

Učinki terapije z laserjem nizke intenzitete na zmogljivost štiriglave stegenske mišice – sistematični pregled literature

Effects of low intensity laser therapy on muscle performance of quadriceps femoris muscle – systematic literature review

Sara Vesel¹, Alan Kacin¹, Daša Weber¹

IZVLEČEK

Uvod: Obstajajo posamezni dokazi, da obsevanje skeletne mišice z lasersko svetlobo nizke intenzitete poveča presek mišičnih vlaken in gostoto mitohondrijev. Laserska terapija naj bi tako vplivala na izboljšanje mišične zmogljivosti in zmanjšanje mišične utrudljivosti. Namen pregleda literature je bil predstaviti dokaze o učinkih obsevanja z nizkointenzivnim laserjem na zmogljivost in utrudljivost štiriglave stegenske mišice. **Metode:** V pregled literature so bile vključene randomizirane kontrolne raziskave iz podatkovnih zbirk PubMed, PEDro in Springer Link. **Rezultati:** Izbranih je bilo osem randomiziranih kontrolnih raziskav, v katerih so proučevali učinke laserske terapije na štiriglavo stegensko mišico. V šestih raziskavah so preiskovali učinke obsevanja z nizkointenzivnim laserjem na mišično utrujenost, v dveh pa vpliv obsevanja z nizkointenzivnim laserjem v kombinaciji z vadbo na mišično jakost. Rezultati so pokazali, da laserska terapija pomembno poveča mišično jakost in vzdržljivost. **Zaključek:** Obsevanje z nizkointenzivnim laserjem ima kratkotrajne in dolgotrajne učinke na skeletno mišico. Zaradi majhnega števila pregledanih raziskav in različne kakovosti dokazov so za nedvoumen zaključek potrebne nadaljnje raziskave. Raziskati je treba zlasti dolgotrajne učinke laserske terapije na različne komponente mišične zmogljivosti.

Cljučne besede: laserska terapija, laser nizke intenzitete, mišična zmogljivost, vzdržljivostna vadba, vadba za jakost.

ABSTRACT

Background: There is some evidence that radiation of skeletal muscle with low-intensity laser increases cross-section and mitochondrial density of muscle fibres. It is therefore assumed that laser therapy improves muscle performance and reduces muscle fatigue. The purpose of the literature review was to present the effect of radiation with a low-intensity laser on muscle performance and fatigue of quadriceps femoris muscle. **Methods:** Scientific reports of randomized control studies index in PubMed, PEDro and Springer Link databases were included in the review. **Results:** Eight randomized control studies focused on quadriceps femoris muscle were analysed in detail. Six studies investigated the effects of low-intensity laser therapy on muscle fatigue. In the other two studies, a combined effect of low-intensity laser therapy and exercise on muscle strength was investigated. The results have shown that laser therapy significantly increases muscle strength and endurance. **Conclusion:** Low-intensity laser therapy has short-term and long-term positive effects on skeletal muscle function. Due to a low number and various quality of reviewed studies, further research is needed in this regard. Especially, long-term effects of laser therapy on various components of muscle capacity need to be thoroughly scrutinized in future studies.

Key words: laser therapy, low-intensive laser, muscle performance, endurance training, strength training.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: asist. dr. Daša Weber, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.; e-pošta: dasa.weber@zf.uni-lj.si

Prispelo: 3.2.2020

Sprejeto: 26.8.2020

UVOD

Laserska svetloba je elektromagnetna energija znotraj ali blizu vidnega spektra. Od drugih oblik svetlobe se razlikuje v tem, da je monokromatska (svetloba z eno valovno dolžino), koherentna (nepretrgana) in usmerjena, s čimer se energija svetlobe skoncentrira in usmeri v točko, kar pa močno poveča njeno prodornost v globino (1). Laserska terapija temelji na fotokemičnih in fotobioloških učinkih na celice in tkiva na globini do 4 cm (2).

Dovedena energija z laserjem nizke intenzitete pomembno ne segreva tkiva (3), povzroči pa različne učinke na molekularni, celični in tkivni ravni (4). Med pozitivne učinke laserja spadajo spodbujanje proizvodnje ATP-ja (1, 5, 6) in kolagena (1), pospešitev celjenja in nadzor bolečine (1, 7, 8), uravnavanje vnetja in inhibicija bakterijskega razmnoževanja (1), spodbujanje vazodilatacije, sprememba hitrosti živčne prevodnosti (1, 9), povečana stopnja celičnega dihanja (10) in povečana prekrvitev tkiva (11). Laserska terapija ima ugodne učinke tudi na mišično tkivo (12–14), saj aktivira satelitske celice skeletnih mišic, povečuje njihovo proliferacijo in zavira diferenciacijo (12, 14), poveča mišični metabolizem (15, 16), zmanjša koncentracijo laktata v krvi, nastalega po vadbi (17–19), ter poveča presek mišičnih vlaken in gostoto mitohondrijev (13).

Laserska terapija nizke intenzitete je neinvazivna metoda, ki se vse bolj uporablja za zmanjševanje mišičnih poškodb in utrujenosti mišic (20). Številne raziskave potrjujejo učinkovitost nizko-intenzivnega laserja na večjo učinkovitost vadbe (18, 21), tako da zmanjša možnost nastanka mišičnih poškodb (18, 19, 21), izboljša delovanje skeletnih mišic (14, 21) in upočasni mišično utrudljivost (2, 6, 14, 19, 20, 22, 23). Avtorji (6, 17, 24) nekaj raziskav poročajo tudi, da laserska terapija lahko vpliva na izboljšanje mišične vzdržljivosti in jakosti. Namen pregleda literature je bil torej analizirati in predstaviti dokaze o učinkih obsevanja z nizko-intenzivnim laserjem na utrujenost in zmogljivost štiriglave stegenske mišice.

METODE

Iskanje literature je potekalo prek elektronskih podatkovnih zbirk PubMed, PEDro in Springer Link. Uporabljene ključne besede so bile »low level laser therapy« OR »light-emitting diode therapy« OR »phototherapy« AND »skeletal muscle« OR »muscle performance«. V pregled so bili vključeni članki v angleškem jeziku, objavljeni od leta 2009 do 2020. Vključili smo randomizirane kontrolne raziskave, v katerih so sodelovali zdravi preiskovanci. Izključili pa smo raziskave, ki so vključevale poškodovane preiskovance, in raziskave, v katerih niso merili mišične zmogljivosti.

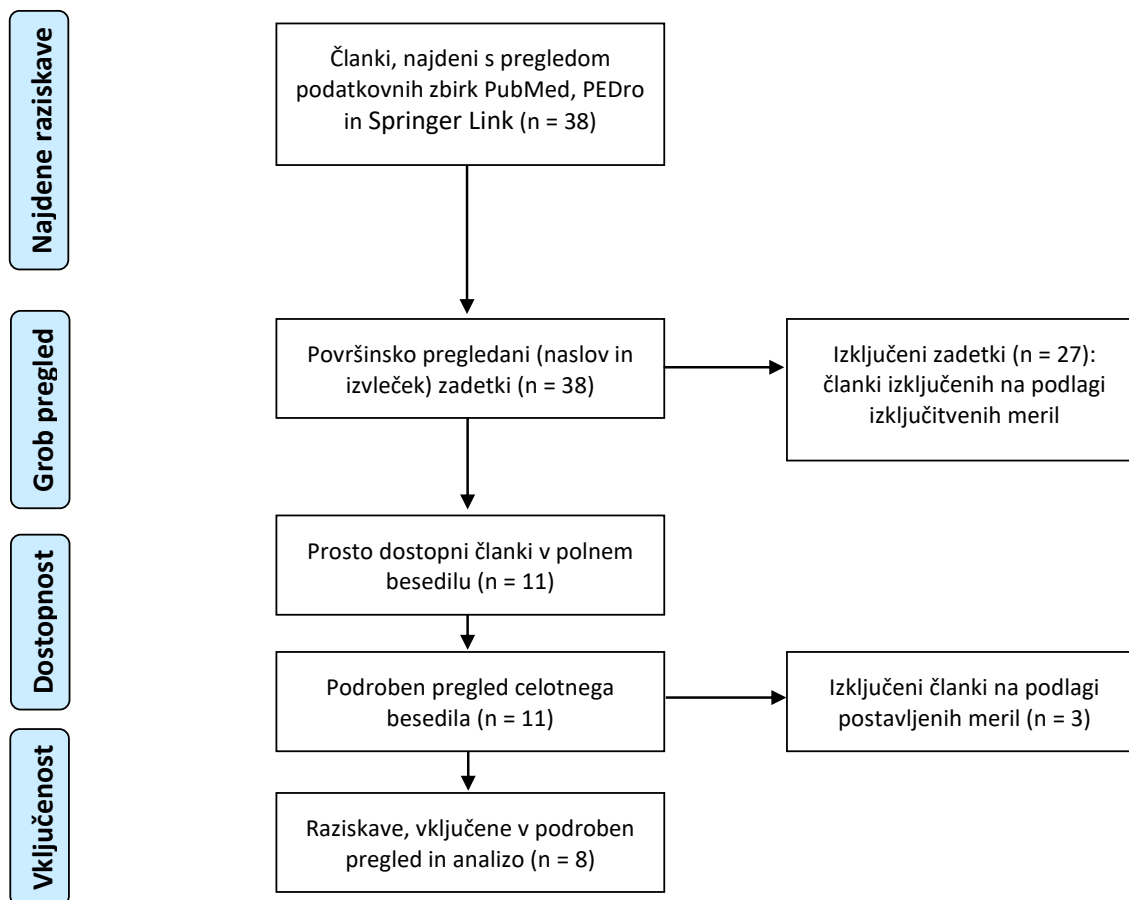
Besedila smo analizirali glede na značilnosti laserske terapije, in sicer glede na čas izvedbe laserske terapije (pred terapijo in po njej), stopnjo obsevalne energije, izhodne moči laserja in glede na vrsto vadbe, izvedeno poleg laserske terapije (enkratna vadba za vzdržljivost in večkratna vadba za jakost).

REZULTATI

Na podlagi vključitvenih in izključitvenih meril je bilo izbranih osem raziskav, objavljenih med letoma 2010 (25) in 2017 (26). Način iskanja in izločanja raziskav je prikazan v spodnji shemi (slika 1).

Šest raziskav je bilo ocenjenih po PEDro lestvici: dve raziskavi z oceno 6 (23, 25), ena z oceno 7 (14), ena z oceno 8 (30) in ena z oceno 10 (28), medtem ko preostale tri (26, 31, 32) še niso bile ocenjene.

V raziskavah je skupno sodelovalo 250 preiskovancev moškega spola, starih od 18 do 35 let, z različno stopnjo telesne pripravljenosti. Pregledane raziskave so se razlikovale tako v parametrih obsevanja z laserjem kot v času, kdaj je bilo obsevanje izvedeno, in sicer samo pred vadbo (25, 28) ali po njej (29) ali pa v obeh časovnih intervalih (30, 31). Raziskave so se razlikovale tudi glede na vrsto vadbe, kombinirane z lasersko terapijo, in sicer vadba za mišično vzdržljivost, ki je bila izvedena samo enkrat in so tako ugotavljali takojšnji učinek na utrujenost mišice (23, 25, 26, 28, 30, 32), ali vadba za jakost, ki se je izvajala tri mesece in so z njo ugotavljali dolgoročne učinke na jakost mišice (29, 31). V vseh raziskavah so



Slika 1: Diagram poteka PRISMA (27)

obsevali štiriglavo stegensko mišico, vendar na petih do sedmih različnih mestih, glede na število in postavitev laserskih diod posamezne naprave.

Takojšnji učinki laserske terapije v kombinaciji z vzdržljivostno vadbo na mišično zmogljivost štiriglave stegenske mišice

V šestih raziskavah (23, 25, 26, 28, 30, 32) so mišice utrudili z vadbo proti majhnemu uporju, od tega so v štirih raziskavah (25, 26, 28, 32) aplicirali laser pred vadbo, v eni raziskavi (23) med posameznimi seti vadbe ter v eni raziskavi (30) pred vadbo in po njej. V kar petih raziskavah (25, 26, 28, 30, 32) so učinkovitost laserske terapije primerjali s placebo lasersko terapijo. Raziskave so se med seboj razlikovale tudi glede na mere izida. V štirih raziskavah (25, 26, 28, 32) so za spremembo mišične zmogljivosti merili največji navor hotene izometrične kontrakcije (angl. maximum voluntary isometric contraction – MVIC), v eni raziskavi (23) so merili breme enega

ponovitvenega maksimuma (angl. repetition maximum – 1RM), v raziskavi (30) pa so poleg 1RM beležili tudi število iztegov kolena pri 75 % 1RM. V preglednici 1 so natančno opisani skupine in rezultati posameznih raziskav.

Dolgoročni učinki laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost na mišično zmogljivost štiriglave stegenske mišice

V dveh raziskavah (29, 31) so izvajali vadbo za jakost tri mesece, dvakrat na teden (24 vadbenih enot), in sicer so izvajali vajo potisk z nogami. Ferraresi in sodelavci (29) so primerjali učinke laserske terapije v kombinaciji z vadbo za jakost ali samostojno vadbo za jakost s kontrolno skupino, ki ni prejela nobene terapije in ni izvajala nobene vadbe. Vanin in sodelavci (31) so primerjali učinke laserske terapije pred vadbo in/ali po njej v primerjavi s placebo skupino. V preglednici 2 so opisane skupine, čas aplikacije laserske terapije in rezultati raziskav.

Preglednica 1: Raziskovalne metode in ključni rezultati posameznih raziskav o učinkovitosti laserske terapije na utrujenost štiriglave stegenske mišice

| Raziskava | Čas aplikacije laserja | Skupine | Parametri laserja | 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 | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 200 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0364 cm ² Energijaska gostota: 54,95; 164,84; 274,73 J/cm ² Gostota moči: 5,495 W/cm ² Čas: 60, 180, 300 s/spodnji ud | MVIC je bil statistično pomembno višji v skupini A po 24, 48, 72 in 96 urah (p < 0,05) v primerjavi s skupino D, pri skupini C je bil MVIC statistično pomembno višji (p < 0,05) takoj po vadbi, po 1 in 24 urah v primerjavi s skupino D. |
| Baroni et al., 2010 | Pred vadbo (2 min.) | A – LLLT B – placebo | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 200 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,029 cm ² Čas: 30 s/točko | MVIC je bil statistično pomembno višji 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 – 100 mW B – 200 mW C – 400 mW D – placebo | Valovna dolžina: 810 nm Moč: 100, 200, 400 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0364 cm ² Energijaska 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), 25 s (400 mW), 60 s (placebo) | MVIC je bil statistično pomembno višji (p < 0,05) v vseh skupinah z laserjem 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 energije na mišico) C – 50 J (300 J skupne energije na mišico) D – placebo | 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) | MVIC se je statistično pomembno izboljšal (p < 0,05) pri skupini B do 96 ur po vadbi, v primerjavi s placebo skupino, pri skupini A in C se je MVIC prav tako povečal (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 | Valovna dolžina: 808 nm Moč: 100 mW Število diod: 5 Območje žarka: 0,0028 cm ² Energijaska gostota: 1428,57 J/cm ² Gostota moči: 35,71 W/cm ² Čas: 40 s/točko | Število ponovitev krčenja mišice do odpovedi se je statistično pomembno povečalo (p = 0,027) v laser skupini v primerjavi s placebo skupino. |
| Dos Reis et al., 2014 | Pred vadbo, po vadbi | A – placebo B – LLLT pred vadbo C – LLLT po vadbi | Valovna dolžina: 830 nm Moč: 60 mW Število diod: 6 Območje žarka: 0,0028 cm ² Energijaska gostota: 214,28 J/cm ² Gostota moči: 21,43 W/cm ² Čas: 70 s/spodnji ud | Ni bilo statistično pomembnih razlik med skupinami v številu ponovitev (p = 0,89) in 75 % 1RM (p = 0,99) |

LLLT – terapija z laserjem nizke intenzitete, RM – vadbena breme pri danem ponovitvenem maksimumu, MVIC – največji navor hotene izometrične kontrakcije

Preglednica 2: Raziskovalne metode in ključni rezultati posameznih raziskav o učinkovitosti laserske terapije na zmogljivost štiriglave stegenske mišic

| Raziskava | Čas aplikacije laserja | Skupine | Parametri laserja | Rezultati |
|------------------------|---------------------------------------|--|--|--|
| Ferraresi et al., 2011 | Takoj po vadbi | A – vadba in LLLT B – vadba in placebo C – kontrolna skupina | 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 | Statistično pomembno povečanje 1RM po vadbi v skupini A (p < 0,001) in B (p = 0,008) v primerjavi s kontrolno skupino. |
| Vanin et al., 2016b | Pred vadbo in/ali po njej (5–10 min.) | A – laser + laser B – laser + placebo C – placebo + laser D – placebo | 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 | Statistično pomembno izboljšanje MVIC in 1RM (p<0,05) pri obsevanju z laserjem pred vadbo. |

LLLT – laserska terapija nizke intenzitete, RM – vadbeno breme pri danem ponovitvenem maksimumu, MVIC – največji navor hotene izometrične kontrakcije

RAZPRAVA

Namen članka je bil predstaviti takojšnje učinke nizkointenzivnega laserja na utrujanje mišic in dolgoročne učinke na zmogljivost štiriglave stegenske mišice. Rezultati vseh osmih vključenih raziskav so pokazali pozitivne učinke obsevanja z nizkointenzivnim laserjem.

V šestih pregledanih raziskavah (23, 25, 26, 28, 30, 32) so ugotavljali vpliv nizkointenzivne laserske terapije na utrujenost mišic. Le Dos Reis in sodelavci (30) niso ugotovili pomembnega izboljšanja mišične zmogljivosti. Rezultati preostalih petih raziskav (23, 25, 26, 28, 32) pa so dokazali, da obsevanje z laserjem poveča 1RM in MVIC. Ugotovitve se ujemajo z rezultati drugih avtorjev, ki so pokazali, da obsevanje z nizkointenzivnim laserjem pred vadbo teka poveča MVIC štiriglave stegenske mišice, zadnjih stegenskih mišic in dvoglave mečne mišice od 24 do 72 ur po vadbi (21) ter tudi število ponovitev upogiba kolcolca (19).

Rezultati dveh vključenih raziskav (29, 31), v katerih so lasersko terapijo izvajali poleg vadbe za jakost štiriglave stegenske mišice, so pokazali statistično pomembno povečanje MVIC in 1RM. Dokazi podobnih raziskavah na zgornjih udih prav

tako kažejo, da obsevanje z nizkointenzivnim laserjem poveča število ponovitev vaje (18).

Še vedno ni pojasnjeno, kdaj je obsevanje z nizkointenzivnim laserjem najučinkovitejše (30). Dos Reis in sodelavci (30) so v svoji raziskavi primerjali skupine, ki so jim aplicirali laser pred vadbo in po njej. V primerjavi s placebo skupino se je število ponovitev povečalo le v skupini, obsevani po vadbi, vendar razlike niso bile statistično pomembne. Vanin in sodelavci (31) so v svoji raziskavi primerjali skupine, obsevane z laserjem pred vadbo, po vadbi ter hkrati pred vadbo in po njej. Najboljše rezultate je dosegla skupina, obsevana z laserjem pred vadbo, saj je prišlo do pomembnega povečanja MVIC v primerjavi s placebo skupino. Pri skupini, ki je bila obsevana pred vadbo in po njej, pa ni prišlo do pomembnih razlik, kar avtorji pripisujejo prevelikemu odmerku dovedene laserske energije (31). Raziskave (20, 22, 28) pravijo, da obsevanje z laserjem pred vadbo preprečuje poškodbe mišičnega tkiva, poleg tega pa pospeši njihovo okrevanje. Avtorji pregledanih raziskav pripisujejo izboljšanje mišične zmogljivosti izboljšani funkciji mitohondrijev in s tem povečani produkciji ATP-ja (23, 25, 26, 28, 32), zmanjšani mišični utrujenosti

(32), izboljšani mikrocirkulaciji in hitrejšemu odplavljanju laktata (29).

V pregledanih raziskavah ni prišlo do negativnih učinkov terapije, so pa bile v nekaterih raziskavah zaznane metodološke pomanjkljivosti, ki bi lahko vplivale na rezultate. Vzorec populacije je bil zelo raznolik in kar v štirih raziskavah (23, 26, 28, 30) so zajeli manj kot 30 merjencev, zato njihovih rezultatov še ne moremo posplošiti na celotno populacijo. Ker je to novejšo, še ne dovolj raziskano področje, bi bilo treba izvesti več metodološko kakovostnih kontrolnih raziskav. Zaradi raznolikosti parametrov laserske terapije, uporabljene v dosedanjih raziskavah, bi bilo v prihodnje smiselno podrobno raziskati njihov posamični vpliv in določiti najoptimalnejšo kombinacijo parametrov laserske terapije za izboljšanje posameznih komponent mišične zmogljivosti.

ZAKLJUČEK

Na podlagi pregledanih raziskav lahko povzamemo, da ima laserska terapija tako kratkotrajne kot dolgotrajne pozitivne učinke na mišično zmogljivost štiriglave stegenske mišice. Izboljšanje mišične zmogljivosti je bilo opazno v vseh eksperimentalnih skupinah ne glede na raznolikost uporabljenih parametrov laserske terapije in vadbenega programa. Rezultati sedmih od osmih pregledanih raziskav kažejo, da kombinacija obsevanja z nizkointenzivnim laserjem in vadbe statistično pomembno izboljša mišično zmogljivost. Povečala sta se največji navor med maksimalno hoteno mišično kontrakcijo in največje breme, ki ga mišica lahko dvigne skozi celoten obseg giba.

Večina avtorjev vključenih raziskav je prišla do enakih zaključkov, vendar zaradi majhnega števila pregledanih raziskav in različne kakovosti dokazov ne moremo z gotovostjo zaključiti, ali obsevanje z nizkointenzivnim laserjem statistično pomembno izboljša mišično zmogljivost štiriglave stegenske mišice, so pa rezultati zelo spodbudni.

LITERATURA

1. Cameron MH (2009). Electromagnetic radiation: lasers and lights. Physical agents in rehabilitation: From research to practice. St. Louis: Saunders Elsevier, 238–306.
2. 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.
3. Baxter DG (2008). Low-intensity laser therapy. In: Watson T. Electrotherapy. Evidence-Based Practice, 12th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 161–178.
4. 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.
5. Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR (2016). Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics* 9(11–12): 1273–99.
6. 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.
7. Low J, Reed A (1994). Electrotherapy explained: principles and practice 2nd ed. Butter Worth Heinemann: Oxford.
8. Enwemeka CS (2009). Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. *Photomed Laser Surg* 27(3): 387–93.
9. 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.
10. 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.
11. Ihsan FR (2005). Low-level laser therapy accelerates collateral circulation and enhances microcirculation. *Photomed Laser Surg* 23(3): 289–94.
12. 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.
13. 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.
14. 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.

15. Ben-Dov N, Shefer G, Iritichev 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Leal Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho PDT, 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med* 151(4): 264–9.
28. 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.
29. 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.
30. Dos Reis FA, da Silva BAK, Laraia EMS, de Melo RM, Silva PH, Leal-Junior ECP, de Carvalho PDT (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.
31. 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.
32. 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.