

REHABILITACE A FYZIKÁLNÍ LÉKAŘSTVÍ

VYDÁVÁ ČESKÁ LÉKAŘSKÁ
SPOLEČNOST J. E. PURKYNĚ



(VOLNÉ POKRAČOVÁNÍ FYSIATRICKÉHO
A REVMATOLOGICKÉHO VĚSTNÍKU
ZALOŽENÉHO V ROCE 1923)

červen 2013

2/20



Z OBSAHU:

Cvičení podle směrové preference nebo stabilizační cvičení u pacientů s chronickou bolestí beder: Randomizovaná kontrolovaná studie

Co by měl fyzioterapeut vědět o karpálních nestabilitách

Využití expertního informačního systému Computer Kinesiology Profi Complex Start u diagnózy hernie disku

Vztah valgozity paty, typologie a biomechaniky nohy u dětí

Využití ortotických vložek v léčbě gonartrózy

McKenzie metóda ako súčasť klasickej fyzioterapie u pacientov s chronickou bolestou cervikálnej chrabice

Poruchy polykání v dětském věku
– mezioborová spolupráce fyzioterapeuta s klinickým logopedem (2. část – terapie)

Kvantifikace vlivu vakuově-kompresní terapie na přímé zvýšení dodávky kyslíku léčené končetině

Neinvazivní laser třídy 4 v rehabilitační praxi

Prouza O.^{1,3}, Jeníček J.², Procházka M.³

¹Katedra anatomie a biomechaniky FTVS UK v Praze,
vedoucí katedry doc. PaedDr. Karel Jelen, CSc.

²Klinika rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze,
přednostká doc. MUDr. Olga Švestková, Ph.D.

³Rehab Clinic Jarov – Rehabilitace MUDr. Miroslava Procházky, Praha,
primář MUDr. Miroslav Procházka

SOUHRN

Využití laserového světla na hojení traumatisované či patologicky pozměněné tkáně je fyzikální metodou, která je dlouhodobě odborně akceptována a klinicky využívána. Cílem této literární rešerše bylo shrnout současný stav odborné evidence této metody, zejména pak ve vztahu k jejímu intenzivnímu technologickému rozvoji. V poslední době se začínají k biostimulačním účinkům využívat také lasery o vysokém výkonu (třída 4). Terapeutické možnosti

těchto laserů a klinická dokumentace jejich účinnosti jsou prezentovány.

Metodologie: Literární review studí základního a klinického výzkumu dostupných ve veřejně přístupných odborných on-line databázích.

KLÍČOVÁ SLOVA

vysokovýkonový laser, HILT, nízkovýkonový laser,
LLLT, biostimulace

SUMMARY

Using laser light in order to induce healing of traumatized or pathological tissue is physical therapy method which is long term accepted and clinically used. The aim of this literature review is to summarize current status of research evidence of this method

mainly in relation to its latest intense technological development. Recently the lasers with high intensity (Class 4) are starting to be used for biostimulation purposes. Therapeutic possibilities of these lasers and the current clinical documentation of their efficiency are discussed.

Rehabil. fyz. Lék., 20, 2013, č. 2, s. 113-119

ÚVOD

Vliv laserového záření na regeneraci patologicky změněné nebo traumaticky postižené tkáně, potlačení zánětu a zánětlivého otoku a zmírnění bolesti je zkoumán již od vynálezu prvních laserových zařízení v 60. letech 20. století. Technologický rozvoj poslední doby umožňuje využití laserů o různých typech vlnových délek i výkonu za účelem ovlivnění jejich terapeutických účinků. Cílem této rešeršní práce je shrnout historii i současný stav využití neinvazivní laserové terapie.

HISTORIE A VÝVOJ LASEROVÉ TECHNOLOGIE

Existenci stimulované emise elektromagnetického záření předpověděl Albert Einstein již v roce 1917 v článku „Zur Quantentheorie der Strahlung“. Teprve v 50. letech byly ale vypracovány teorie, jak pomocí stimulované emise zesílit i světlo ve viditelném spektru a přilehlých infračervených oblastech vlnových délek. Na praktické realizaci pracovala řada vědeckých týmů: Za fundamentální teoretické práce v konstrukci laserových



zařízení jsou považovány publikace Nikolaje G. Basova a Alexandra M. Prochorova v Sovětském svazu z roku 1955 a Charlese H. Townese a Arthura Schawlowa v USA z roku 1957, kteří společně obdrželi v roce 1964 Nobelovu cenu za výzkum v oblasti kvantové elektroniky. Za oficiálního vynálezce je po mnoha patentových sporech považován Gordon Gould, který je i autorem termínu LASER, prezentovaného v roce 1959 a odvozeného od prvních písmen názvu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (1, 2). Mnohými autory je nicméně za pravého vynálezce laseru označován Theodore Maiman, který jako první v roce 1960 prezentoval první funkční rubínový laser (3, 4, 5, 6). Záhy po něm byla zkonstruována další laserová zařízení, v nichž byla pro generování koherentního elektromagnetického záření použita různá aktivní média (kromě pevných a kapalných látek nejčastěji páry alkalických kovů a jiné plyny: He-Ne, Ar, CO₂, aj.) a velmi rychle pro ně bylo nalezeno využití v mnoha oborech medicíny - nejdříve zejména v chirurgii, dermatologii a oftalmologii (4).

Paralelně s klinickým využitím prvních vysokovýkonných laserů v invazivní medicíně se v druhé polovině 60. let objevují výzkumy popisující biostimulační efekt nízkovýkonných (studených, neinvazivních) laserů s výkonem do 500 mW. Efekt byl vysvětlován absorbcí laserového záření na buněčné úrovni, kdy energie fotonů vyvolávají fotochemické změny podobné fotosyntetickým procesům u rostlinných buněk (7, 8). Medicínské využití biomodulačních vlastností nízkovýkonných laserů (tzv. low-level laser therapy - LLLT) se od 70. let rychle rozšířilo zejména v zemích vý-

chodní Evropy, větší popularitu ve zbytku světa si pravděpodobně, z důvodu geopolitického rozdělení a nedostatku anglicky psaných publikací, získalo až v průběhu 80. let. V té době se také objevily nové technologie, umožňující zkonstruovat výrazně levnější a menší polovodičové diodové lasery s větším spektrem emitovaných vlnových délek, které byly předpokladem pro širší klinické využití laserů v téměř všech oblastech fyzikální medicíny (9, 4).

Od konce 90. let se v objevují nejprve v základním výzkumu a následně i v klinické rehabilitační praxi lasery o výkonu v řádech Wattů (vysokovýkonné laser 4. třídy). Technologie těchto přístrojů umožňuje generovat výkon nejčastěji okolo 10 W a více za účelem vyvolání silnějšího biomodulačního a analgetického účinku. Ačkoliv se jedná o lasery třídy 4, vzhledem ke svému divergentnímu charakteru nemohou vyvolat poškození tkáně. Hlavním přínosem této technologie je tedy výrazné urychlení emise, což umožnuje z praktického pohledu značné navýšení terapeutické dávky (J/cm²), aniž by došlo k neúnosnému prodloužení aplikace. Dále je popisován okamžitý analgetický a myorelaxační účinek vysokovýkonného laseru v návaznosti na pulzní aplikaci a také adjuvantní termický efekt (10, 11, 12, 13, 14).

V současné době existují dvě základní technologie vysokovýkonného laseru pro rehabilitační využití: modifikovaný invazivní laser (NdYAG) a diodový laser o vysokém výkonu. Výhodou NdYAG přístrojů je možnost emitovat v krátkých pulzech velmi vysoký výkon v řádech kWatt. Omezením je pak nemoznost kontinuální emise, značné rozměry i méně ekonomický provoz. Diodové lasery

umožňují kontinuální i pulzní emisi, flexibilitu ve využívaných vlnových délkách a přijatelnější rozměry přístroje. Relativní nevýhodou je omezení ve schopnosti dosáhnout extrémně vysokých peakových hodnot v pulzní emisi (12, 15).

BIOLOGICKÉ ÚČINKY LASERU

Fenomén laserové biostimulace byl poprvé poprvé popsán v roce 1967 Endre Mesterem, profesorem Semmelweisovy univerzity v Budapešti, který experimentálně ozařoval skupiny myší k ověření, zda laserové záření nemůže v tkání vyvolat zhoubné bujení. Tento vliv prokázán nebyl, nicméně u myší, které byly ozařovány nízkovýkonným laserem v červeném spektru světelného záření, byla pozorována výrazně rychlejší obnova oholené srsti v místě aplikace než u neozařované skupiny. V návaznosti na tato pozorování Mester ozařoval otevřené kožní rány a prokázal účinky laserového záření sérií histologických a imunologických testů (6, 15). Termín laserové biostimulace byl v následujících letech některými autory zobecněn na „laserovou biomodulaci“, aby lépe popisoval nejen stimulační, ale i další (analgetické, protizánětlivé) účinky laserového záření ve tkáních (4, 7, 16, 17).

Od prvního popisu laserové biostimulace Endre Mesterem v roce 1967 bylo publikováno velké množství laboratorních *in vitro* studií a studií na zvířecích modelech, vysvětlujících mechanismy a teoretickou podstatu účinků LLLT (18, 19, 20). Specifické části buněčných mitochondriálních řetězců mají schopnost absorbovat určité vlnové délky laserového záření a uvolněním dalších signálních molekul (NO, cytokiny, růstové faktory) následně dochází ke zvýšení tvorby ATP, zvýšení úrovni buněčného metabolismu, a tím k podpoře regenerace a hojení tkáně (4, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Studie naznačují, že laserové záření má vliv i na zvýšenou aktivitu fibroblastů, syntézu kolagenu a angiogenezi díky proliferaci endoteliálních buněk v postižené tkáni (26, 27, 28). Vliv na potlačení zánětu byl prokázán inhibicí prozánětlivých cytokinů (interleukinů, aj.) v postižené tkáni a zmírnění bolesti je vysvětlováno jednak nepřímo potlačením zánětu a otoku, jednak přímo stimulací sekrece endogenních opioidů - endorfinů a enkefalinů a snížením rychlosti vedení v A_δ a C nervových vláknech (24, 29).

KLINICKÁ EVIDENCE

Klinické studie účinnosti LLLT, publikované během obou dekád na přelomu tisíciletí, se obecně shodují s nálezy laboratorních experimentů, nicméně existuje i celá řada studií, které klinickou účinnost nepotvrzují. Tento fakt je nicméně v souladu se znalostmi šíření laserového světla v tkáni.



Laserové světlo o nízkém výkonu je z valné části absorbováno v povrchových vrstvách tkáně. Proto je v některých případech obtížné dosáhnout srovnatelné terapeutické dávky při studiích *in-vitro* a *in-vivo* (12). Častým rysem studií s pozitivními i negativními výsledky z tohoto období je také velmi nízká metodologická kvalita, neúplný popis použitých parametrů a obtížná porovnatelnost aplikačních technik (4, 30). V posledních letech dochází v tomto směru ke změně přístupu a databáze PEDro pro Evidence Based Medicine ve fyzioterapii. V roce 2010 evidovala téměř sto randomizovaných, kontrolovaných studií s akceptovatelnou metodologickou kvalitou dle PEDro škály (30). Pozitivní efekt LLLT je dokumentován zejména v léčbě osteoartritidy a jiných chronických kloubních poruch (31, 32, 33, 34, 35, 36), revmatoidních onemocnění (35, 37), tendinopatií (4, 38, 39, 40), radikulopatií (41, 42), bolestí krční páteče (43, 44, 45, 46, 47), fibromyalgií (48), periferních nervových poranění (49), hojení ran a jizev (7, 20, 25, 50, 51, 52).

Je zjevné, že LLLT je metoda v současné době velmi dobře klinicky dokumentovaná, avšak se svými jasně danými fyzikálními limity (zejména maximální výkon omezující hloubku průniku do tkáně i možnost zvyšovat terapeutickou dávku). V návaznosti na tato omezení dochází nyní k využití laserů s řádově vyšším výkonem než u LLLT. Ten umožní ovlivnění i velmi hluboko uložených struktur a zásadní navýšení terapeutické dávky (11, 12). Maximální terapeutická dávka u LLLT je stále diskutována, avšak nepřekračuje většinou 16 J/cm² (12), u vysokovýkonného laseru je však běžně

aplikováno až 80-120 J/cm². Navzdory dogmatům u nízkovýkonové laserové terapie nedochází při takovéto terapeutické dávce k inhibičním účinkům, ale naopak k navýšení klinické účinnosti (11, 12, 13, 53).

Vysokovýkonová laserová terapie je v současné době ve fázi dramatického rozvoje, kdy probíhá celá řada klinických studií zkoumajících její účinnost. Intenzivní základní výzkum, probíhající zejména v přecházejícím desetiletí, potvrdil mechanismy ovlivnění nejenom povrchových měkkých tkání (54, 55, 56), ale také kostní a chrupavčité tkáně (57, 58, 59, 60, 61). Klinické studie zveřejněné do současné doby dokumentují účinnost u symptomatické léčby bolesti (13, 14, 53), bolesti dolní části zad (62), ovlivnění svalové mikrocirkulace (63) a impingement syndromu (64). První výsledky svých velmi rozsáhlých klinických studií publikuje v současné době Navrátil (10, 11). Analyzuje efekt diodových laserů o vysokém výkonu ve stovnání s nízkovýkonovými na různé chronické poruchy muskuloskeletálního aparátu. Popisuje jednoznačně lepší účinky u laserů s výkonem vyšším než 1W a současně zmíňuje výrazné zkrácení nutné doby léčby. Tato tvrzení potvrzuje i Procházka, který je v České republice průkopníkem ve využití této technologie (12, 65). Další zahraniční klinické studie potvrzují možné využití výkonových laserů v dermatologických indikacích (66, 67, 68).

ZÁVĚR:

Nízkovýkonová biostimulační laserová terapie je využívána již více než padesát let, mechanismy jejího účinku i klinické využití jsou dobře dokumentovány. Vysokovýkonová laserová terapie, která se rozšiřuje v posledních letech, využívá stejných biologických mechanismů, avšak, zejména díky řádově vyšším výkonům laserového zdroje, dosahuje vyšší klinické účinnosti. Klinický výzkum potvrzující toto tvrzení je nicméně v současné době v počátcích a jsou nutné další studie k ověření tohoto slibného technologického trendu.

Literatura

- 1. TAYLOR, N.: LASER:** The inventor, the Nobel laureate, and the thirty-year patent war. Simon and Schuster, 2000.
- 2. MYERS, R. A., DIXON, R. W.:** Who invented the laser: An analysis of the early patents. Historical studies in the physical and biological sciences, sv. 34, 2003, č. 1, s. 115-149.
- 3. MAIMAN, T. H.:** Stimulated optical radiation in ruby. Nature, sv. 187, 1960, č. 08, s. 493-494.
- 4. TUMILTY, S., MUNN, J., McDONOUGH, S., HURLEY, D. A., BASFORD, J. R., BAXTER, G. D.:** Low level laser treatment of tendinopathy: a systematic review with meta-analysis. Photomedicine and Laser Surgery, sv. 28, 2010, č. 1, s. 3-16.
- 5. KNEEBONE, W. J.:** Practical applications of low level laser therapy. Practical Pain Management, sv. 6, 2006, č. 8, s. 34-40.
- 6. SIMUNOVIC, Z.:** Lasers in medicine and dentistry: Basic science and up-to-date clinical application of Low Energy-Level Laser Therapy - LLT. Z. Simunovic, Editor, Vitagraf, Rijeka, 2000
- 7. HUANG, Y., CHEN, A., CARROLL, J. D., HAMBLIN, M. R.:** Biphasic dose response in low level lightherapy. Dose-Response, sv. 7, 2009, č. 4, s. 358-383
- 8. DEVOR, M.:** What's in a laser beam for pain therapy? Pain, sv. 43, 1990, č. 2, s. 139
- 9. WHELAN, H. T., SMITS Jr., R., BUCHMAN, E. V., WHELAN, N. T., TURNER, S. G., MARGOLIS, D. A., CEVENINI, V., STINSON, H., IGNATIUS, R., MARTIN, T.:** Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery, sv. 19, 2001, č. 6, s. 305-314.
- 10. NAVRÁTIL, L., KOČÍ, P., VRÁNOVÁ, J., HÁJKOVÁ, S., BLAŠKOVÁ, E., NAVRÁTIL, V.:** Přínos HILT pro léčbu některých onemocnění pohybového aparátu. XXII. konference rehabilitační, fyzičkální a balneo medicíny. Jáchymov, 2012.
- 11. NAVRÁTIL, L., KOČÍ, P., VRÁNOVÁ, J., HÁJKOVÁ, S., BLAŠKOVÁ, E., NAVRÁTIL, V.:** The benefits of high performance laser beams in the treatment of musculoskeletal issues. Laser Florence - Lasers in Medical Science, Florence, 2012
- 12. PROCHAZKA, M.:** Class IV. Laser in non-invasive laser therapy - clinical experience, Prague, 2006.
- 13. TIGLIČ-ROGOZNICA, N., STAMENKOVIĆ, D., FRLAN, L., AVANCINI-DOBROVIĆ, V., SCHNURRER-LUKE VRBANIĆ, T.:** Analgesic effect of high intensity laser therapy in Knee osteoarthritis. Collegium Antropologicum, sv. 35, 2011, č. 2, s. 183-185.
- 14. YASUO, I.:** Phototherapy for Chronic Pain Treatment <http://www.jpubl.com/en/press/8969/>, 2009.
- 15. MESTER, E.:** Clinical results of wound-healing stimulation with laser and experimental studies of the action mechanism. Laser, sv. 75, 1976, s. 119-125.
- 16. SOMMER, A. P., PINHEIRO, A. L. B., MESTER, A. R., FRANKE, R. P., WHELAN, H. T.:** Biostimulatory windows in low-intensity laser activation: lasers, scanners, and NASA's light-emitting diode array system. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery, sv. 19, 2001, č. 1, s. 29-33.
- 17. KARU, T. I., KOLYAKOV, S. F.:** Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. Photomedicine and Laser Therapy, sv. 23, 2005, č. 4, s. 355-361
- 18. CHEN, CH. H., TSAI, J., WANG, Y., LEE, CH.:** Low-level laser irradiation promotes cell proliferation and mRNA expression of type I collagen and decorin in porcine Achilles tendon fibroblasts in vitro. Journal of Orthopaedic Research, sv. 27, 2009, č. 5, s. 646-650.
- 19. PEPLOW, P., CHUNG, T. Y., BAXTER, G. D.:** Laser photobiomodulation of proliferation of cells in culture: a review of human and animal studies. Photomedicine and Laser Surgery, sv. 28, 2010, č. S1, s. 3-40
- 20. PEPLOW, P., CHUNG, T. Y., BAXTER, G. D.:** Application of low level laser technologies for pain relief and wound healing: overview of scientific bases. Physical Therapy Reviews, sv. 15, 2010, č. 4, s. 253-285.
- 21. KARU, T. I.:** Photobiology of low-power laser effects. Health Phys., sv. 56, 1986, č. 5, s. 691-704.
- 22. KARU, T. I.:** Ten lectures on basic science of laser phototherapy. Prima Books, 2007
- 23. KARU, T. I.:** Mitochondrial mechanisms of laser phototherapy. Proceedings of Light-Activated Tissue Regeneration and Therapy Conference, Lecture Notes in Electrical Engineering, 2008.
- 24. GAVISH, L., PEREZ, L., REISSMAN, P., GERTZ, S. D.:** Irradiation with 780 nm diode laser attenuates inflammatory cytokines but upregulates nitric oxide in lipopolysaccharide-stimulated macrophages: Implications for the prevention of aneurysm progression. Lasers in Surgery and Medicine, sv. 40, 2008, č. 5, s. 371-378
- 25. HOPKINS, J. T., MCLODA, T. A., SEEGMILLER, J. G., BAXTER, G. D.:** Low-level laser therapy facilitates superficial wound hea-

- ring in humans: a triple-blind, sham-controlled study." *Journal of Athletic Training*, sv. 39, 2004, č. 3, s. 223.
- 26. BJORDAL, J. M., LOPES-MARTINS, R. A. B., IVERSEN, V. V.:** „A randomised, placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations." *British Journal of Sports Medicine*, sv. 40, 2006, č. 1, s. 76-80.
- 27. CHEN, CH.-H., HUNG, H.-S., HSU, S.:** „Low-energy laser irradiation increases endothelial cell proliferation, migration, and eNOS gene expression possibly via PI3K signal pathway." *Lasers in Surgery and Medicine*, sv. 40, 2008, č. 1, s. 46-54.
- 28. ENWEMEKA, C. S., PARKER, J. C., DOWDY, D. S., HARKNESS, E. E., HARKNESS, L. E., WOODRUFF, L. D.:** „The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study." *Photomedicine and Laser Therapy*, sv. 22, 2004, č. 4, s. 323-329.
- 29. PEPLOW, P., CHUNG, T. Y., BAXTER, G. D.:** „Laser photobiomodulation of wound healing a review of experimental studies in mouse and rat animal models." *Photomedicine and Laser Surgery*, sv. 28, 2010, č. 3, s. 291-325.
- 30. BJORDAL, J. M., LOPES-MARTINS, R. A., JOENSEN, J., IVERSEN, V.:** „The anti-inflammatory mechanism of low-level laser therapy and its relevance for clinical use in physiotherapy" *Physical Therapy Reviews*, sv. 15, 2010, č. 4, s. 286-293.
- 31. FUKUDA, V. O., FUKUDA, T. Y., GUIMARES, M., SHIWA, S., LIMA, B., MARTINS, R. A. B. L.:** „Short-term efficacy of low-level laser therapy in patients with knee osteoarthritis: a randomized placebo-controlled, double-blind clinical trial." *Revista Brasileira de Ortopedia*, sv. 46, 2011, č. 5, s. 526-533.
- 32. BJORDAL, J. M., COUPPÉ, CH., CHOW, R. T., TURNER, J., LJUNGGREN, E. A.:** „A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders." *Australian Journal of Physiotherapy*, sv. 49, 2003, č. 2, s. 107-122.
- 33. BJORDAL, J., JOHNSON, M., LOPES-MARTINS, R. B. B., CHOW, R., LJUNGGREN, A.:** „Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomised placebo-controlled trials." *BMC Musculoskeletal Disorders*, sv. 8, 2007, č. 1, s. 51.
- 34. TASCIÖĞLU, F., ARMAGAN, O., TABAK, Y., CORAPCI, I., ONER, C.:** „Low power laser treatment in patients with knee osteoarthritis." *Swiss Medical Weekly*, sv. 134, 2004, č. 17-18, s. 254-258.
- 35. BROSSEAU, L., ROBINSON, V., WELLS, G., DEBIE, R., GAM, A., HARMAN, K., MORIN, M., SHEA, B., TUGWELL, P.:** „Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating osteoarthritis." *The Cochrane Library*, 2006
- 36. CONTI, P. C.:** „Low level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders (TMD): a double-blind pilot study." *Cranio. The Journal of Craniomandibular Practice*, sv. 15, 1997, č. 2, s. 144.
- 37. BÁLINT, G., BARABÁS, K., ZEITLER, Z., BAKOS, J., KÉKESI, K. A.; PETHEZ, Á., NAGY, E., LAKATOS, T., BÁLINT, P. V., SZEKANECSZ, Z.:** „Ex vivo soft-laser treatment inhibits the synovial expression of vimentin and enolase, potential autoantigens in rheumatoid arthritis." *Physical Therapy*, sv. 91, 2011, č. 5, s. 665-674.
- 38. BJORDAL, J. M., LOPES-MARTINS, R. A. B., JOENSEN, J., COUPPE, CH., LJUNGGREN, A. E., STERGIOLAS, A., JOHNSON, M. I.:** „A systematic review with procedural assessments and meta-analysis of low level laser therapy in lateral elbow tendinopathy (tennis elbow)." *BMC Musculoskeletal Disorders*, sv. 9, 2008, č. 1, s. 75.
- 39. COOMBES, B. K., BISSET, L., VICENZINO, B.:** „A new integrative model of lateral epicondylalgia." *British Journal of Sports Medicine*, sv. 43, 2009, č. 4, s. 252-258.
- 40. STASINOPoulos, D. I., JOHNSON, M. I.:** „Effectiveness of low-level laser therapy for lateral elbow tendinopathy." *Photomedicine and Laser Therapy*, sv. 23, 2005, č. 4, s. 425-430.
- 41. KONSTANTINOVIC, L. M., CUTOVIC, M. R., MILOVANOVIC, A. N., JOVIC, S. J., DRAGIN, A. S., LETIC, M. D., MILER, V. M.:** „Low level laser therapy for acute neck pain with radiculopathy: A double blind placebo controlled randomized study." *Pain Medicine*, sv. 11, 2010, č. 8, s. 1169-1178.
- 42. JOVIČIĆ, M., KONSTANTINOVIC, L., LAZOVIĆ, M., JOVIČIĆ, V.:** „Clinical and functional evaluation of patients with acute low back pain and radiculopathy treated with different energy doses of low level laser therapy." *Vojnosanitetski Pregled*, sv. 69, 2012, č. 8, s. 656-662.
- 43. CHOW, R. T., JOHNSON, M. I., LOPES-MARTINS, R. A. B., BJORDAL, J. M.:** „Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active-treatment controlled trials." *The Lancet*, sv. 374, 2009, č. 9705, s. 1897-1908.
- 44. GROSS, A. R., GOLDSMITH, CH., HOVING, J. L., HAINES, T., PELOSO, P., AKER, P.:** „Conservative management of mechanical neck disorders: a systematic review." *The Journal of Rheumatology*, sv. 34, 2007, č. 5, s. 1083-1102.
- 45. DJAVID, G. E., MEHRDAD, R., GHASEMI, M., HASAN-ZADEH, H., SOTOODEH-MANESH, A., POURYAGHOUB, G.:** „In chronic low back pain, low level laser therapy combined with exercise is more beneficial than exercise alone in the long term. a randomised trial." *Australian Journal of Physiotherapy*, sv. 53, 2007, č. 3, s. 155.
- 46. YOUSEFI-NOORAEI, R., SCHONSTEIN, E., HEIDARI, K., RASHIDIAN, A., PENNICK, V., AKBARI-KAMRANI, M.:** „Low level laser therapy for nonspecific low-back pain." *Cochrane Database Syst. Rev.*, sv. 2, 2008.
- 47. MOMENZADEH, S., KIABI, F. H., MORADKHANI, M., MOGHADAM, M. H.:** „Low level laser therapy (LLLT) combined with physical exercise, a more effective treatment in low back pain." *Journal of Lasers in Medical Sciences Volume*, sv. 3, 2012, č. 2
- 48. ARMAGAN, O., TASCIÖĞLU, F., EKIM, A., ONER, C.:** „Long-term efficacy of low level laser therapy in women with fibromyalgia: a placebo-controlled study." *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, sv. 19, 2006, č. 4, s. 135-140.
- 49. ROCHKIND, S., GEUNA, S., SHAINBERG, A.:** „Phototherapy in peripheral nerve injury. effects on muscle preservation and nerve regeneration." *International Review of Neurobiology*, sv. 87, 2009, s. 445-464.
- 50. CONLAN, M. J., RAPLEY, J. W., COBB, CH. M.:** „Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation a review." *Journal of Clinical Periodontology*, sv. 23, 2005, č. 5, s. 492-496.
- 51. WOODRUFF, L. D., BOUNKEO, J. M., BRANNON, W. M., DAWES, K. S., BARHAM, C. D., WADDELL, D. L., ENWEMEKA, CH. S.:** „The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature." *Photomedicine and Laser Surgery*, sv. 22, 2004, č. 3, s. 241-247.
- 52. KAWECKI, M., BERNAD-WISNIEWSKA, T., SAKIEL, S., NOWAK, M., ANDRIESSEN, A.:** „Laser in the treatment of hypertrophic burn scars." *International Wound Journal*, sv. 5, 2008, č. 1, s. 87-97.
- 53. IDE, Y.:** „Phototherapy for chronic pain treatment." *Masui. The Japanese Journal of Anesthesiology*, sv. 58, 2009, č. 11, s. 1401
- 54. HAWKINS, D. H., ABRAHAMSE, H.:** „Time-dependent responses of wounded human skin fibroblasts following phototherapy." *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, sv. 88, 2007, č. 2, s. 147-155.
- 55. EVANS, D. H., ABRAHAMSE, H.:** „Efficacy of three different laser wavelengths for *in vitro* wound healing." *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, sv. 24, 2008, č. 4, s. 199-210.
- 56. JAYASREE, R. S., GUPTA, A. K., RATHINAM, K., MOHANAN, P. V., MOHANTY, M.:** „The influence of photodynamic therapy on the wound healing process in rats." *Journal of Biomaterials Applications*, sv. 15, 2001, č. 3, s. 176-186.
- 57. FRANCO, R. A., DOWDALL, J. R., BUJOLD, K., AMANN, CH., FAQUIN, W.:** „Photochemical repair of vocal fold microflap defects." *The Laryngoscope*, sv. 121, 2011, č. 6, s. 1244-1251.
- 58. HOLDEN, P. K., LI, CH., DA COSTA, V., SUN, CH., BRYANT, S. V., GARDINER, D. M., WONG, B. J. F.:** „The effects of laser

- irradiation of cartilage on chondrocyte gene expression and the collagen matrix." Lasers in Surgery and Medicine, sv. 41, 2009, č. 7, s. 487-491.
- 59. ZATI, A., DESANDO, G., CAVALLO, C., BUDA, R., GIANNINI, S., FORTUNA, D., FACCHINI, A., GRIGOLO, B.:** "Treatment of human cartilage defects by means of Nd: YAG Laser Therapy." Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents, sv. 26, 2011, č. 4, s. 701-711.
- 60. VESCOVI, P., MERIGO, E., MANFREDI, M., MELETI, M., FORNAINI, C., BONANINI, M., ROCCA, J. P.:** "Nd: YAG laser biosimulation in the treatment of bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: clinical experience in 28 cases." Photomedicine and Laser Surgery, sv. 26, 2008, č. 1, s. 37-46.
- 61. KIM, I. S., CHO, T. H., KIM, K., WEBER, F. E., HWANG, S. J.:** "High power pulsed Nd: YAG laser as a new stimulus to induce BMP2 expression in MC3T3El osteoblasts" Lasers in Surgery and Medicine, sv. 42, 2010, č. 6, s. 510-518.
- 62. FIORE, P., PANZA, F., CASSATELLA, G., RUSSO, A., FRISARDI, V., SOLFRIZZI, V., RANIERI, M., DI TEO, L., SANTAMATO, A.:** "Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of low back pain: a randomized controlled trial." Eur J. Phys. Rehabil. Med., sv. 47, 2011, č. 3, s. 367-373.
- 63. LARKIN, K. A., MARTIN, J. S., ZEANAH, E. H., TRUE, J. M., BRAITH, R. W., BORSA, P. A.:** "Limb blood flow after class 4 laser therapy." Journal of Athletic Training, sv. 47, 2012, č. 2, s. 178-183.
- 64. SANTAMATO, A., SOLFRIZZI, V., PANZA, F., TONDI, G., FRISARDI, V., LEGGIN, B. G., RANIERI, M., FIORE, P.:** "Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of people with subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial" Physical Therapy, sv. 89, 2009, č. 7, s. 643-652.
- 65. PROCHÁZKA, M.:** "Využití vysokovýkonové laserové terapie v rehabilitaci a ortopedii." Prague, 2012.
- 66. MAROTTI, J., SPERANDIO, F. F., FREGNANI, E. R., ARANHA, A. C., DE FREITAS, P. M.:** "High-intensity laser and photodynamic therapy as a treatment for recurrent herpes labialis." Photomedicine and Laser Surgery, sv. 28, 2010, č. 3, s. 439-444.
- 67. HOCHMAN, L. G.:** "Laser treatment of onychomycosis using a novel 0.65-millisecond pulsed Nd: YAG 1064-nm laser" Journal of Cosmetic and Laser Therapy, sv. 13, 2011, č. 1, s. 2-5.
- 68. KOZAREV, J., VIZINTIN, Z.:** "Novel laser therapy in treatment of onychomycosis." Journal of the Laser and Health Academy, sv. 1, 2010, s. 1-8.
- 69. BROSSEAU, L., ROBINSON, V., WELLS, G., DEBIE, R., GAM, A., HARMAN, K., MORIN, M., SHEA, B., TUGWELL, P.:** "Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating rheumatoid arthritis." Cochrane Database Syst. Rev., sv. 4, 2005.
- 70. FORTUNA, D., ROSSI, G., BIOLLA, T. W., ZATI, A., GAZZOTTI, V.:** "High-intensity laser therapy during chronic degenerative tenosynovitis experimentally induced in broiler chickens." Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 2002.
- 71. GIULIANI, A., FERNANDEZ, M., FARINELLI, M., BARATTO, L., CAPRA, R., ROVETTA, G., MONTEFORTE, P.:** "Very low level laser therapy attenuates edema and pain in experimental models." International Journal of Tissue Reactions, sv. 26, 2004, s. 29-38.
- 72. ZEREDO, J. L., SASAKI, K. M., TODA, K.:** "High-intensity laser for acupuncture-like stimulation." Lasers in Medical Science, sv. 22, 2007, č. 1, s. 37-41.
- 73. WU, S., MALONEY, R.:** "Low-level laser therapy: a possible new light on wound healing." Podiatry Management, sv. 27, 2008, s. 105-110.
- 74. NINOMIYA, T., MIYAMOTO, Y., ITO, T., YAMASHITA, A., WAKITA, M., NISHISAKA, T.:** "High-intensity pulsed laser irradiation accelerates bone formation in metaphyseal trabecular bone in rat femur." Journal of Bone and Mineral Metabolism, sv. 21, 2003, č. 2, s. 67-73.

Adresa autora:

Mgr. Ondřej Prouza

Edvarda Beneše 146
251 01 Říčany

e-mail: ondrej.prouza@seznam.cz