

Ruben S. van Coevorden

Jewish Hospice Immanuel, Amsterdam, Holandia

Zastosowanie niskoenergetycznego promieniowania laserowego w opiece paliatywnej

Przedrukowano za zgodą z: *Advances in Palliative Medicine* 2009; 8, 3: 83–89

Streszczenie

Pierwsze publikacje dotyczące biologicznych skutków niskoenergetycznego promieniowania laserowego ukazały się mniej więcej 40 lat temu. Terapie wykorzystujące tę postać promieniowania świetlnego od dawna wyszły poza fazę początkową i stały się uznaną metodą leczenia. Obecnie nie dyskutuje się już o tym, czy laseroterapia o małej mocy (LLLT) jest skuteczna, ale o tym, jakie jej zastosowania są najbardziej efektywne. W Stanach Zjednoczonych, Australii, Zjednoczonym Królestwie i Skandynawii LLLT jest uznaną i powszechnie stosowaną metodą leczenia wielu schorzeń. W Holandii LLLT znana jest przede wszystkim jako skuteczna metoda pomagająca w pozbyciu się nałogu palenia tytoniu. Laseroterapia o małej mocy ma jednak do zaoferowania znacznie więcej.

Medycyna Paliatywna w Praktyce 2010, 4, 1: 18–22

Słowa kluczowe: niskoenergetyczne promieniowanie laserowe, skutki biologiczne, ból

Wstęp

Słowo „laser” jest akronimem angielskiej nazwy *light amplification by stimulated emission of radiation* (wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania). Zwykłe światło zawiera szerokie spektrum częstotliwości i natężeń. Światło laserowe obejmuje tylko jedną wartość częstotliwości (długości fali) i natężenia, jest zatem spójne, monochromatyczne i zogniskowane. Dzięki zastosowaniu techniki pobudzającej emisję, światło może być wzmacniane (jego natężenie może być zwiększane) [1]. Inaczej mówiąc, możliwe jest wytwarzanie światła o bardzo dużej mocy.

Naukowe wykorzystanie fal świetlnych

Historia leczenia światłem sięga dawnych czasów, ale dopiero w XX wieku zaczęto naukowo wykorzystywać niektóre rodzaje fal świetlnych w leczeniu schorzeń somatycznych. Opierając się na danych teoretycznych, Albert Einstein już w 1917 roku przewidział możliwość skonstruowania lasera, ale pierwszy działający laser został wyprodukowany dopiero po kilkudziesięciu latach. W 1960 roku fizyk Theodore Maiman opublikował pierwszą pracę na temat promieniowania laserowego i jego skutkach zdrowotnych. W 1967 roku węgierski chirurg, profesor medycyny Endre Mester, odkrył, że nisko-

Adres do korespondencji:

Ruben S. van Coevorden, MSc, Med GP
Hospice Doctor, Consultant in Palliative Care
Jewish Hospice Immanuel, Amsterdam, The Netherlands



Medycyna Paliatywna w Praktyce 2010, 4, 1, 18–22
Copyright © Via Medica, ISSN 1898–0678

energetyczne promieniowanie laserowe przyspiesza proces gojenia się ran. Doktor Mester jest uznawany za ojca laseroterapii. W latach 60., 70. i 80. XX wieku opublikował on wiele prac dotyczących badań podstawowych i zastosowań terapeutycznych laserów rubinowych i helowo-neonowych. W ciągu ostatnich 15 lat technika laserowa odegrała ważną rolę w wielu dyscyplinach medycznych. Lasery wysoko- i niskoenergetyczne (te ostatnie znane są również jako lasery biostymulacyjne) wykorzystuje się w zależności od emitowanej energii. Działanie terapii laserem o małej mocy (LLLT, *low level laser therapy*) jest dobrze udokumentowane i potwierdzone wynikami ponad 2500 badań naukowych przeprowadzonych w wielu ośrodkach uniwersyteckich.

Wysokoenergetyczne promieniowanie laserowe

Lasery o dużej mocy (HPL, *high-powered laser*) mają na celu niszczenie tkanek. Są stosowane w dermatologii, gastroenterologii, chirurgii okulistycznej i chirurgii innych narządów, a także w innych dziedzinach medycyny. Lasery o dużej mocy działają w sposób inwazyjny, dlatego powinny być stosowane wyłącznie przez lekarzy. Mogą one bowiem powodować uszkodzenia zdrowych tkanek oraz dodatkowe urazy tkanek zmienionych chorobowo.

Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe

Lasery o małej mocy (LLL, *low level lasers*) mają takie same właściwości jak lasery o dużej mocy, ale intensywność ich działania jest znacznie słabsza. Laser o małej mocy powoduje niewielki wzrost temperatury (< 1°C) i jest bezpieczną metodą światłoterapii, która oddziałuje jedynie na zmiany chorobowe, nie wpływając na zdrowe tkanki. Laseroterapia o małej mocy jest ponadto uznaną formą leczenia wspomagającego, stosowaną w fizykoterapii, pediatrii, stomatologii, dermatologii, ogólnej praktyce medycznej, akupunkturze, leczeniu uzależnień, medycynie sportowej i zabiegach weterynaryjnych. Lasery o małej mocy stosuje się również z powodzeniem w kosmetologii, na przykład w leczeniu trądziku, w tym trądziku różowatego, oraz cery z problemami naczyniowymi.

Jak działa LLLT?

Światło lasera o małej mocy to wiązka fotonów (małych pakietów energii), która jest absorbowana przez tkanki i przekształcana w mitochondriach w energię wewnątrzkomórkową.

Laser o małej mocy wykazuje następujące działania fizjologiczne:

- zwiększa odpowiedź czynnika wzrostu;
- zwiększa syntezę ATP;
- zwiększa proliferację komórek;
- zwiększa ruchliwość komórek;
- zwiększa angiogenezę;
- nasila przebudowę macierzy pozakomórkowej;
- wywołuje zmiany metabolizmu neuroprzekaźników — serotoniny i endorfin;
- zmniejsza aktywność nocyceptywną;
- zwiększa odpowiedź układu immunologicznego.

Oddziaływania te dotyczą różnych typów komórek, takich jak: makrofagi, fibroblasty, komórki śródbłonna i mastocyty. Prowadzi to do intensywniejszego i przyspieszonego gojenia się ran, zmniejszenia bólu i zwiększenia odpowiedzi immunologicznej.

Ustawienia parametrów decydują o skuteczności

Aby uzyskać optymalne działanie w poszczególnych schorzeniach, należy zastosować odpowiednią długość fali i właściwą dawkę energii, które zmieniają się w zależności od zastosowań. Zbyt duża dawka nie wywoła pożądanego efektu, a zbyt mała nie spowoduje żadnych zmian. Ważne wydaje się również wybranie odpowiedniej emisji impulsowej o określonej częstotliwości. Wszystkie te czynniki decydują o tym, czy energia lasera dotrze do tkanek, oraz o tym, jaka będzie ich reakcja na zastosowane leczenie. To jedna z głównych przyczyn, dla których zarówno w przeszłości, jak i obecnie w wielu badaniach naukowych nie udało się wykazać pozytywnego działania LLL. Na podstawie tych danych twierdzono, że skuteczność LLLT nie jest poparta dowodami naukowymi. Niedokładne pomiary i nieprawidłowe rejestrowanie dawkowania były podstawowymi uchybieniami badań nad fototerapią (LLLT). Aż 30% doniesień na ten temat albo nie podaje informacji niezbędnych do ustalenia wielkości dawki, albo podaje dawki nieprawidłowe. Duże rozpowszechnienie błędów dotyczących dawkowania w opublikowanych doniesieniach sugeruje, że pomyłki w ustalaniu dawek zdarzają się często wśród lekarzy i innych użytkowników aparatury laserowej.

Przykład zastosowania i działania głowic laserowych

Przykładowe typy głowic i ich zastosowanie w LLLT przedstawiono w tabeli 1.

W większości przypadków w tym samym obszarze wykorzystywano pojedynczą głowicę lub laser wielosondowy.

Tabela 1. Przykłady głowic i ich zastosowanie w LLLT

Głowica	Wielkość przenikania	Odpowiedź komórkowa	Zastosowanie
675 nm 30 mW	Tylko 5% ogólnej mocy przenika do skóry i głębiej	Dobra odpowiedź czynnika wzrostu Działanie bakteriostatyczne	Owrodzenia i rany Zabiegi w okresie pooperacyjnym Choroby skóry Kontrola zakażeń Opryszczka wargowa
	20% przenika do tkanki podskórnej	Działanie wirusostatyczne Doskonała odpowiedź czynnika wzrostu	Procesy naprawcze w tkankach pod warstwą skóry właściwej Urazy tkanek miękkich/sportowe
820 nm 200 mW	Bardziej efektywne przenikanie i dostarczanie energii	Uwalnianie endorfin	Stymulacja punktów akupunkturowych
	Udowodnione dostarczanie energii do tkanek na głębokości 3–4 cm	Duże stężenia serotoniny	Terapia w okolicy punktów spustowych Łagodzenie bólu Rzucanie palenia
Wielosondowy	Połączone serie różnych długości fali w celu uzyskania jak najlepszego przenikania i wielkości napromieniowania	Doskonała odpowiedź czynnika wzrostu na większych obszarach	Owrodzenia i rany Zabiegi w okresie pooperacyjnym Choroby skóry Kontrola zakażeń

Emisja impulsowa czy ciągła?

Jeśli laseroterapia ma być stosowana w celu wspomaganego gojenia się ran, najlepsze efekty uzyskuje się za pomocą laseroterapii wieloimpulsowej o małych częstotliwościach (2,5–20 Hz). W leczeniu bólu najlepszą jest laseroterapia wieloimpulsowa o średnich częstotliwościach (73–700 Hz), natomiast w celu złagodzenia objawów przewlekłego stanu zapalnego należy stosować terapię wieloimpulsową o dużych częstotliwościach (5–20 kHz). Powoduje to przekształcenie przewlekłego stanu zapalnego lub bólu w stan ostry, który następnie jest leczony za pomocą laseroterapii impulsowej o małej częstotliwości (2,5–20 Hz).

Działania niepożądane i przeciwwskazania

Ponieważ LLLT jest techniką nieinwazyjną, niepowodującą uszkodzenia tkanek, działania niepożądane praktycznie nie występują. Najczęstsze przeciwwskazania opisano poniżej.

Bezpośrednie napromieniowanie oczu

Lasery klasy 3b stanowią potencjalne zagrożenie dla siatkówki oka, choć jej uszkodzenie jest mało prawdopodobne. Mimo to konieczne jest stosowanie okularów ochronnych zarówno przez pacjenta, jak i przez terapeutę.

Ciąża

Stosowanie laseroterapii nad obszarem ciężarnej macicy jest przeciwwskazane. Laseroterapia może być wykorzystywana u kobiet w ciąży jako

metoda wspomagająca w leczeniu bólów grzbietu lub innych dolegliwości.

Nowotwory złośliwe

Chociaż badania wykazały nasilenie apoptozy w komórkach nowotworowych przy braku działania na komórki nienowotworowe po zastosowaniu laseroterapii impulsowej z emisją promieniowania podczerwonego [11], eksperci na ogół zalecają, aby nie stosować terapii laserowej w obszarze stwierdzonych zmian pierwotnych lub wtórnych o charakterze nowotworowym. Laseroterapię można stosować w celu złagodzenia bólu lub innych dolegliwości w terminalnych stadiach choroby, po uzyskaniu pełnej zgody pacjenta i lekarza specjalisty.

Tarczycza

Nie należy stosować laseroterapii w okolicy gruczołu tarczowego.

Krwawienie

Rozszerzenie naczyń spowodowane działaniem lasera może nasilać krwawienie.

Leki immunosupresyjne

Laseroterapia jest przeciwwskazana u pacjentów przyjmujących te leki.

Zastosowanie promieniowania laserowego w okolicy zwojów współczulnych, nerwu błędnego i serca u pacjentów z chorobami serca

Laseroterapia może w istotny sposób wpływać na czynność układu nerwowego, dlatego stosowa-

nie jej w wymienionych obszarach u pacjentów z chorobami serca jest przeciwwskazane.

LLLT i kontrola bólu

Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe od wielu lat było wykorzystywane z pozytywnym skutkiem zarówno w reumatologii, jak i w fizykoterapii; korzystne działanie LLLT potwierdzono w wielu badaniach [2–5].

LLLT i opieka paliatywna

W opiece paliatywnej głównym celem jest zmniejszenie cierpienia we wszystkich wymiarach — fizycznym, psychologicznym, psychospołecznym i duchowym.

W tej sytuacji najważniejszymi dolegliwościami somatycznymi są: ból, nudności i wymioty, duszność, zaparcia i biegunka; w fazie terminalnej występują dodatkowo inne problemy. Ponieważ wielu pacjentów pozostaje unieruchomionych, częstą dolegliwością są odleżyny i rany odleżynowe w miejscach ucisku. Jednak uwagi mogą wymagać również inne, stwierdzone wcześniej stany chorobowe, takie jak bóle stawów spowodowane procesem zapalnym.

Przewlekłe owrzodzenia żyłne w istotnym stopniu pogarszają jakość życia pacjenta. Ich leczenie może znacznie poprawić samopoczucie chorego, również w warunkach opieki paliatywnej. Oprócz wyżej wymienionych należy wspomnieć, że metody leczenia stosowane w onkologii często powodują inne nieprzyjemne działania niepożądane, takie jak: nudności, zapalenie błony śluzowej jamy ustnej, suchość w ustach i silne bóle wywołane radioterapią okolicy głowy i szyi.

Laseroterapia o małej mocy jest metodą bezbolesną i łatwą do zastosowania, dlatego może być bardzo korzystna w warunkach opieki paliatywnej. Jest obecnie wykorzystywana w hospicjum, w którym pracuje autor niniejszej pracy, jako metoda uzupełniająca w terapii bólu, zapobieganiu i leczeniu odleżyn i gojenia ran. Ponieważ używana przez autora aparatura laserowa (Omega XP) ma funkcję akupunktury, można za jej pomocą stymulować niektóre punkty akupunktururowe w leczeniu takich objawów, jak nudności. Stymulacja punktów spustowych również może prowadzić do lepszej kontroli bólu.

Wyniki uzyskiwane za pomocą laseroterapii w hospicjum, w którym pracuje autor niniejszej pracy, są obiecujące, a w niektórych przypadkach dają zaskakujące rezultaty. Prowadzenie badań kontrolowanych, randomizowanych, z podwójną ślepą

próbą, w układzie naprzemiennym jest bardzo trudne w warunkach opieki hospicyjnej. Koncentruje się ona przede wszystkim na optymalnym łagodzeniu cierpienia, nie zaś na badaniach naukowych. Przegląd piśmiennictwa w celu sprawdzenia, czy lasery niskoenergetyczne były stosowane w innych ośrodkach opieki paliatywnej, przyniósł jednak pozytywne wyniki. Przedstawiono je poniżej.

Korzystne efekty LLL opisano w profilaktyce i leczeniu zapalenia jamy ustnej wywołanego radioterapią w przebiegu nowotworów złośliwych głowy i szyi [6]. Niektóre dane z piśmiennictwa opisują poprawę jakości życia [7].

Wszyscy pacjenci tolerowali laseroterapię bez skutków ubocznych i reakcji niepożądanych. Wynik końcowy pokazuje znaczącą różnicę w natężeniu bólu i stanu zapalnego błon śluzowych ($p < 0,001$) między porównywanymi dwiema grupami. Po zakończeniu 6-tygodniowej radioterapii średni wynik w skali oceny bólu i stopień nasilenia zapalenia błon śluzowych były znacznie mniejsze ($p < 0,001$) w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną.

Stwierdzono dodatni wpływ na obrzęk limfatyczny w przebiegu raka sutka [8].

W badaniu wykazano, że zarówno metody zachowawcze, jak i LLL są skuteczne w leczeniu obrzęku limfatycznego. Wiele pacjentek uznało LLLT za racjonalną alternatywę w leczeniu.

Fototerapia poprawia gojenie się przewlekłych owrzodzeń żylnych [9].

Owrzodzenia leczone fototerapią goiły się istotnie szybciej niż w grupie kontrolnej przy porównaniu przeprowadzonym w 30. ($p < 0,01$), 60. ($p < 0,05$) i 90. dniu leczenia ($p < 0,001$). Tempo gojenia owrzodzeń było również większe w porównaniu ze stosowaniem placebo. Owrzodzenia średniej i znacznej wielkości goiły się wyraźnie szybciej po leczeniu laserem ($> 40\%$ szybsze tempo gojenia na miesiąc) w porównaniu z placebo i grupą kontrolną ($p < 0,05$). Fototerapia sprzyja gojeniu się owrzodzeń żylnych, szczególnie rozległych i opornych na leczenie konwencjonalne.

Laseroterapia przywraca prawidłowy proces gojenia się ran w przebiegu cukrzycy [10].

W modelu cukrzycy indukowanej gojenie się ran i oparzeń ulegało poprawie odpowiednio o 40,3% i 45% w doświadczeniach z użyciem lasera 633 nm. Fototerapia przyspieszała gojenie się ran i oparzeń. Metoda ta jest zalecana szczególnie po dużych zabiegach chirurgicznych u osób z upośledzonym gojeniem się ran, na przykład u chorych na cukrzycę i osób w podeszłym wieku.

Przegląd piśmiennictwa dotyczącego fotomedycyny i LLLT co 2 miesiące przedstawia imponującą

listę artykułów dotyczących zarówno podstawowych badań naukowych, jak i prób klinicznych z dziedziny laseroterapii. Coraz częściej skutki działania światła laserowego stają się wyraźnie widoczne i przy wprowadzeniu bardziej wystandaryzowanych programów terapeutycznych przyszłość laserów niskoenergetycznych w ogólnych zastosowaniach klinicznych przedstawia się pozytywnie. Opieka paliatywna praktykowana jest głównie u schyłku życia pacjenta (leczenie chorób przewlekłych również można określić jako leczenie paliatywne, ale nazwa ta dotyczy zazwyczaj opieki nad chorymi w stanie terminalnym), nie oznacza to jednak, że nie należy rozważać wprowadzania nowych technik. Przeciwnie, jakkolwiek interwencja, która jest korzystna i nie powoduje działań niepożądanych, nie uszkadza i nie zwiększa cierpienia, powinna być stosowana w celu optymalnego łagodzenia dolegliwości pacjentów.

Wnioski

Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe nie jest nowością w medycynie klinicznej, ale jego zastosowanie w przeszłości dawało sprzeczne wyniki, dlatego w niektórych krajach (np. w Holandii) wykorzystanie tej metody było ograniczone lub nawet nieznanne.

Aparatura lecznicza często jest skuteczna tylko na tyle, na ile pozwalają umiejętności kliniczne użytkownika; podobnie skuteczność działań lekarskich ograniczają niekiedy możliwości stosowanych narzędzi. Z jednej strony *World Association for Laser Therapy* (WALT) przedstawia propozycje wytycznych i standardów dotyczących projektowania i prowadzenia badań klinicznych, z drugiej zaś strony wśród lekarzy istnieje ogromna potrzeba opracowania skutecznych protokołów terapeutycznych. Ścisła współpraca lekarzy i producentów aparatury laserowej powinna doprowadzić do powszechniejszego i sku-

teczniejszego zastosowania laserów niskoenergetycznych.

Na podstawie własnego doświadczenia (zarówno w ogólnej praktyce lekarskiej, jak i opiece hospicyjnej) autor wyraża przekonanie, że LLLT będzie w przyszłości często stosowana w ogólnej praktyce lekarskiej, na oddziałach dla przewlekle chorych i hospicjach.

Piśmiennictwo

1. Tunner J., Hode L. Laser therapy, clinical practice and scientific background. Prima Books AB, Grängesberg 2002.
2. Brosseau L., Robinson V., Wells G. i wsp. Low level laser therapy for treating rheumatoid arthritis. The Cochrane database of systematic reviews. John Wiley and Son, 2007: 1.
3. Chow R., Heller G., Barnsley L. The effect of 300 mW, 830 nm laser on chronic neck pain: A double blind, randomized, placebo controlled study. *Pain* 2006; 124: 201–210.
4. Ozdemir F., Birtane M., Kokino S. The clinical efficacy of low power laser therapy on pain and function in cervical osteoarthritis. *Clin. Rheumatol.* 2001; 20: 181–184.
5. Hakguder A., Birtane M., Gürcan S., Kokino S., Turan F.N. Efficacy of low level laser therapy in myofascial pain syndrome: an algometric and thermographic evaluation. *Laser Surg. Med.* 2003; 33: 339–343.
6. Arun Maiya G., Sagar M.S., Fernandes D. Effect of low level helium-neon (He-Ne) laser therapy in the prevention & treatment of radiation induced mucositis in head & neck cancer patients. *Indian J. Med. Res.* 2006; 124: 399–402.
7. Campos L., Simoes A., Sá P.H., Eduardo Cde P. Improvement in quality of life of an oncological patient by laser phototherapy. *Photomedicine Laser Surg.* 2009; 27: 1549–5418.
8. White K. Frade randomised controlled trial of LLLT for the treatment of lymphoedema secondary to breastcancer. Curtin University of Technology, Australia 2006.
9. Caetano K.S., Frade M.A.C., Minatel D.G., Santana L.A., Enwemeka C.S. Phototherapy improves healing of chronic venous ulcers. *Photomedicine Laser Surgery* 2009; 27: 111–118.
10. Al-Whatban F.A.H. Laser therapy converts diabetic wound-healing to normal healing. *Photomedicine Laser Surgery* 2009; 27: 127–135.
11. Navratil L., Santana-Blank L. Letter to the editor. *Photomedicine Laser Surgery* 2004; 22: 442–443.