

CO NA TO VĚDA: Fotobiomodulace jako nefarmakologická metoda v terapii diabetických vředů

Podle oficiálních statistik Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) a dat Českého statistického úřadu (ČSÚ) výskyt a celkový počet pacientů s diabetem v České republice dlouhodobě výrazně narůstá. Zatímco v roce 2010 se s touto diagnózou léčilo přibližně 840 tisíc obyvatel, celkový počet registrovaných a léčených pacientů postupně narostl na zhruba 884,5 tisíce osob v roce 2024 a celkově v populaci (včetně nediagnostikovaných případů odhadovaných na zhruba čtvrt milionu lidí) překročil hranici jednoho milionu. Nejprudší nárůst prevalence je patrný ve věkové kategorii mezi 50. a 75. rokem věku, kde se výskyt zvyšuje více než čtyřnásobně, přičemž naprostou většinu (kolem 90 %) tvoří diabetes 2. typu úzce spojený s životním stylem a rizikovými faktory, jako je obezita [1].

Předpokládá se, že celkový počet dospělých s diabetem do roku 2050 vzroste na 853 milionů. Diabetes v roce 2024 způsobil 3,4 milionu úmrtí (1 úmrtí každých 9 sekund). Odhaduje se, že 43 % dospělých žijících s diabetem (252 milionů lidí) nemá diagnostikovanou cukrovku. Téměř 90 % z nich žije v zemích s nízkými a středními příjmy. Diabetes byl v roce 2024 zodpovědný za odhadované 1,015 bilionu USD v celosvětových výdajích na zdravotnictví. To představuje nárůst o 338 % za posledních 17 let. 635 milionů dospělých na celém světě (1 z 8) má zhoršenou glukózovou toleranci a 488 milionů má zhoršenou hladinu glukózy nalačno (1 z 11), což je vystavuje vysokému riziku diabetu 2. typu. Hyperglykémie v těhotenství postihuje 1 z 5 živě narozených dětí [2,3].

Diabetes mellitus (DM) je charakterizován hyperglykemií a je spojen s chronickou zánětlivou reakcí v důsledku nerovnováhy v produkci cytokinů, která vede k poškození tkání. Mezi cytokiny zapojenými do tohoto procesu jsou obzvláště významné interleukin 6 (IL-6), interleukin 1 β (IL-1 β), interleukin 10 (IL-10), tumor nekrotizující faktor α (TNF- α)³ a transformující růstový faktor β 1 (TGF- β 1)⁴. Vzhledem k nerovnováze v produkci cytokinů má u jedinců s DM hojení ran tendenci se v zánětlivé fázi, první fázi hojení, zastavovat, což ztěžuje postup do dalších fází [4].

Syndrom diabetické nohy (SDN), diabetické vředy nohy

Lidé s diabetem jsou vystaveni komplikacím v oblasti dolních končetin, které se vyvíjejí v důsledku dlouhých období hyperglykémie. Neuropatie diabetické nohy a periferní cévní onemocnění jsou dvě hlavní příčiny závažných komplikací diabetické nohy. Současný výskyt komplikací diabetické nohy vede k ulceracím [5]. Vysoce kauzativním faktorem SDN je periferní neuropatie (senzorická, motorická a autonomní). Senzorická neuropatie vede ke ztrátě ochranného vnímání u pacientů, což má za následek náchylnost k fyzickému a tepelnému traumatu, a tím zvýšené riziko ulcerace [6]. Plantární tlak a tření, které jsou důsledkem omezené pohyblivosti kloubů a deformace nohy způsobené diabetem, také způsobují ulcerace nohou. Toto tření a zvýšený tlak způsobují narušení kůže a vedou ke zvýšenému riziku infekcí, tvorby puchýřů, tvorby mozolů a ulcerací a v závažných případech vyžadují amputaci [7]. S ohledem na velikost a hloubku lze SDN klasifikovat jako mírné (povrchové), středně těžké (hlubší) a závažné (systémové příznaky). Komplikace diabetické nohy a dolních končetin postihují 40 až 60 milionů lidí s DM na celém světě a jsou hlavní příčinou morbiditu u diabetických pacientů [8]. Odhaduje se, že celoživotní riziko vzniku SDN je až 25 % s celosvětovou prevalencí 6,3 % [9,10].

40 až 60 milionů lidí na celém světě trpí komplikacemi diabetické nohy a odhaduje se, že každých 30 dní dochází k amputaci v důsledku tohoto onemocnění, což přímo ovlivňuje kvalitu života a zvyšuje úmrtnost [11].

Fotobiomodulace (PBM) jako efektivní metoda v léčbě diabetických vředů

Fotobiomodulace, dříve označovaná jako nízkourovňová laserová terapie, zahrnuje použití světla, typicky z laserů nebo světelných diod (LED), obvykle ve viditelném červeném a blízkém infračerveném (NIR) elektromagnetickém spektru, ke stimulaci hojení. Fotobiomodulace je terapeutická, neinvazivní metoda, která pomáhá zmírnit bolest a snížit zánět [12]. Bylo prokázáno, že pozitivně ovlivňuje tři hlavní fáze hojení, a to zánět, proliferaci a zrání u akutních i chronických ran [13, 14]. Systematický přehled PBM pro syndrom diabetické nohy uvádí, že tato terapie má významný potenciál stát se přenosnou, minimálně invazivní, snadno použitelnou a nákladově efektivní léčebnou metodou pro SDN [15].

Výzkum naznačuje, že účinky PBM jsou spíše fotochemické a fotobiologické než tepelné [16]. Fyzikální vlastnosti kůže, včetně chemických, optických, mechanických a koncentrace a distribuce složek tvořících tkáň, ovlivňují interakci světla s tkání [17]. Když světlo přijde do kontaktu s kůží, existují čtyři možné výsledky, a to odraz, rozptyl, absorpce a propustnost [18]. Během odrazu se přibližně 30 % fotonů odrazí od kůže a nedochází k interakci světla s tkání [19]. Část světla, které projde, se rozptýlí v tkáni; delší vlnové délky pronikají hlouběji, zatímco kratší vlnové délky se rozptýlí více [20]. Během absorpce jsou fotony absorbovány chromofory v tkáni. Během propustnosti světlo prochází tkání přímo bez překážek, aniž by interagovalo s tkání. Absorpce i rozptyl závisí na vlnové délce. Vlnové délky < 600 nm jsou absorbovány především melaninem a hemoglobinem a vlnové délky > 1 200 nm jsou absorbovány vodou [18, 21]. Existuje tzv. „optické okno“, které označuje optimální vlnové délky pro použití v PBM a kde je maximalizována efektivní penetrace tkáně a interakce tkáně a světla. To se nachází mezi 600–1 070 nm. Vlnové délky mezi 600–700 nm se používají k ošetření povrchových tkání, protože jejich hloubka penetrace je menší, a delší vlnové délky mezi 780–950 nm se používají k ošetření hlubších tkání, protože pronikají hlouběji do tkáně [18].

Jeden z navrhovaných mechanismů účinku zahrnuje absorpci fotonů mitochondriální cytochrom c oxidázou (COX). Tento enzym tvoří součást mitochondriálního elektronového transportního řetězce a transportuje elektrony z cytochromu c na molekulární kyslík. Bylo prokázáno, že PBM při 660 nm zvyšuje aktivitu cytochrom c oxidázy v ozářených izolovaných mitochondriích, což vede ke zvýšení adenosintrifosfátu (ATP) [19]. Dochází také ke zvýšení intracelulárních reaktivních forem kyslíku (ROS), které jsou důležitým poslem pro buněčné signální dráhy a transkripci genů. Jiná teorie vysvětluje, jak se inhibiční oxid dusnatý (NO) váže na COX a je fotodisociován, čímž se uvolňují měděná a hemová centra COX, která se pak mohou vázat na kyslík [20].

Fotobiomodulace podporuje buněčnou aktivitu a funkční normalizaci regulací řady buněčných odpovědí, včetně podpory produkce mitochondriální ATP, uvolňování intracelulárního oxidu dusnatého (NO) a regulace sekrece zánětlivých cytokinů imunitních buněk, jako jsou TNF α , IL-6 a IL- β . Dále je klíčová regulace enzymů a genů [21].

Roku 2024 byly publikované výsledky z kontrolované randomizované klinické studie s velmi slibnými výsledky. Bylo potvrzeno, že aplikace fotobiomodulace využívající červené a infračervené LED spektrum představuje slibnou a klinicky efektivní nefarmakologickou metodu v léčbě vředů syndromu diabetické nohy. Výsledky analyzované studie prokázaly, že každodenní terapie vede k signifikantnímu zmenšení plochy lézí a celkovému urychlení procesu hojení ve srovnání s kontrolní skupinou. Ačkoliv obě zkoumané vlnové délky vykazují pozitivní klinický účinek, nejvýraznějšího terapeutického efektu bylo dosaženo při samostatném použití infračerveného záření. Tyto poznatky tak silně podporují integraci specifické světelné terapie jakožto bezpečné a neinvazivní adjuvantní léčby, která má potenciál zefektivnit péči o komplikované diabetické rány a zlepšit tak kvalitu života pacientů [22].

Dosavadní klinické výzkumy a metaanalýzy potvrzují, že terapeutická aplikace PBM vykazuje signifikantní účinnost při léčbě existujících vředů u syndromu diabetické nohy. Data ukazují, že pacienti ošetření PBM dosahují průměrné redukce plochy lézí o 30,9 % a mají 4,65krát vyšší pravděpodobnost úplného zhojení oproti kontrolním skupinám. Pozitivní klinické výstupy jsou mediovány na subcelulární úrovni, primárně prostřednictvím absorpce světelné energie mitochondriální cytochrom c-oxidázou, což vede ke zvýšené syntéze ATP, modulaci zánětlivé odpovědi a indukci angiogeneze. Klinicky se tento efekt manifestuje nejen urychlením tkáňové reparace a zlepšením lokální perfuze i v ischemických oblastech, ale také objektivním snížením biomarkerů poškození nervů, redukcí neuropatické bolesti a prokazatelným zvýšením prahu vibrační citlivosti u pacientů trpících periferní diabetickou neuropatií [23,24].

Pro léčbu diabetické nohy představuje nejúčinnější modalitu v rámci fotobiomodulace synergická kombinace červeného světla o vlnové délce přibližně 630 až 680 nm, které efektivně stimuluje povrchovou proliferaci fibroblastů a urychluje epitelizaci a blízkého infračerveného (NIR) spektra v rozmezí 800 až 880 nm. Díky hlubšímu průniku tkáně NIR záření aktivuje mitochondriální cytochrom c oxidázu, což masivně zvyšuje produkci buněčného ATP v ischemických oblastech. Současná stimulace uvolňování oxidu dusnatého navíc podporuje angiogenezi a zlepšuje mikrocirkulaci nezbytnou pro regeneraci a hojení defektů [25-30].

Závěr:

Fotobiomodulace (PBM) představuje vysoce efektivní, neinvazivní a nákladově dostupnou metodu, která díky své schopnosti stimulovat mitochondriální aktivitu a modulovat zánětlivé procesy zásadně zlepšuje prognózu

hojení komplikovaných diabetických vředů. Současné klinické poznatky jasně potvrzují, že její systematické využití vede k signifikantnímu urychlení epitelizace, snížení neuropatické bolesti a celkovému zvýšení kvality života pacientů, což z této metody činí klíčový prvek moderní adjuvantní péče o diabetiky.

Nejlepších terapeutických výsledků je dosahováno při využití synergické kombinace červeného světla pro podporu povrchové regenerace a blízkého infračerveného spektra pro hloubkový průnik do tkání, což napomáhá obnově mikrocirkulace v ischemických oblastech. Implementace této fotochemicky založené terapie tak představuje slibnou cestu k zefektivnění léčby syndromu diabetické nohy a významnému snížení rizik spojených s tímto závažným onemocněním.

Pro léčbu diabetické nohy představuje nejúčinnější modalitu v rámci fotobiomodulace synergická kombinace červeného světla o vlnové délce přibližně 630 až 680 nm, které efektivně stimuluje povrchovou proliferaci fibroblastů a urychluje epitelizaci a blízkého infračerveného (NIR) spektra v rozmezí 800 až 880 nm. Díky hlubšímu průniku tkáně NIR záření aktivuje mitochondriální cytochrom c oxidázu, což masivně zvyšuje produkci buněčného ATP v ischemických oblastech. Současná stimulace uvolňování oxidu dusnatého navíc podporuje angiogenezi a zlepšuje mikrocirkulaci nezbytnou pro regeneraci a hojení defektů.

Využití fotobiomodulačních panelů pro domácí terapii přináší pacientům s diabetickými komplikacemi zásadní výhodu v podobě vysokého uživatelského komfortu a možnosti kontinuální péče bez nutnosti častých návštěv zdravotnických zařízení. Díky přenositelnosti a snadné obsluze těchto zařízení lze provádět cílenou aplikaci červeného a blízkého infračerveného světla přímo v pohodlí domova, což umožňuje dodržení frekvence ošetření nezbytné pro dosažení optimálních výsledků při hojení chronických ran. Tato autonomie nejenže snižuje psychickou zátěž spojenou s léčbou, ale zároveň aktivně podporuje včasnou prevenci a regeneraci, čímž pacienti získávají efektivní nástroj pro aktivní správu svého zdraví a udržení dlouhodobé kvality života. Fotobiomodulace pomocí LED diod prokazatelně pomáhá při hojení existujících vředů, mírní záněty, zlepšuje tkáňové prokrvení a tlumí neuropatickou bolest.

Zdroje:

1. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Národní diabetologický registr. Epidemiologie diabetes mellitus (otevřená data). 2026. Zdroj: <https://www.nzip.cz/data/1768-diabetes-mellitus-epidemiologie-otevrena-data>
2. International Diabetes Federation. Diabetes global report 2000 — 2050. Estimated total number of adults (20-79 years) with diabetes in 2024. Zdroj: <https://diabetesatlas.org/data-by-location/global/>
3. international Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 10th Edn. Brussels. Belgium. 2021. Zdroj: <https://www.diabetesatlas.org>
4. Bortolozo BB, Gomes da Silva AR, Prado TP, et al. Photobiomodulation in wounds of individuals with diabetes: a nonrandomized pilot study. Wounds. 2025;37(11):417-425. doi:10.25270/wnds/25012. Zdroj: <https://www.hmpglobelearningnetwork.com/site/wounds/original-research/photobiomodulation-wounds-individuals-diabetes-nonrandomized-pilot>
5. Boulton A. J. M., Armstrong D. G., Kirsner R. S., et al. Diagnosis and Management of Diabetic Foot Complications . Arlington (VA): American Diabetes Association; 2018. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30958663/>
6. Rosyid F. N. Etiology, pathophysiology, diagnosis and management of diabetics' foot ulcer. International Journal of Research in Medical Sciences . 2017;5(10):4206–4213. doi: 10.18203/2320-6012.ijrms20174548. Zdroj: <https://www.msjonline.org/index.php/ijrms/article/view/3736>
7. Johnson R., Osbourne A., Rispoli J., Verdin C. The diabetic foot assessment. Orthopaedic Nursing . 2018;37(1):13–21. doi: 10.1097/NOR.0000000000000414. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29369130/>
8. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas . Eighth. 2019. <http://www.diabetesatlas.org> .
9. Bowling F., Rashid S., Boulton A. Preventing and treating foot complications associated with diabetes mellitus. Nature Reviews Endocrinology . 2015;11(10):606–616. doi: 10.1038/nrendo.2015.130. Zdroj:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26284447/>

10. Jodheea-Jutton A., Hindocha S., Bhaw-Luximon A. Health economics of diabetic foot ulcer and recent trends to accelerate treatment. *The Foot* . 2022;52, article 101909 doi: 10.1016/j.foot.2022.101909. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36049265/>

11. Katherine McDermott, Michael Fang, Andrew J.M. Boulton, Elizabeth Selvin, Caitlin W. Hicks; Etiologie, epidemiologie a rozdíly v zátěži diabetických vředů na nohou. *Diabetes Care* 2. ledna 2023; 46 (1): 209–221. <https://doi.org/10.2337/dci22-0043>

12. Dompe C., Moncrieff L., Matys J., et al. Photobiomodulation—underlying mechanism and clinical applications. *Journal of Clinical Medicine* . 2020;9(6, article 1724) doi: 10.3390/jcm9061724. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32503238/>

13. Carvalho R. L., Alcântara P. S., Kamamoto F., Cressoni M. D., Casarotto R. A. Effects of low-level laser therapy on pain and scar formation after inguinal herniation surgery: a randomized controlled single-blind study. *Photomedicine and Laser Surgery* . 2010;28(3):417–422. doi: 10.1089/pho.2009.2548. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19821701/>

14. Yasukawa A., Hruí H., Koyama Y., Nagai M., Takakuda K. The effect of low reactive-level laser therapy (LLLT) with helium-neon laser on operative wound healing in a rat model. *The Journal of Veterinary Medical Science* . 2007;69(8):799–806. doi: 10.1292/jvms.69.799. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17827885/>

15. Tchanque-Fossuo C. N., Ho D., Dahle S. E., et al. A systematic review of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer. *Wound Repair and Regeneration* . 2016;24(2):418–426. doi: 10.1111/wrr.12399. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26748691/>

16. Joensen J., Demmink J. H., Johnson M. I., Iversen V. V., Lopes-Martins R. Á. B., Bjordal J. M. The thermal effects of therapeutic lasers with 810 and 904 nm wavelengths on human skin. *Photomedicine and Laser Surgery* . 2011;29(3):145–153. doi: 10.1089/pho.2010.2793. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21219241/>

17. Houreld N. N. The use of lasers and light sources in skin rejuvenation. *Clinics in Dermatology* . 2019;37(4):358–364. doi: 10.1016/j.clindermatol.2019.04.008. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31345324/>

18. Chung H., Dai T., Sharma S. K., Huang Y., Carroll J. D., Hamblin M. R. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Annals of Biomedical Engineering* . 2012;40(2):516–533. doi: 10.1007/s10439-011-0454-7. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22045511/>

19. Houreld N. N., Masha R. T., Abrahamse H. Low-intensity laser irradiation at 660 nm stimulates cytochrome c oxidase in stressed fibroblast cells. *Lasers in Surgery and Medicine* . 2012;44(5):429–434. doi: 10.1002/lsm.22027. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22488690/>

20. Hamblin M. R. Photobiomodulation for traumatic brain injury and stroke. *Journal of Neuroscience Research* . 2018;96(4):731–743. doi: 10.1002/jnr.24190. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29131369/>

21. de Freitas L.F., Hamblin M.R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* 2016;22:348–364. doi: 10.1109/JSTQE.2016.2561201. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28070154/>

22. Borges, N.C., Soares, L.R., Perissini, M.M. et al. Photobiomodulation using red and infrared spectrum light emitting-diode (LED) for the healing of diabetic foot ulcers: a controlled randomized clinical trial. *Lasers Med Sci* **39**, 253 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04199-5>. Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-024-04199-5>

23. Lourenço R, Perez ST, Motta LJ, et al. Effect of photobiomodulation as preventive treatment of diabetic foot ulcer: randomised, controlled, double-blind, clinical trial protocol. *BMJ*.

24. Karu TI, Afanas'eva NI. Cytochrome c oxidase as the primary photoacceptor upon laser exposure of cultured cells to visible and near IR-range light. Dokl Akad Nauk 1995;342:693–5. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7670387/>

25. Miranda MB, Barbosa da Rocha R, Alves RF, Cardoso VS. Effect of Using Photobiomodulation (660 Nanometers) for the Treatment of Diabetic Ulcers: Protocol for a Randomized Controlled Trial. The International Journal of Lower Extremity Wounds. 2026;25(3):712-717. Zdroj: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15347346241266732>

26. Bezerra Miranda M, Silva Barros AC, Veloso Coelho L, Barbosa da Rocha R, Antonio Kato da Silva B, Ahmad Hazime F, Tanuri Magalhães A, Saura Cardoso V. Dose-response and efficacy of 660-nanometer low-level laser therapy in healing diabetic foot ulcers: a randomized, double-blind, clinical trial. Lasers Med Sci. 2025 Oct 1;40(1):399. doi: 10.1007/s10103-025-04641-2. PMID: 41028567. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41028567/>

27. Dos Santos Mendes-Costa L, de Lima VG, Barbosa MPR, Dos Santos LE, de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa S, Tatmatsu-Rocha JC. Photobiomodulation: systematic review and meta-analysis of the most used parameters in the resolution diabetic foot ulcers. Lasers Med Sci. 2021 Aug;36(6):1129-1138. doi: 10.1007/s10103-020-03192-y. Epub 2020 Nov 15. PMID: 33190161. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33190161/>

28. Zhao, Hongyou & Ji, Tengda & Sun, Tianzhen & Liu, Haolin & Liu, Yidi & Chen, Defu & Wang, Ying & Tan, Yizhou & Zeng, Jing & Qiu, Haixia & Gu, Ying. (2022). Comparative study on Photobiomodulation between 630 nm and 810 nm LED in diabetic wound healing both in vitro and in vivo. Journal of Innovative Optical Health Sciences. 15. 10.1142/S1793545822500109. Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/358869329_Comparative_study_on_Photobiomodulation_between_630_nm_and_810_nm_LED_in_diabetic_wound_healing_both_in_vitro_and_in_vivo

29. Fleury Rosa, Suélia & Tatmatsu-Rocha, José & Dos Santos Mendes Costa, Luan. (2021). Photobiomodulation: systematic review and meta-analysis of the most used parameters in the resolution diabetic foot ulcers. Lasers in Medical Science. 36. 10.1007/s10103-020-03192-y. Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/346371908_Photobiomodulation_systematic_review_and_meta-analysis_of_the_most_used_parameters_in_the_resolution_diabetic_foot_ulcers

30. Lourenço R, Perez ST, Motta LJ, et al. Effect of photobiomodulation as preventive treatment of diabetic foot ulcer: randomised, controlled, double-blind, clinical trial protocol. BMJ Open 2025;15:e094594. doi: 10.1136/bmjopen-2024-094594. Zdroj: <https://bmjopen.bmj.com/content/15/1/e094594>



Rybná 1066/15, Staré Město, 110 00 Praha 1

www.bloominds.cz