

CO NA TO VĚDA: Využití fotobiomodulace v podzimních měsících na podporu imunity a regenerace

Podzim přináší výrazné změny, na které se lidský organismus musí přizpůsobit. Dny se zkracují, ubývá denního světla, klesá teplota a lidé tráví více času v uzavřených, často přetopených a málo větraných prostorách. Světlo přitom není pro člověka jen zdrojem vidění, ale také biologickým signálem, který řídí vnitřní hodiny, hormonální rovnováhu a prostřednictvím nich i činnost imunitního systému. Právě s ubývajícím světlem začíná sezóna respiračních infekcí. Retrospektivní analýza více než 13 500 vzorků z dýchacích cest ukázala, že jednotlivé respirační viry mají jasné sezónní vzorce: parainfluenza virus typu 4 vrcholí především na podzim, respirační syncytiální virus (RSV) od prosince do března a chřipka nejčastěji v lednu a únoru. Tyto sezónní vzorce byly stejné u lidí se zdravou i s oslabenou imunitou [1].

Podle dlouhodobého normálu Českého hydrometeorologického ústavu (1991–2020) svítí na území ČR v letních měsících slunce přibližně 220–234 hodin měsíčně, v září však již jen kolem 160 hodin, tedy zhruba o třetinu méně, a pokles dále pokračuje až k zimnímu slunovratu [2,3]. Ve stejném období přibývá respiračních infekcí. Podle Státního zdravotního ústavu dosáhla týdenní nemocnost akutními respiračními infekcemi v říjnu a listopadu 2024 hodnot 1 320–1 429 na 100 000 obyvatel, takže každý týden onemocnělo více než 1,3 % obyvatel. Za epidemii se považuje překročení 1 600–1 700 nemocných na 100 000 obyvatel, čehož bylo dosaženo například na konci ledna 2024, a k obvyklým hodnotám se nemocnost vrací až na konci zimy [4-7].

V zemích Evropské unie a Evropského hospodářského prostoru způsobuje sezónní chřipka podle ECDC každoročně až 50 milionů symptomatických onemocnění a 15 000–70 000 úmrtí, přičemž epidemie probíhají pravidelně od listopadu do dubna [8]. Celosvětově eviduje WHO přibližně 1 miliardu případů chřipky ročně, 3–5 milionů těžkých průběhů a 290 000–650 000 úmrtí [9]. Chronická obstrukční plicní nemoc je třetí nejčastější příčinou úmrtí na světě (3,4 milionu úmrtí v roce 2023) a astmatem trpí odhadem 363 milionů lidí [10,11]. Právě u těchto chronických onemocnění podzimní infekce často spouštějí akutní zhoršení (exacerbace), která mohou vést k hospitalizaci a trvalému poklesu plicních funkcí.

Sezónnost infekcí přitom nevysvětluje jen počasí a chování lidí. Chronobiologický výzkum ukazuje, že se v průběhu roku mění i samotná odolnost organismu. Délka dne (fotoperioda) a cirkadiánní rytmy ovlivňují hormonální signalizaci, aktivitu imunitních buněk i náchylnost k nemoci a jejich průběh [12]. Molekulární hodiny buněk (komplex CLOCK:BMAL1) přitom přímo ovlivňují, jak imunitní systém na infekci reaguje [13].

Méně světla, méně melatoninu: Dopad na imunitu a buněčné procesy

Klíčovým prostředníkem mezi světlem a imunitou je melatonin. Člověk má dva jeho zdroje. Epifýza (šišinka) vylučuje melatonin v noci a jeho rytmus synchronizuje vnitřní hodiny celého těla, přičemž délka nočního vylučování se mění podle délky noci v průběhu roku. Odhaduje se však, že epifýza tvoří méně než 5 % celkového melatoninu. Naprostá většina vzniká přímo v mitochondriích buněk různých tkání, kde řídí redoxní rovnováhu a metabolismus [14]. Pro správný rytmus melatoninu je nezbytný dostatek světla během dne. Venkovní osvětlení dosahuje 2 000–100 000 luxů, kancelářské osvětlení jen kolem 500 luxů. Kombinace nedostatku denního světla a umělého osvětlení večer narušuje cirkadiánní systém i rytmus melatoninu (tzv. chronodisrupce), který se spojuje s vyšším výskytem metabolických, kardiovaskulárních i afektivních onemocnění [15]. Nedostatek melatoninu, například při poruchách spánku a cirkadiánního rytmu, souvisí se zvýšením prozánětlivých cytokinů IL-6 a TNF- α , s nárůstem oxidačního stresu a se sníženou aktivitou NK buněk a CD4⁺ T-lymfocytů. Melatonin totiž reguluje zánětlivou dráhu NF- κ B, podporuje zdraví mitochondrií a integritu střevní bariéry [16].

Na buněčné úrovni působí melatonin jako antioxidant cílený do mitochondrií. Jeho koncentrace v mitochondriích výrazně převyšuje koncentraci v krvi a chrání je před poškozením reaktivními formami kyslíku [17]. Reiter a kolektiv upozorňují na možnost, že tvorbu melatoninu v buňkách mimo epifýzu může ovlivňovat i neviditelné blízké infračervené záření, a v této souvislosti zmiňují fotobiomodulaci [14]. Odinokov a Hamblin obdobně vyslovili hypotézu, že červené a blízké infračervené světlo podněcuje tvorbu melatoninu v tkáních mimo epifýzu (extrapineální melatonin) [18]. Jde zatím o hypotézy, ty však nabízejí vysvětlení, proč může úbytek přirozeného světla na podzim oslabovat buněčnou energetiku i imunitní obranu.

Významnou část slunečního záření, které na nás v letních měsících dopadá, tvoří červené a blízké infračervené (near infrared, NIR) světlo. Sluneční infračervené záření proniká hluboko do tkání a uplatňuje se v biologických

procesech od regenerace tkání po stárnutí kůže [19]. Na podzim a v zimě se dávka tohoto přirozeného světla výrazně snižuje. Fotobiomodulace (PBM) umožňuje cíleně dodat tělu červené a blízké infračervené světlo i v období, kdy ho příroda nabízí málo, a podpořit tak buněčnou energii, imunitní rovnováhu a regeneraci dýchacích cest.

Světlo, které proniká do buněk: Co se děje během fotobiomodulace

Fotobiomodulace, dříve označovaná jako nízkourovňová laserová terapie (LLLT), využívá netepelné červené (přibližně 600–700 nm) a blízké infračervené (přibližně 760–1100 nm) světlo z laserů nebo světelných diod (LED). Na rozdíl od ultrafialového záření tkáň nepoškozuje a nezahřívá je, ale spouští v buňkách řadu biochemických dějů, které lze rozdělit na primární, sekundární a terciární [20].

Primární děj: cytochrom c oxidáza a uvolnění oxidu dusnatého

Hlavním fotoreceptorem (chromoforem) červeného a blízkého infračerveného světla je cytochrom c oxidáza (CcO), poslední enzym dýchacího řetězce v mitochondriích. U buněk vystavených stresu, zánětu nebo nedostatku kyslíku se na CcO váže oxid dusnatý (NO), který kompetuje s kyslíkem a tlumí tvorbu energie. Absorbované fotony tento oxid dusnatý z enzymu uvolní, obnoví tok elektronů dýchacím řetězcem, zvýší membránový potenciál mitochondrií a produkci adenosintrifosfátu (ATP) [21]. Druhým primárním cílem jsou světlem a teplem řízené iontové kanály v buněčné membráně, které reagují zejména na delší vlnové délky a regulují vstup vápenatých iontů (Ca^{2+}) do buňky [20,21].

Sekundární děje: ATP, reaktivní formy kyslíku, oxid dusnatý a vápník

Po pohlcení světla dochází k několika sekundárním změnám: zvyšuje se tvorba ATP, vzniká krátký, kontrolovaný záblesk reaktivních forem kyslíku (ROS), uvolňuje se oxid dusnatý a mění se koncentrace vápníku v buňce [20]. Uvolněný oxid dusnatý působí jako vazodilatátor, rozšiřuje cévy a zlepšuje mikrocirkulaci a okysličení tkání [22]. Zajímavé je, že fotobiomodulace působí rozdílně na zdravé a na stresované buňky. Ve zdravých buňkách vyvolá krátký nárůst ROS, který slouží jako signál, kdežto v buňkách vystavených oxidačnímu stresu ROS naopak snižuje a posiluje antioxidační obranu [20,21]. Pro fotobiomodulaci je typická tzv. bifázická dávková odpověď: nízké dávky světla buňky stimulují, příliš vysoké dávky však mohou účinek tlumit [20]. Více tedy neznamená lépe.

Terciární děje: signální dráhy a transkripční faktory

Změny energie, redoxního stavu a vápníku aktivují celou řadu transkripčních faktorů, které vedou k lepšímu přežití buněk, jejich dělení a migraci a k tvorbě nových bílkovin [20]. Klíčovou roli hraje jaderný faktor κB (NF- κB). V klidových zdravých buňkách jej fotobiomodulace mírně aktivuje, zatímco v aktivovaných zánětlivých buňkách snižuje tvorbu zánětlivých markerů. Jedním z nejlépe reprodukovatelných účinků fotobiomodulace je proto celkové snížení zánětu [20]. Na regulaci se podílejí také dráhy mitogenem aktivovaných proteinkináz (MAPK) a zvýšená tvorba proteinů tepelného šoku (Hsp70), které chrání buňky před stresem [22,23].

Imunitní buňky: makrofágy, T-lymfocyty a dendritické buňky

Fotobiomodulace působí přímo na buňky imunitního systému. U makrofágů podporuje přechod z prozánětlivého fenotypu M1 do protizánětlivého a reparačního fenotypu M2, snižuje tvorbu prozánětlivých cytokinů, jako jsou faktor nekrózy nádorů α (TNF- α), interleukin 1 β (IL-1 β) a IL-6, a zvyšuje tvorbu protizánětlivého IL-10. Ovlivňuje také funkci T-lymfocytů a dendritických buněk, které zahajují specifickou imunitní odpověď [23]. V modelu chronického astmatu fotobiomodulace zvýšila podíl regulačních T-lymfocytů (CD4⁺CD25⁺Foxp3⁺) v plicích a obnovila tvorbu IL-10, tedy molekuly, která brání přehnané imunitní reakci [24]. Metaanalýza 13 preklinických studií na 384 zvířatech prokázala, že fotobiomodulace v modelech poškození plic výrazně snižuje expresi genů pro TNF- α a IL-1 β [25]. Imunitní systém se tak nevypíná, ale vrací se do rovnováhy, v níž dokáže účinně bojovat s patogeny a zároveň nepoškozovat vlastní tkáň.

Systémový účinek: krev, cévy a melatonin

Účinek fotobiomodulace se neomezuje pouze na ozářené místo. Světlo působí i na krev protékající ozařovanou tkání. Při ozáření krve se zlepšují její reologické vlastnosti, snižuje se viskozita a mění se aktivita imunitních buněk. Tyto poznatky vedly k vývoji intravaskulárního ozařování krve (ILIB) a později neinvazivní cévní fotobiomodulace přes kůži nad tepnou [26]. Podle hypotézy Odinokova a Hamblina může fotobiomodulace prostřednictvím extrapineálního melatoninu a stimulace kmenových buněk kostní dřeně zpomalovat i věkem podmíněný úbytek brzlíku, který je zdrojem T-lymfocytů [18].

Fotobiomodulace a dýchací cesty: Od akutního zánětu po chronická onemocnění

Akutní záněty dýchacích cest a akutní bronchitida

Akutní záněty dýchacích cest provází nábor neutrofilů, vyplavení zánětlivých cytokinů a otok tkáně. V experimentální studii na 288 potkanech s akutním poškozením plic vyvolaným bakteriálním lipopolysacharidem byl červený laser o vlnové délce 660 nm jedinou z testovaných variant, která významně snížila všechny parametry ventilační mechaniky, aktivitu myeloperoxidázy (markeru neutrofilů) i zánětlivé cytokiny a zmírnila otok a ztlustění alveolárních stěn. Infračervený laser 808 nm snížil TNF- α a IL-6 a částečně zlepšil histologický nálezy [27]. Obdobně infračervená fotobiomodulace (808 nm) aplikovaná na oblast průdušnice a hrudníku snížila v modelu akutního poškození plic počet zánětlivých buněk a expresi IL-1 β [28]. Protizánětlivý účinek byl popsán i v horních cestách dýchacích: v modelu rinosinusitidy snížila laserová terapie zánět sliznice dutin [29].

Klinické zkušenosti s nitrožilním ozařováním krve u chronické obstrukční bronchitidy popisují normalizaci mukociliárního transportu (samočisticí schopnosti průdušek), aktivaci fagocytózy a imunitní obrany, lepší pročištění průduškového stromu, zmírnění obstrukce a rychlejší ústup příznaků [26].

Virové infekce a zápal plic

Pandemie onemocnění COVID-19 přinesla první klinické studie fotobiomodulace u virového zápalu plic. V pilotní randomizované studii dostávala skupina pacientů kromě standardní léčby čtyři denní sezení blízkého infračerveného světla na plicní tkáň. Pacienti léčení fotobiomodulací se rychle zotavili, nepotřebovali přijetí na jednotku intenzivní péče ani umělou plicní ventilaci a ani po pěti měsících neměli dlouhodobé následky. V kontrolní skupině bylo 60 % pacientů přijato na JIP a 40 % mělo dlouhodobé následky [30]. V další randomizované studii se 30 pacienty byla použita vesta s 300 LED diodami (940 nm) přikládána na přední stranu hrudníku a břicha na 15 minut denně po dobu 7 dní. Skupina s fotobiomodulací měla kratší dobu hospitalizace, lepší saturaci kyslíkem, dechový objem a sílu dýchacích svalů [31]. Jde o malé studie, které je třeba potvrdit, ukazují však, že světlo dokáže proniknout k plicní tkáni a příznivě ovlivnit její zánět [32].

Astma

Astma je chronické zánětlivé onemocnění dýchacích cest, při kterém hraje hlavní roli alergická zánětlivá odpověď typu Th2. V modelu alergického astmatu snížila pulzní fotobiomodulace o vlnové délce 980 nm ztlustění stěny průdušek, infiltraci eozinofilů a expresi cytokinů IL-4, IL-5 a IL-13 a potlačila zánětlivou signalizaci NF- κ B [33]. V modelu chronického astmatu fotobiomodulace 660 nm snížila počet zánětlivých buněk, tvorbu hlenu a ukládání kolagenu v dýchacích cestách a zlepšila plicní mechaniku [24]. V randomizované trojitě zaslepené studii u 30 dospělých s obtížně kontrolovatelným astmatem vedla kombinace silového tréninku a LED fotobiomodulace (aplikované před každým tréninkem, 2× týdně po 12 týdnů) k většímu nárůstu svalové síly a funkční zdatnosti než samotný trénink. Na plicní funkce ani kontrolu astmatu však neměla měřitelný vliv [34]. Fotobiomodulace tak u astmatu představuje doplněk, nikoli náhradu inhalační léčby.

Chronická bronchitida a chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)

CHOPN je charakterizována chronickým zánětem a přestavbou dýchacích cest a postupným poškozením plicního parenchymu. V modelu CHOPN vyvolané cigaretovým kouřem snížila fotobiomodulace (660 nm, 30 mW, 3 J/cm²) počet zánětlivých buněk a hladiny IL-1 β , IL-6 a TNF- α v bronchoalveolární tekutině, zvýšila tvorbu protizánětlivého IL-10 a omezila ukládání kolagenu a expresi purinergního receptoru P2X7, který se podílí na zánětu plic [35]. U 40 pacientů se stabilizovanou CHOPN vedla osmitýdenní laserová stimulace ke snížení zánětlivého IL-6 v krvi a ke zlepšení poměru CD4⁺/CD8⁺ T-lymfocytů, a to výrazněji než trénink nádechových svalů [36]. Přehledová práce shrnuje, že fotobiomodulace snižuje zánětlivé cytokiny a chemokiny na více úrovních, zlepšuje metabolismus periferních i dýchacích svalů a podporuje tvorbu cév. Používané parametry se pohybovaly v rozmezí 660–830 nm a 3–10 J/cm². Autoři zároveň upozorňují, že pro chybějící rozsáhlé klinické studie zatím není fotobiomodulace součástí doporučených postupů léčby CHOPN [37].

Pneumoskleróza (plicní fibróza)

Pneumoskleróza označuje nahrazení funkční plicní tkáně tuhou vazivovou tkání, obvykle po opakovaných nebo dlouhodobých zánětech. Klinické studie fotobiomodulace u plicní fibrózy dosud chybějí. Preklinické práce však opakovaně ukazují, že fotobiomodulace omezuje ukládání kolagenu v plicích i v dýchacích cestách, a to

v modelech CHOPN i chronického astmatu [24,35]. Ve stejném směru působí snížení prozánětlivých cytokinů, zejména TNF- α a IL-1 β , které fibrózu podporují [25]. Fotobiomodulace tak může mít u pneumosklerózy potenciál jako podpůrná metoda, která tlumí zánět a omezuje další přestavbu tkáně. U tohoto onemocnění je však nezbytná spolupráce s lékařem pneumologem.

Fotobiomodulace: Od biologických mechanismů k doporučeným protokolům

Následující protokoly vycházejí z parametrů použitých ve výše citovaných studiích. U chronických plicních onemocnění je vždy vhodná konzultace s lékařem a fotobiomodulace nikdy nenahrazuje předepsanou léčbu, zejména inhalační léky.

Volba vlnové délky: Pro dýchací cesty se doporučuje kombinace červeného světla (630–660 nm), které působí na povrchové tkáně, sliznice a cévy, a blízkého infračerveného světla (810–850 nm, případně 940–1060 nm), které proniká hlouběji přes hrudní stěnu. Ve studiích se nejlépe osvědčilo světlo 660 nm a 808–830 nm, klinické studie u zápalu plic využily 808/905 nm a 940 nm [27,30,31,37].

Dávka a délka sezení: Ve studiích plicních onemocnění se dávka pohybovala mezi 3 a 10 J/cm² [37]. Kvůli bifázické odpovědi je lepší kratší pravidelné sezení než dlouhé a nepravidelné [20]. Je doporučováno 10–30 minut 1–2× denně, 4–7 dní v týdnu, vzdálenost od panelu 30–80 cm.

Prevence a podpora imunity v podzimních měsících: Celotělové ozáření nebo ozáření hrudníku zepředu i zezadu, 10–15 minut, 4–7× týdně, nejlépe dopoledne, od září do března. Cílem je dodat tělu chybějící světelný podnět, podpořit mitochondriální energii a imunitní rovnováhu [19,23].

Akutní bronchitida a respirační infekce: Ozáření přední i zadní strany hrudníku (oblast prŕdušek a plic), případně krku a obličeje v oblasti dutin, 10–15 minut na každou stranu, 1–2× denně po dobu 5–7 dní, nebo do ústupu příznaků. Délka vychází z klinických studií, které používaly denní ozařování po dobu 4–7 dní [30,31]. Při vysoké horečce, dušnosti nebo zhoršování stavu je nutné vyhledat lékaře.

Chronická bronchitida a CHOPN: Ozáření přední i zadní strany hrudníku, 10–20 minut, 3–5× týdně dlouhodobě (minimálně 8 týdnů), s možností zařazení před plicní rehabilitaci nebo pohybovou aktivitu. V období akutního zhoršení lze četnost zvýšit na denní [36,37].

Astma: Ozáření hrudníku zepředu i zezadu, 10–15 minut, 3–5× týdně dlouhodobě, ideálně v kombinaci s pohybovou aktivitou; ve studii byla fotobiomodulace aplikována před tréninkem 2× týdně po dobu 12 týdnů [24,34]. Fotobiomodulace se nepoužívá jako léčba akutního astmatického záchvatu.

Pneumoskleróza (plicní fibróza): Ozáření hrudníku zepředu i zezadu, kratší sezení (10 minut na stranu), 3–5× týdně dlouhodobě, po konzultaci s pneumologem. Cílem je tlumit chronický zánět a podpořit regeneraci tkáně [25,35].

Bezpečnost: Během terapie je vhodné chránit oči brýlemi a nedívat se přímo do zdroje světla.

Fotobiomodulace se neaplikuje přímo na nádorová ložiska. Při onemocnění štítné žlázy, v těhotenství a při užívání léků zvyšujících citlivost na světlo je vhodná konzultace s lékařem.

Závěr:

Podzimní měsíce přinášejí kombinaci několika nepříznivých faktorů: ubývá denního světla včetně jeho červené a infračervené složky, mění se cirkadiánní a sezónní regulace imunity a zároveň začíná sezóna respiračních virů. Fotobiomodulace dokáže tento světelný deficit cíleně vyrovnat. Červené a blízké infračervené světlo je pohlcováno cytochrom c oxidázou v mitochondriích, uvolňuje z ní inhibiční oxid dusnatý a obnovuje tvorbu buněčné energie (ATP). Krátký signál reaktivních forem kyslíku, uvolnění oxidu dusnatého a změny vápníku aktivují transkripční faktory, které v zanícených tkáních tlumí dráhu NF- κ B, snižují prozánětlivé cytokiny TNF- α , IL-1 β a IL-6 a zvyšují protizánětlivý IL-10.

Na úrovni imunitního systému fotobiomodulace podporuje přechod makrofágů do reparačního fenotypu M2, posiluje regulační T-lymfocyty a pomáhá imunitě najít rovnováhu mezi účinnou obranou a přehnaným zánětem. V dýchacích cestách preklinické i první klinické studie ukazují zmírnění zánětu u akutního poškození plic, zápalu plic, astmatu a CHOPN, lepší okysličení, sílu dýchacích svalů a rychlejší zotavení. Omezení ukládání kolagenu naznačuje potenciál i u pneumosklerózy. Fotobiomodulace je přitom vždy doplňkem, nikoli náhradou standardní léčby.

Možnost používat panel s červeným a infračerveným světlem v pohodlí domova přináší přesně to, co fotobiomodulace vyžaduje, tedy pravidelnost a správné načasování. Krátká denní sezení lze snadno zařadit do ranní rutiny a nahradit jimi část chybějícího denního světla po celé podzimní a zimní období. Při prvních známkách nachlazení lze terapii zahájit okamžitě, bez objednávání a dojíždění, kdy se člověk necítí dobře a nechce se vystavovat dalším patogenům v čekárnách. Pro lidi s astmatem, CHOPN či chronickou bronchitidou představuje domácí panel dlouhodobý, bezpečný a příjemný doplněk léčby, který mohou používat kdykoliv podle aktuálního stavu. Pravidelná domácí aplikace se tak stává jednoduchým rituálem, který pomáhá tělu projít podzimem s větší odolností a rychlejší regenerací.

Zdroje:

1. Theodoropoulos F, Hüsing A, Dittmer U, Jöckel KH, Taube C, Anastasiou OE. Seasonal Patterns of Common Respiratory Viral Infections in Immunocompetent and Immunosuppressed Patients. *Pathogens*. 2024;13(8):704. doi: 10.3390/pathogens13080704. PMID: 39204304. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11357019/>
2. Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Počasí, voda a ovzduší v ČR – srpen 2026. 2026. Zdroj: <https://www.chmi.cz/-/o-chmu/aktuality/pocasi-voda-a-ovzdusi-v-cr-srpen-2026>
3. Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Počasí, voda a ovzduší v ČR – září 2026. 2026. Zdroj: <https://www.chmi.cz/-/o-chmu/aktuality/pocasi-voda-a-ovzdusi-v-cr-zari-2026>
4. Státní zdravotní ústav (SZÚ). Respiračních infekcí přibývá, je ideální čas pro očkování proti covidu-19 i chřipce. Tisková zpráva, říjen 2024. Zdroj: <https://szu.gov.cz/aktuality/respiracnich-infekci-pribyva-je-idealni-cas-pro-ockovani-proti-covidu-19-i-chripce/>
5. Státní zdravotní ústav (SZÚ). Akutních respiračních infekcí je nejvíc mezi školáky. Tisková zpráva, listopad 2024. Zdroj: <https://szu.gov.cz/aktuality/akutnich-respiracnich-infekci-je-nejvic-mezi-skolaky/>
6. Státní zdravotní ústav (SZÚ). Jan Kynčl pro ČT24: Česko je na prahu epidemie respiračních onemocnění. 31. 1. 2024. Zdroj: <https://szu.gov.cz/aktuality/33682/>
7. Státní zdravotní ústav (SZÚ). Nemocnost akutními respiračními infekcemi se již dva týdny pohybuje na obvyklých hodnotách. 6. 3. 2026. Zdroj: <https://szu.gov.cz/aktuality/nemocnost-akutnimi-respiracnimi-infekcemi-se-jiz-dva-tydny-pohybuje-na-obvyklych-hodnotach/>
8. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Factsheet about seasonal influenza. Zdroj: <https://www.ecdc.europa.eu/en/seasonal-influenza/facts/factsheet>
9. World Health Organization (WHO). Influenza (seasonal). Fact sheet. 28. 2. 2025. Zdroj: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(seasonal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(seasonal))
10. World Health Organization (WHO). Chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Fact sheet. Zdroj: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
11. World Health Organization (WHO). Asthma. Fact sheet. 2026. Zdroj: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>
12. Kronfeld-Schor N, Stevenson TJ, Nickbakhsh S, Schernhammer ES, Dopico XC, Dayan T, Martinez M, Helm B. Drivers of Infectious Disease Seasonality: Potential Implications for COVID-19. *J Biol Rhythms*. 2021;36(1):35. doi: 10.1177/0748730420987322. PMID: 33491541. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7924107/>
13. Huang H, Mehta A, Kalmanovich J, Anand A, Bejarano MC, Garg T, Khan N, Tonpouwo GK, Shkodina AD, Bardhan M. Immunological and inflammatory effects of infectious diseases in circadian rhythm disruption and future therapeutic directions. *Mol Biol Rep*. 2023;50(4):3739. doi: 10.1007/s11033-023-08276-w. PMID: 36656437. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9851103/>
14. Reiter RJ, Sharma R, Tan DX, Chuffa LGA, da Silva DGH, Slominski AT, Steinbrink K, Kleszczynski K. Dual sources of melatonin and evidence for different primary functions. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024;15:1414463. doi: 10.3389/fendo.2024.1414463. PMID: 38808108. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11130361/>

15. Bonmati-Carrion MA, Arguelles-Prieto R, Martinez-Madrid MJ, Reiter R, Hardeland R, Rol MA, Madrid JA. Protecting the Melatonin Rhythm through Circadian Healthy Light Exposure. *Int J Mol Sci.* 2014;15(12):23448. doi: 10.3390/ijms151223448. PMID: 25526564. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4284776/>
16. Szataniak I, Packi K. Melatonin as the Missing Link Between Sleep Deprivation and Immune Dysregulation: A Narrative Review. *Int J Mol Sci.* 2025;26(14):6731. doi: 10.3390/ijms26146731. PMID: 40724980. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12296019/>
17. Reiter RJ, Rosales-Corral S, Tan DX, Jou MJ, Galano A, Xu B. Melatonin as a mitochondria-targeted antioxidant: one of evolution's best ideas. *Cell Mol Life Sci.* 2017;74(21):3863. doi: 10.1007/s00018-017-2609-7. PMID: 28864909. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11107735/>
18. Odínokov D, Hamblin MR. Aging of lymphoid organs: Can photobiomodulation reverse age-associated thymic involution via stimulation of extrapineal melatonin synthesis and bone marrow stem cells? *J Biophotonics.* 2018;11(8):e201700282. doi: 10.1002/jbio.201700282. PMID: 29227581. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5995606/>
19. Tsai SR, Hamblin MR. Biological effects and medical applications of infrared radiation. *J Photochem Photobiol B.* 2017;170:197–207. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2017.04.014. PMID: 28441605. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5505738/>
20. Hamblin MR. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS Biophys.* 2017;4(3):337–361. doi: 10.3934/biophy.2017.3.337. PMID: 28748217. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5523874/>
21. Hamblin MR. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. *Photochem Photobiol.* 2018;94(2):199–212. doi: 10.1111/php.12864. PMID: 29164625. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5844808/>
22. Kitchen LC, Berman M, Halper J, Chazot P. Rationale for 1068 nm Photobiomodulation Therapy (PBMT) as a Novel, Non-Invasive Treatment for COVID-19 and Other Coronaviruses: Roles of NO and Hsp70. *Int J Mol Sci.* 2022;23(9):5221. doi: 10.3390/ijms23095221. PMID: 35563611. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9105035/>
23. Al Balah OF, Rafie M, Osama AR. Immunomodulatory effects of photobiomodulation: a comprehensive review. *Lasers Med Sci.* 2025;40(1):187. doi: 10.1007/s10103-025-04417-8. PMID: 40214677. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11991943/>
24. de Brito AA, Gonçalves Santos T, Herculano KZ, Estefano-Alves C, de Alvarenga Nascimento CR, Rigonato-Oliveira NC, Chavantes MC, Aimbire F, da Palma RK, Ligeiro de Oliveira AP. Photobiomodulation Therapy Restores IL-10 Secretion in a Murine Model of Chronic Asthma: Relevance to the Population of CD4⁺CD25⁺Foxp3⁺ Cells in Lung. *Front Immunol.* 2022;12:789426. doi: 10.3389/fimmu.2021.789426. PMID: 35185864. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8847394/>
25. Arjmand B, Rahim F. The Probable Protective Effect of Photobiomodulation on the Immunologic Factor's mRNA Expression Level in the Lung: An Extended COVID-19 Preclinical and Clinical Meta-analysis. *Clin Pathol.* 2023;16:2632010X221127683. doi: 10.1177/2632010X221127683. PMID: 36938515. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10014418/>
26. Schapochnik A, Alonso PT, de Souza V, Rodrigues V, Quintela K, Cruz MDP, Ferreira CM, Cecatto RB, Rodrigues MFSD, Hamblin MR, Lino-dos-Santos-Franco A. Intravascular laser irradiation of blood (ILIB) used to treat lung diseases: a short critical review. *Lasers Med Sci.* 2023;38(1):93. doi: 10.1007/s10103-023-03750-0. PMID: 36964849. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10039675/>
27. Figueiredo RR, Pereira GS, Generoso LP, de Araújo JE, da Silva JRT, da Silva ML. Effects of Photobiomodulation on Ventilatory Mechanics and Inflammatory Response in a Rat Model of Acute Lung Injury. *J Lasers Med Sci.* 2026;17:e50021. doi: 10.34172/jlms.50021. PMID: 42676781. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13527699/>
28. Macedo DB, Tim CR, Kido HW, Macedo JB, Martignago CCS, Renno ACM, Macedo GB, Assis L. Influence of photobiomodulation therapy on the treatment of pulmonary inflammatory conditions and its impact on

COVID-19. *Lasers Med Sci.* 2022;37(3):1921. doi: 10.1007/s10103-021-03452-5. PMID: 34694503. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8543774/>

29. Park SR, Han Y, Lee SJ, Lee KI. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in a Rabbit Model of Rhinosinusitis. *Int J Mol Sci.* 2023;24(1):760. doi: 10.3390/ijms24010760. PMID: 36614203. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9820841/>

30. Vetrici MA, Mokmeli S, Bohm AR, Monici M, Sigman SA. Evaluation of Adjunctive Photobiomodulation (PBMT) for COVID-19 Pneumonia via Clinical Status and Pulmonary Severity Indices in a Preliminary Trial. *J Inflamm Res.* 2021;14:965. doi: 10.2147/JIR.S301625. PMID: 33776469. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7989376/>

31. Pereira PC, de Lima CJ, Fernandes AB, Zângaro RA, Villaverde AB. Cardiopulmonary and hematological effects of infrared LED photobiomodulation in the treatment of SARS-COV2. *J Photochem Photobiol B.* 2022;238:112619. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2022.112619. PMID: 36495670. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9721157/>

32. Sigman SA, Mokmeli S, Monici M, Vetrici MA. A 57-Year-Old African American Man with Severe COVID-19 Pneumonia Who Responded to Supportive Photobiomodulation Therapy (PBMT): First Use of PBMT in COVID-19. *Am J Case Rep.* 2020;21:e926779. doi: 10.12659/AJCR.926779. PMID: 32865522. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7449510/>

33. Wu Z, Zhang J, Gao Q, Wang D, Zhao Y, Yu H, Cheng SC. Pulsed 980 nm near-infrared photobiomodulation attenuates OVA-induced allergic asthma by modulating Th2 cytokine responses and inflammatory cell infiltration. *Sci Rep.* 2025;16:3214. doi: 10.1038/s41598-025-33195-0. PMID: 41476097. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12830860/>

34. Costa IP, Nascimento ER, Cahalin LP, Carvalho EFT, Silva EABA, Stirbulov R, Vieira RP, Dal Corso S, Parizotto NA, Mesquita-Ferrari RA, Sampaio LMM. Effects of resistance training with/without Photobiomodulation on muscle and respiratory function in difficult-to-control asthma: a randomized trial. *Lasers Med Sci.* 2026;41(1):83. doi: 10.1007/s10103-026-04880-x. PMID: 42059974. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13132882/>

35. da Cunha Moraes G, Vitoretto LB, de Brito AA, et al. Low-Level Laser Therapy Reduces Lung Inflammation in an Experimental Model of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Involving P2X7 Receptor. *Oxid Med Cell Longev.* 2018;2018:6798238. doi: 10.1155/2018/6798238. PMID: 29686745. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5857317/>

36. Mehani SHM. Immunomodulatory effects of two different physical therapy modalities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(9):1527–1533. doi: 10.1589/jpts.29.1527. PMID: 28931981. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5599814/>

37. Lu YS, Chen YJ, Lee CL, Kuo FY, Tseng YH, Chen CH. Effects of photobiomodulation as an adjunctive treatment in chronic obstructive pulmonary disease: a narrative review. *Lasers Med Sci.* 2023;38(1):56. doi: 10.1007/s10103-022-03661-6. PMID: 36707463. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9883131/>

bloominds®

www.bloominds.cz

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