junior et al., 2009a), zmanjša koncentracijo laktata v krvi (Leal Junior et al., 2009a; Leal Junior et al., 2009b; Leal Junior et al., 2010) ter izboljša aktivnost mitohondrijev (Amaral et al., 2001). Avtorji v pregledanih raziskavah navajajo, da je prišlo do izboljšanja mišične zmogljivosti prav tako na račun izboljšanja funkcije mitohondrijev in s tem do povečanja produkcije ATP (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014; Ferraresi et al., 2011), zmanjšanja mišične utrujenosti (Antonialli et al., 2014), izboljšanja mikrocirkulacije in povečanja odstranjevanja laktata (Ferraresi et al., 2011). Večina avtorjev v pregledani literaturi je prišlo do enakih ugotovitev, vendar zaradi majhnega števila metodološko visokih kakovostnih raziskav in pomanjkljivih dokazov, ne moremo z gotovostjo trditi, da laserska terapija statistično pomembno izboljša mišično zmogljivost. Prav tako smo v pregledani literaturi opazili, da se avtorji različnih raziskav ponavljajo in s tem tudi povzemajo enake ugotovitve, kar je še dodatna pomanjkljivost. Lahko pa sklepamo, da ima laserska terapija pozitivne učinke na mišično tkivo, saj poleg povečanja proizvodnje ATP, ki je pomemben vir energije za mišično delo, vpliva tudi na zmanjšanje utrujenosti mišic in možnosti mišičnih poškodb.

Ob pregledu vključenih raziskav lahko povzamemo, da je prišlo do izboljšanja mišične zmogljivosti v vseh eksperimentalnih skupinah ne glede na parametre laserske terapije in raznolikosti izvajanja vadbe. V nobeni raziskavi ni prišlo do negativnih učinkov terapije, so pa bile v nekaterih raziskavah zaznane pomanjkljivosti, ki bi lahko vplivale na rezultate. Vzorec populacije je bil v štirih raziskavah (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; De Brito Vieira et al., 2014; De Oliveira et al., 2017) manjši od 30 merjencev, prav tako je potrebno omeniti, da je bila populacija raznolika. Zajemala je zdrave trenirane in netrenirane posameznike kot tudi visoko aktivne športnike, zato rezultatov ne moremo posploševati na celotno populacijo (Dos Reis et al., 2014; Vanin et al., 2016a; Baroni et al., 2010; De Brito Vieira et al., 2014; Ferraresi et al., 2011; De Oliveira et al., 2017; Antonialli et al., 2014; Vanin et al., 2016b).

Ker je to novejše neraziskano področje, bi bilo potrebno izvesti metodološko kvalitetne raziskave, da bi lahko razložili in dokazali učinkovitost laserske terapije na mišično

zmogljivost. Prav tako bi bilo potrebno raziskati, kateri parametri so najoptimalnejši v našem primeru, saj je v trenutni literaturi veliko nesoglasij glede teh.

6 ZAKLJUČEK

Namen diplomskega dela je bil na podlagi pregleda strokovne in znanstvene literature predstaviti učinke obsevanja nizkointenzivnega laserja na mišično zmogljivost spodnjih udov. Na podlagi pregledanih raziskav lahko povzamemo, da ima kombinacija laserja in vadbe večji učinek na mišično zmogljivost spodnjih udov, kot sama vadba. Izboljšanje mišične zmogljivosti je bilo opazno v vseh eksperimentalnih skupinah ne glede na parametre laserske terapije in vrste izvajanega vadbenega programa. Rezultati sedmih od osmih pregledanih raziskav kažejo, da obsevanje z nizko intenzivnim laserjem in vadba statistično pomembno izboljša mišično zmogljivost. Izboljšanje je bilo opazno pri MVC in RM. Pri vseh pregledanih raziskavah so bili opazni raznoliki parametri laserske terapije in vrste ter raznolikosti izvajanega vadbenega programa.

Zaradi majhnega števila pregledanih raziskav ne moremo z gotovostjo zaključiti ali laserska terapija nizke intenzitete izboljša mišično zmogljivost, vendar so rezultati zelo spodbudni. Prav tako ne moremo podati zanesljivih zaključkov o optimalnih parametrih, saj so le-ti v pregledanih raziskavah raznoliki. V prihodnosti bi bilo potrebno izvesti več kvalitetnih kontrolnih raziskav, ki bi bile enotne za raziskovalno populacijo.

7 LITERATURA

Albuquerque-Pontes GM, De Paula Vieira R, Tomazoni SS et al. (2015). Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers Med Sci* 30(1): 59–66. doi: 10.1007/s10103-014-1616-2.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-014-1616-2.pdf> <24. 4. 2018>.

Amaral AC, Parizotto NA, Salvini TF (2001). Dose-dependency of low-energy HeNe laser effect in regeneration of skeletal muscle in mice. *Lasers Med Sci* 16(1): 44–51.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FPL00011336.pdf> <24. 4. 2018>.

Antonialli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti V, de Paiva PRV et al. (2014). Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci* 29(6): 1967–76. doi: 10.1007/s10103-014-1611-7.

Dostopno na:

https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Miranda9/publication/262794586_Phototherapy_in_skeletal_muscle_performance_and_recovery_after_exercise_Effect_of_combination_of_super-pulsed_laser_and_light_emitting_diodes/links/0c96053b418c2d49dd000000.pdf <24. 4. 2018>.

Bargman H (2010). Laser classification systems. *J Clin Aesthet Dermatol* 3(10): 19.

Dostopno na:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2958191/pdf/jcad_3_10_19.pdf <24. 9. 2018>.

Baroni BM, Junior ECPL, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA (2010). Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl physiol* 110(4): 789–96. doi: 10.1007/s00421-010-1562-z.

Dostopno na:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45187869/Low_level_laser_therapy_b

[efore_eccentric20160428-24622-10su6k3.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1534438035&Signature=n%2F2AAJiJlvA8t%2FZCDn8u5BJSRyE%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLow_level_laser_therapy_before_eccentric.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3554033/pdf/i1062-6050-48-1-57.pdf) <24. 4. 2018>.

Ben-Dov N, Shefer G, Irinitchev A et al. (1999). Low-energy laser irradiation affects satellite cell proliferation and differentiation in vitro. *Biochim Biophys Acta - Molecular Cell Research*, 1448(3): 372–80.

Dostopno na: https://ac.els-cdn.com/S0167488998001475/1-s2.0-S0167488998001475-main.pdf?tid=d6aab563-2a7d-4fa4-956e-5cb044e2c9bc&acdnat=1539007848_52bd7d45ff28c72adc5a4ce313e656b6 <8. 10. 2018>.

Borsa PA, Larkin KA, True JM (2013). Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. *J Athl Train* 48(1): 57–67. doi: 10.4085/1062-6050-48.1.12.

Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3554033/pdf/i1062-6050-48-1-57.pdf> <24. 4. 2018>.

Cameron MH (2009). *Electromagnetic radiation: lasers and lights. Physical agents in rehabilitation: From research to practice*. St. Louis: Saunders Elsevier, 238–306.

Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR (2012). The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng* 40(2): 516–33. doi:10.1007/s10439-011-0454-7.

Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3288797/pdf/nihms339992.pdf> <24. 4. 2018>.

Da Silva Alves MA, Pinfildi CE, Neto LN, Lourenço RP, de Azevedo PHSM, Dourado VZ (2014). Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. *Lasers Med Sci* 29(6): 1945–51. doi: 10.1007/s10103-014-1595-3.

Dostopno na:

https://www.researchgate.net/profile/Victor_Dourado/publication/263199999_Acute_effects_of_low-level_laser_therapy_on_physiologic_and_electromyographic_responses_to_the_cardiopulmonary_exercise_testing_in_healthy_untrained_adults/links/0f31753a26c22c173e000000/Acute-effects-of-low-level-laser-therapy-on-physiologic-and-electromyographic-responses-to-the-cardiopulmonary-exercise-testing-in-healthy-untrained-adults.pdf <24. 4. 2018>.

De Brito Vieira WH, Ferraresi C, De Andrade Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA (2012). Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 27(2): 497–504. doi: 10.1089/pho.2013.3617.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-011-0984-0.pdf> <24. 4. 2018>.

De Brito Vieira WH, Bezerra RM, Queiroz RAS, Maciel NFB, Parizotto NA, Ferraresi C (2014). Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg* 32(12): 678–85. doi: 10.1089/pho.2014.3812.

Dostopno na:

<https://pdfs.semanticscholar.org/47a2/86d81e04b3b5983ad48ce1a3172740f0d36d.pdf> <24.4.2018>.

De Marchi T, Leal Junior ECP, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RÁB, Salvador M (2012). Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci* 27(1): 231–6. doi: 10.1007/s10103-011-0955-5.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-011-0955-5.pdf> <24. 4. 2018>.

De Marchi T, Schmitt VM, Danúbia da Silva Fabro C et al. (2017). Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: comparison of 3 commercially available devices. *J Athl Train* 52(5): 429–38. doi: 10.4085/1062-6050-52.2.09.

Dostopno na: <http://www.natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-52.2.09> <21. 8. 2018>.

De Oliveira AR, Vanin AA, Tomazoni SS, Miranda EF, Albuquerque-Pontes GM, De Marchi T, et al. (2017). Pre-exercise Infrared photobiomodulation therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans: what is the optimal power output? *Photomed Laser Surg* 35(11): 595–603. doi: 10.1089/pho.2015.3992.

Dostopno na: <https://responssystem.com/wp-content/uploads/2016/01/Skeletal-Muscle-Performance-with-Pre-Exercise-LLLT-2016.pdf> <21. 8. 2018>.

Dos Reis FA, da Silva BAK, Laraia EMS, de Melo RM, Silva PH, Leal-Junior ECP, de Carvalho PDTC (2014). Effects of pre-or post-exercise low-level laser therapy (830 nm) on skeletal muscle fatigue and biochemical markers of recovery in humans: double-blind placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg* 32(2): 106–12. doi: 10.1089/pho.2013.3617.

Dostopno na: <http://healthboss.org/wp-content/uploads/2014/02/LLL-and-Exercise-Fatigue.pdf> <24. 4. 2018>.

Dos Santos DR, Liebano RE, Baldan CS, Masson IB, Soares RP, Esteves IJ (2010). The low-level laser therapy on muscle injury recovery: literature review. *J Health Sci Inst* 28(3): 286–8.

Dostopno na:

<https://pdfs.semanticscholar.org/ba76/3851673631a648840582eb0a24c8d7ddf465.pdf> <24. 4. 2018>.

Enwemeka CS (2009). Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. *Photomed Laser Surg* 27(3): 387–93. doi: 10.1089=pho.2009.2503.

Dostopno na:

https://www.researchgate.net/profile/Chukuka_Enwemeka/publication/26244453_Intricacies_of_Dose_in_Laser_Phototherapy_for_Tissue_Repair_and_Pain_Relief/links/0912f50c1285577440000000.pdf <24. 4. 2018>.

Ferraresi C, De Brito Oliveira T, De Oliveira Zafalon L et al. (2011). Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci* 26(3): 349–58. doi: 10.1007/s10103-010-0855-0.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-010-0855-0.pdf> <24. 4. 2018>.

Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA (2012). Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics Lasers Med* 1(4): 267–86. doi: 10.1515/plm-2012-0032.

Dostopno na:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3635110/pdf/nihms453652.pdf> <24. 4. 2018>.

Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR (2016). Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics* 9(11-12): 1273–99. doi: 10.1002/jbio.201600176.

Dostopno na:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5167494/pdf/nihms835824.pdf> <24. 4. 2018>.

Grossweiner LI, Grossweiner JB, Gerald Rogers BH (2005). *Phototherapy light sources. The Science of Phototherapy: An Introduction*, 57–92.

Hode L (2008). *Lasers that heal*. Grängesberg: Prima Books AB, 1–32.

Ihsan FR (2005). Low-level laser therapy accelerates collateral circulation and enhances microcirculation. *Photomed Laser Surg* 23(3): 289–94.

Dostopno na:

http://www.nupen.com.br/port/odontologia/od_bibli/junho_2007/MOHAMMED_IHSAN_2005.pdf <24. 4. 2018>.

Karu T (1989). Photobiology of low-power laser effects. *Health phys* 56(5): 691–704.

Dostopno na: <https://www.isan.troitsk.ru/dls/publ/691.pdf> <24. 4. 2018>.

Kneebone WJ (2006). Practical applications of low level laser therapy: a brief review of some of the basic concepts of low level laser therapy. *Pract Pain Manag* 6(8): 34–40.

Dostopno na: <http://www.rabochiropracticcenter.com/pdf/LaserApplicationPhoto.pdf> <24. 4. 2018>.

Kos N, Sedej B (2011). Dokazi o učinkovitosti terapije z laserjem. V: Rehabilitacija: z dokazi podprta rehabilitacija – II – Zbornik predavanj, 22. dnevi rehabilitacijske medicine, Ljubljana, 25. in 26. marec 2011. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS – Soča (10): 43–48.

Leal Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Dalan F et al. (2008). Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg* 26(5): 419–24. doi: 10.1089/pho.2007.2160.

Leal Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Rossi RP et al. (2009a). Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. *Lasers Surg Med* 41(8): 572–7. doi: 10.1002/lsm.20810.

Dostopno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/lsm.20810> <24. 4. 2018>.

Leal Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Baroni BM et al. (2009b). Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci* 24(6): 857–63. doi: 10.1007/s10103-008-0633-4.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-008-0633-4.pdf> <24. 4. 2018>.

Leal Junior ECPL, Lopes-Martins RÁB, Vanin AA et al. (2009c). Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci* 24(3): 425–31. doi: 10.1007/s10103-008-0592-9.

Dostopno na:

https://www.researchgate.net/profile/Jan_Bjordal/publication/51422706_Effect_of_830_nm_low-level_laser_therapy_in_exercise-induced_skeletal_muscle_fatigue_in_humans/links/0912f509bddb1059b3000000.pdf <21. 8. 2018>.

Leal Junior ECP, Lopes-Martins RA, Frigo L et al. (2010). Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post-exercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther* 40: 524–32. doi: 10.2519/jospt.2010.3294.

Dostopno na: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2010.3294> <24. 4. 2018>.

Leal Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho PDTC, Dal Corso S, Bjordal JM (2015). Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci* 30(2): 925–39. doi: 10.1007/s10103-013-1465-4.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-013-1465-4.pdf> <24. 4. 2018>.

Low J, Reed A (1994). *Electrotherapy explained: Principles and practice* 2nd ed. Butter Worth Heinemann: Oxford.

Manteifel V, Bakeeva L, Karu T (1997). Ultrastructural changes in chondriome of human lymphocytes after irradiation with He-Ne laser: appearance of giant mitochondria. *J Photochem Photobiol B* 38: 25–30.

Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, et al. (2016). Using preexercise photobiomodulation therapy combining superpulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. *J Athl Train* 51:129–135. doi: 10.4085/1062-6050-51.3.10.

Dostopno na: <http://www.natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-51.3.10> <7. 6. 2018>.

Santamato A, Solfrizzi V, Panza F et al. (2009). Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of people with subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 89(7): 643–52. doi: 10.2522/ptj.20080139.

Dostopno na : <https://www.orthocanada.com/documents/Short-term%20Effects%20of%20High-Intensity.pdf> <21. 8. 2018>

Shefer G, Oron U, Irintchev A, Wernig A, Halevy O (2001). Skeletal muscle cell activation by low-energy laser irradiation: A role for the MAPK/ERK pathway. *Cell Physiol Biochem* 187(1): 73–80.

Štiglić-Rogoznica N, Stamenković D, Frlan-Vrgoč L, Avancini-Dobrović V, Schnurrer-Luke Vrbanić T (2011). Analgesic effect of high intensity laser therapy in knee osteoarthritis. *Coll Antropol* 35(2): 183–5.

Dostopno na:

https://www.orthocanada.com/documents/High_Intensity_Laser_Knee_Osteoarthritis.pdf
<16. 8. 2018>.

Toma RL, Tucci HT, Antunes HKM et al. (2013). Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci*, 28(5): 1375–82. doi: 10.1007/s10103-012-1246-5.

Dostopno na:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45151782/Effect_of_808_nm_low-level_laser_therapy20160427-10888-bfzrqg.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1534864200&Signature=VK6cKA%2BnXDg6QPm15ERcpFVknGA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEffect_of_808_nm_low-level_laser_therapy.pdf
<21. 8. 2018>.

Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HKM, Renno ACM (2016). Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers MedSci*, 31(6): 1219–29. doi: 10.1007/s10103-016-1967-y.

Tunér J, Hode L (2010). *The new laser therapy handbook: a guide for research scientists, doctors, dentists, veterinarians and other interested parties within the medical field.* Grängesberg: Prima Books AB.

Vanin AA, De Marchi T, Silva Tomazoni S, Tairova O, Leão Casalechi H, de Tarso Camillo de Carvalho P, et al. (2016a). Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans, what is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg* 34(10): 473–82. doi: 10.1089/pho.2015.3992.

Dostopno na: <https://responssystem.com/wp-content/uploads/2016/01/Skeletal-Muscle-Performance-with-Pre-Exercise-LLLT-2016.pdf> <7. 6. 2018>.

Vanin AA, Miranda EF, Machado CSM, de Paiva PRV, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL, et al. (2016b). What is the best moment to apply phototherapy when

associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci* 31(8): 1555–64. doi: 10.1007/s10103-016-2015-7.

Dostopno na:

https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Miranda9/publication/304707608_What_is_the_best_moment_to_apply_phototherapy_when_associated_to_a_strength_training_program_A_randomized_double-blinded_placebo-controlled_trial_Phototherapy_in_association_to_strength_training/links/585bca0908aebf17d3864894/What-is-the-best-moment-to-apply-phototherapy-when-associated-to-a-strength-training-program-A-randomized-double-blinded-placebo-controlled-trial-Phototherapy-in-association-to-strength-training.pdf <7. 6. 2018>.

Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP (2018).

Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 33: 181–214. doi: 10.1007/s10103-017-2368-6.

Dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10103-017-2368-6.pdf> <24. 4. 2018>.

Watson T, Bexter (2008). Low-intensity laser therapy. In: *Electrotherapy: Evidence Based Practice*. Churchill Livingstone. Edinburgh: Elsevier, 161–77.

Xu X, Zhao X, Liu TC, Pan H (2008). Low-intensity laser irradiation improves the mitochondrial dysfunction of C2C12 induced by electrical stimulation. *Photomed Laser Surg* 26:197–202. doi: 10.1089/pho.2007.2125.