

Anna Pyszora, Anna Adamczyk

Katedra i Zakład Opieki Paliatywnej *Collegium Medicum* im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Zastosowanie niskoenergetycznego promieniowania laserowego w leczeniu bólu

Application of Low Level Laser Therapy (LLLT) for pain relief

Streszczenie

W niniejszym artykule omówiono zastosowanie niskoenergetycznego promieniowania laserowego w leczeniu zespołów bólowych. Autorki przedstawiły współczesne hipotezy tłumaczące mechanizmy oddziaływania promieniowania laserowego małej i średniej mocy na komórki oraz tkanki. Dokonano również analizy prób klinicznych, badających skuteczność analgetyczną biostymulacji laserowej. Zwrócono uwagę na przeciwwskazania do stosowania tego rodzaju zabiegów.

Słowa kluczowe: niskoenergetyczne promieniowanie laserowe, leczenie bólu

Abstract

This article reviews the use of Low Level Laser Therapy (LLLT) for pain relief. Authors present modern hypotheses explaining the mechanism of action of low and mid power laser irradiation effects in cells and tissues. In addition, article describes clinical trials studying analgesic action of laser biostimulation. The article also contains contraindications in applying such therapy.

Key words: low level laser therapy (LLLT), pain management

Wstęp

Urządzenia laserowe stosuje się niemal w każdej dziedzinie współczesnej medycyny. Słowo „laser” pochodzi od pierwszych liter angielskiego określenia zjawiska fizycznego (*light amplification by stimulated emission of radiation*), będącego jednocześnie zasadą działania — wzmacniania światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania [1]. W medycynie fizykalnej i rehabilitacji stosuje się laseroterapię o małej i średniej mocy (LLLT, *low level laser therapy*). Oddziaływanie niskoenergetycznego promieniowania laserowego na organizm człowieka w celu pobudzenia jego różnorodnych struktur i funkcji określa się jako biostymulacja [2].

Historia zastosowań terapeutycznych biostymulacji laserowej ma swój początek w pierwszej połowie lat 60. XX wieku, jednak najbardziej dynamiczny rozwój tej formy leczenia przypada na ostatnie 30-lecie [3]. Dzięki intensywnemu rozwojowi techniki stwarzającemu możliwości doskonalenia aparatury laserowej oraz gromadzeniu doświadczeń klinicznych uzyskuje się coraz lepsze wyniki leczenia fizykalnego niskoenergetycznym promieniowaniem laserowym [4].

Aparatura laserowa

Lasery medyczne można podzielić z punktu widzenia mocy generowanego promieniowania

Adres do korespondencji: mgr fizjoterapii Anna Pyszora
Katedra i Zakład Opieki Paliatywnej *Collegium Medicum* im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy UMK w Toruniu
ul. M. Skłodowskiej Curie 8, 85-094 Bydgoszcz; e-mail: kizoppal@cm.umk.pl



Polska Medycyna Paliatywna 2005, 4, 3, 127–132
Copyright © 2005 Via Medica, ISSN 1644-115X

Tabela 1. Podział laserów medycznych
Table 1. Medical lasers division

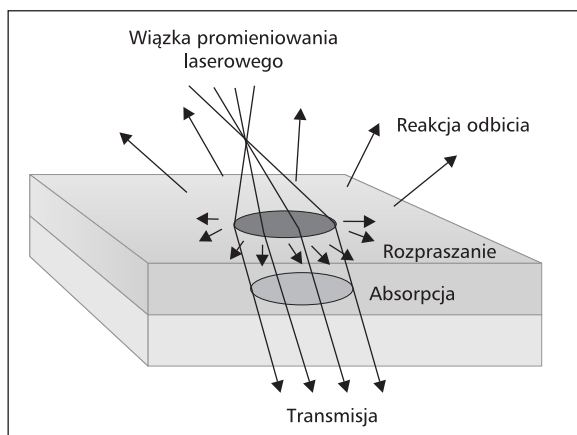
Lasery małej mocy: 1–6 mW
Lasery średniej mocy: 7–500 mW
Lasery dużej mocy: powyżej 500 mW

(tab. 1). Do oddziaływań biostymulacyjnych stosuje się promieniowanie o mocy nie wyższej niż 60 mW, wywołujące proces aktywnej transmisji i absorpcji w tkance. Najbardziej silne spektralnie jest widmo w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni. Ważny dla stymulacji obszar okienka optycznego, gdzie transmisja promieniowania jest największa, mieści się w zakresie długości fal laserów 550–950 nm [5]. W biostymulacji wykorzystuje się najczęściej lasery helowo-neonowe (HeNe) o długości fali 632,8 nm, półprzewodnikowe: galowo-aluminiowo-arsenowe (GaAlAs) o długości fali 820 nm i 830 nm oraz galowo-arsenowe (GaAs) o długości fali 904 nm [6].

Nowoczesne lasery biostymulacyjne uwzględniają wykonywanie zabiegów o bardzo zróżnicowanych parametrach dotyczących długości fali, stosowanej mocy oraz sposobu aplikacji energii [7].

Metodyka zabiegów

Terapia laserowa polega na doprowadzeniu określonej dawki energii do obszarów tkanek poddanych zabiegowi. Światło laserowe, padając na powierzchnię tkanki, podlega prawom optyki (ryc. 1) [5]. W uzyskiwaniu efektywnego oddziaływania bioenergetycznego laserów najistotniejsze są skuteczność absorpcji i głębokość penetracji promieniowania laserowego o określonej długości fali w poszczególnych elementach strukturalnych tkanek [8]. Zróżnicowanie efektów terapeutycznych zależy od parametrów



Rycina 1. Oddziaływanie światła laserowego na tkankę
Figure 1. The laser light-tissue interaction

zastosowanej stymulacji laserowej [5]. Poza długością fali i częstotliwością w przypadku laserów impulsowych decydujące znaczenie przypisuje się zastosowanej gęstości powierzchniowej energii [8].

Na podstawie wieloletnich obserwacji klinicznych oraz zaleceń producentów sprzętu w schorzeniach przewlekłych zaleca się stosowanie większych dawek (5–12 J/cm²) z większą mocą, a w schorzeniach z bólem ostrym i podostrym — mniejszych dawek (0,1–4 J/cm²) i mniejszej mocy. Słuszność takiego doboru gęstości powierzchniowej energii potwierdza prawo Arndta-Schultza, które określa słabe bodźce jako stymulujące procesy fizjologiczne, a bardzo silne — jako hamujące aktywność fizjologiczną [3, 8].

Mechanizmy oddziaływania laseroterapii

W przypadku biostymulacji laserowej pozytywne obserwacje kliniczne wyprzedziły badania mechanizmów oddziaływania promieniowania laserowego. Mechanizm występowania efektu przeciwbólowego uzyskanego po zastosowaniu promieniowania laserowego jest wciąż przedmiotem dyskusji i badań prowadzonych zarówno w polskich, jak i zagranicznych ośrodkach. Zakłada się, że podstawą mechanizmu oddziaływania promieniowania laserowego na tkanki są procesy zachodzące na poziomie komórkowym i molekularnym, które są rezultatem rezonansowej absorpcji energii przez komórki.

Efekt absorpcyjny polega na oddawaniu energii promieniowania laserowego poszczególnym cząsteczkom organizmu pozostającym na wspólnym poziomie energetycznym z fotonami. Absorpcja promieniowania laserowego powoduje zatem wzrost energii całkowitej komórki, czego bezpośrednim skutkiem jest zwiększenie energii wewnętrznej [8].

Efekt receptorowy biostymulacji polega natomiast na wzroście metabolizmu komórki wskutek pochłonięcia światła lasera. Energia całkowita komórki pozostaje stała, a wzrasta energia użyteczna kosztem energii wewnętrznej. Hipotetyczne mechanizmy (receptorowy i absorpcyjny) zawsze występują jednocześnie [9].

Efekt oddziaływania promieniowania laserowego na poziomie komórkowym objawia się: zwiększeniem produkcji adenosynotrójfosforanu (ATP, *adenosinetriphosphate*), wzrostem aktywności enzymów błonowych, zwiększoną syntezą DNA i RNA oraz przyspieszeniem wymiany elektrolitowej między komórką a jej otoczeniem [5, 6, 8–12]. Na poziomie tkankowym obserwuje się przyspieszenie krążenia krwi i chłonki, spadek ciśnienia wewnątrzkapilarnego, wzrost progu pobudliwości zakończeń nerwowych oraz pobudzenie układu immunologicznego [5, 9, 13].

Opisane powyżej mechanizmy oddziaływania promieniowania laserowego mają niebagatelne znaczenie w uzyskiwaniu efektu analgetycznego po biostymulacji. Przeciwbólowe działanie laseroterapii jest następstwem zahamowania uwalniania mediatorów zapalnych, zmniejszenia obrzęku, zwiększenia aktywacji zstępującego układu antynocycyptynowego oraz hiperpolaryzacji pierwotnych zakończeń nerwowych [5].

Zastosowanie kliniczne

W praktyce wykorzystuje się przede wszystkim oddziaływanie przeciwbólowe i przeciwzapalne biostymulacji laserowej. Oceniana w wielu próbach klinicznych skuteczność analgetyczna laseroterapii wykazuje znaczne różnice [10, 14–16].

Wielu autorów wskazuje na istotne statystyczne zmniejszenie dolegliwości bólowych u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa i stawów obwodowych [10, 17–23]. Efekt terapeutyczny podlega analizie na podstawie danych subiektywnych i obiektywnych. W przypadkach chorób zwyrodnieniowych stawów parametrem subiektywnym jest odczucie bólu, natomiast pomiar zakresu ruchu należy do kategorii danych obiektywnych. Autorzy podkreślają, że zniesienie dolegliwości bólowych w stawach objętych procesem zwyrodnieniowym zwiększa sprawność funkcjonalną pacjenta oraz wpływa na zmniejszenie ilości przyjmowanych leków przeciwbólowych i przeciwzapalnych [24]. Badania potwierdzające celowość wykorzystywania stymulacji laserowej w leczeniu bólu związanego z chorobą zwyrodnieniową stawów charakteryzują się zróżnicowanym stopniem trafności i wiarygodności. Niewielka liczba prób klinicznych potwierdzających skuteczność analgetyczną laseroterapii to randomizowane badania kontrolowane [20, 25], charakteryzujące się wysokim stopniem wiarygodności. Brak takich badań nie jest jednak równoznaczny z brakiem skuteczności stymulacji laserowej w leczeniu dolegliwości bólowych związanych z chorobą zwyrodnieniową stawów. Należy przeprowadzić więcej randomizowanych badań kontrolnych o ściśle określonej metodyce aplikacji promieniowania laserowego [26–30].

Duże rozbieżności w ocenie efektu analgetycznego po stymulacji laserowej występują również w przypadku leczenia bólów mięśniowo-powięziowych. Wykonane randomizowane badania z próbą placebo [31–33] oraz próby kliniczne nierandomizowane bez grup kontrolnych [34–36] potwierdzają zasadność stosowania biostymulacji laserowej w formie naświetlania punktów spustowych bólu. Istnieją jednak doniesienia na temat niezadowalających efek-

tów analgetycznych w leczeniu bólów mięśniowo-powięziowych [37, 38].

Obszerną grupę wskazań do stosowania biostymulacji laserowej stanowią urazy tkanek miękkich narządu ruchu. Skuteczne działanie tej formy terapii zaobserwowano w leczeniu: pourazowego uszkodzenia i przewlekłego zapalenia ścięgna Achillesa, skręcenia stawu skokowo-goleniowego, pourazowego, wysiękowego zapalenia stawu kolanowego, zespołu bolesnego barku, bolesności bocznej i przyśrodkowej przedziału stawu łokciowego [4, 39–43]. Niektórzy autorzy donoszą o braku efektywności biostymulacji laserowej w leczeniu dolegliwości bólowych związanych z pourazowym uszkodzeniem tkanek miękkich narządu ruchu [44–46]. Może to wynikać z niewłaściwego doboru aparatury zabiegowej, nieprawidłowej metodyki aplikacji promieniowania, braku indywidualizacji postępowania terapeutycznego obejmującego leczeniem wszystkie składowe łańcucha biomechanicznego, w których stwierdza się zmiany chorobowe [39].

Aplikacja niskoenergetycznego promieniowania laserowego jest jedną z metod fizykalnych niefarmakologicznego postępowania przeciwbólowego u chorych z reumatoidalnym zapaleniem stawów. Niektórzy autorzy [47, 48] donoszą o dużej skuteczności i przydatności stosowania tej formy terapii w chorobach reumatycznych. Warunkiem powodzenia w leczeniu jest jednak włączanie metod fizykalnych jako uzupełnienia farmakoterapii [49].

Wykorzystanie biostymulacji laserowej jest uzasadnione również w leczeniu bólu neuropatycznego. Pozytywne efekty terapeutyczne uzyskano w leczeniu zespołu cieśni kanału nadgarstka, szyjnych zespołów korzeniowych, neuralgii nerwu twarzowego i trójdzielnego oraz neuralgii popółpaścowej [50–57]. Korzystny efekt promieniowania laserowego wykazano również w terapii pourazowych uszkodzeń nerwów obwodowych. Promieniowanie laserowe podwyższa potencjał czynnościowy nieuszkodzonych nerwów obwodowych oraz nerwów, które uległy zmiążdżeniu. Po naświetlaniu laserowym zwiększa się możliwość zachowania integralności histologicznej uszkodzonych nerwów, dzięki zwiększeniu przepuszczalności błon dla jonów Na^+ i K^+ oraz aktywizacji Na^+/K^+ ATP-azy [13]. Należy podkreślić, że stosowanie biostymulacji laserowej w celu pobudzenia procesów regeneracji struktur obwodowego układu nerwowego powinno poprzedzać właściwe opatrzenie uszkodzonego nerwu. W przeciwnym wypadku biostymulacja może stanowić bodziec dla rozkrzewiania obwodowego oraz powstawania patologicznych interakcji układu nocycyptynowego i autonomicznego.

Brak pozytywnego efektu przeciwbólowego po aplikacji promieniowania laserowego zaobserwowano u pacjentów z polineuropatią cukrzycową [58].

Wśród wskazań do biostymulacji laserowej wymienia się również bóle niedokrwienne. Dużą skuteczność analgetyczną terapii promieniowaniem laserowym uzyskuje się u pacjentów z chorobą Raynauda [59–61]. Niektórzy autorzy [62, 63] donoszą również o pozytywnym efekcie terapeutycznym laseroterapii w leczeniu dolegliwości bólowych związanych z dysfunkcją stawów skroniowo-żuchwowych i fibromialgią.

Stymulacja laserowa stanowi również cenne uzupełnienie postępowania rehabilitacyjnego w leczeniu bólu u chorych w podeszłym wieku. Wdrażanie tej metody postępowania terapeutycznego może pomóc w opóźnieniu pojawiania się procesów inwolucyjnych, utrzymaniu niezależności czynnościowej oraz zapobieganiu nasilania bólu [64, 65].

Odnotowana przez wielu badaczy duża skuteczność analgetyczna biostymulacji promieniowaniem laserowym skłania do wykorzystywania tej metody w kompleksowym leczeniu bólu o różnej etiologii [66]. Najistotniejszymi elementami warunkującymi skuteczność laseroterapii jest dobór właściwej długości promieniowania, mocy i gęstości powierzchniowej energii, zastosowanie optymalnej metodyki zabiegu — indywidualnie dobranej dla każdego pacjenta z wnikliwie zdiagnozowanymi dolegliwościami bólowymi. Czynnikiem warunkującym dynamiczny rozwój zastosowań leczniczych terapii laserowej jest przeprowadzanie większej liczby badań o wysokim stopniu trafności i wiarygodności. Problem ten dotyczy wielu metod z zakresu medycyny fizykalnej. Bieżąca praktyka fizykoterapeutyczna często opiera się na wynikach badań nierandomizowanych i przeprowadzonych bez udziału grup kontrolnych oraz na empirycznych schematach terapeutycznych. W celu uzyskania optymalnego leczniczego wykorzystania czynników fizykalnych i maksymalizowania dokładności przewidywań natury oraz zasięgu pożądanego skutku terapii badania skuteczności poszczególnych metod fizykoterapii powinny obejmować analizę wpływu różnych parametrów leczenia na skutki ich stosowania w różnych sytuacjach klinicznych [67]. Punkt wyjścia w opracowaniach metod właściwego wykorzystywania bodźców fizykalnych powinny stanowić zasady medycyny opartej na dowodach naukowych (EBM, *evidence based medicine*) [68].

Oddziaływanie terapeutyczne biostymulacji laserowej nie ogranicza się jedynie do łagodzenia dolegliwości bólowych. Laseroterapię z powodzeniem

Tabela 2. Przeciwwskazania do laseroterapii
Table 2. Contraindications for lasertherapy

Choroba nowotworowa
Nadwrażliwość na światło
Ciąża
Padaczka
Czynna gruźlica
Przełom tarczycowy
Zaburzenia glikemii

stosuje się w leczeniu świeżych blizn i trudno gojących się ran (odleżyny, owrzodzenia troficzne) [2, 5, 7, 10, 69]. Niektórzy autorzy [70–72] opisują pozytywne efekty stosowania promieniowania laserowego u chorych z obrzękiem limfatycznym, objawiające się 26–48-procentowym zmniejszeniem obwodu kończyn objętych obrzękiem, poddawanych biostymulacji.

Zasady bezpieczeństwa

Laser biostymulacyjny określa się jako urządzenie o nieznacznym ryzyku (*nonsignificant risk devices*) [2]. W trakcie przeprowadzania zabiegów laseroterapii stosuje się zasady bezpieczeństwa i higieny pracy określone w normie PN-91/T-067, obowiązujące od 1992 roku [3].

Rozważne aplikowanie promieniowania laserowego z wyłączeniem przeciwwskazań (tab. 2) [7, 8, 73, 74] stwarza wiele możliwości rozwoju tej formy postępowania fizykoterapeutycznego.

Wobec aktualnego stanu wiedzy o wpływie promieniowania laserowego na ustrój uzasadnione wydaje się niestosowanie biostymulacji w chorobach nowotworowych [7]. Promieniowanie laserowe może bowiem stać się źródłem pobudzenia i przyspieszenia procesów metabolicznych w obrębie komórek zmienionych nowotworowo [75, 76].

Podsumowanie

Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe stanowi cenne uzupełnienie kompleksowego postępowania przeciwbólowego. Jednak nie wszystkie wyniki badań wskazują na statystycznie istotne ograniczenie dolegliwości bólowych po biostymulacji. Z tego powodu należy przeprowadzić większą liczbę badań o wysokim stopniu trafności i wiarygodności oraz ściśle określonej metodyce aplikacji promieniowania. Biostymulacja laserowa jest metodą nieinwazyjną i bezpieczną, co skłania do rozszerzania wskazań do jej zastosowań.

Piśmiennictwo

- Nowotny J. Podstawy fizjoterapii. Tom 2. AWF, Katowice 1998: 67–75.
- Tardaj J. Lasery w medycynie i rehabilitacji. Fizjoterapia 2001; 4: 42–47.
- Kuliński W. Laseoterapia. W: Kwolek A. (red.). Rehabilitacja Medyczna. Tom 1. Urban & Partner, Wrocław 2003: 328–333.
- Szpilczyńska-Maciejewska M., Rutkowski R. Zastosowanie lasera biostymulacyjnego w stanach urazowych i chorobach ortopedycznych. Fizjoterapia 1995; 1: 9–11.
- Pokora L., Glinkowski W. Lasery w terapii. PZWL, Warszawa 1995: 61–84.
- Sieroń A., Cieślak G., Adamek M. Magnetoterapia i laseroterapia. Śl. AM, Katowice 1994: 33–91.
- Mika T., Kasprzak W. Fizykoterapia. PZWL, Warszawa 2001: 137–158.
- Kujawa J. Mechanizm biologicznego i leczniczego oddziaływania biostymulacji laserowej. Medicina Sportiva 1999; 1: 47–56.
- Sieroń A., Adamek M., Cieślak G. Mechanizm działania lasera niskoenergetycznego na organizmy żywe — własna interpretacja. Balneologia Polska 1995; 1: 48–55.
- Tardaj A., Tardaj J., Franek A. Próba oceny skuteczności biostymulacji laserowej w leczeniu wybranych jednostek chorobowych. Rehabilitacja Medyczna 2002; 4: 61–65.
- Kujawa J., Zawodnik L., Zawodnik I. i wsp. Effect of low-intensity (3,75–25 J/cm²) near infrared (810 nm) laser radiation on red blood cell ATPase activities and membrane structure. J. Clin. Laser Med. Surg. 2004; 2: 111–117.
- Wilden L., Karthein R. Import of radiation phenomena of electrons and therapeutic low-level laser in regard to the mitochondrial energy transfer. J. Clin. Laser Med. Surg. 1998; 3: 159–165.
- Berwecki A., Berwecka M., Kilar J.Z. Biostymulacja laserowa wybranych punktów na przebiegu nerwu kulszowego oraz próba oceny jej wpływu na zapis EEG. Fizjoterapia 2002; 3–4: 51–63.
- Bjordal J.M., Coupe C., Chow R.T. i wsp. A systematic review of low level laser therapy with location — specific doses for pain from chronic joint disorders. Aust. J. Physiother. 2003; 2: 107–116.
- Marovino T. Cold lasers in pain management. Practical Pain Management 2004; 9–10: 21–25.
- Filshie J., Thompson J.W. Acupuncture. W: Doyle D., Hanks G., Cherny N.I., Calman K. (red.). Oxford Textbook of Palliative Medicine. Oxford University Press, Oxford 2004: 410–412.
- Nyka W., Szawłowski K. Ocena wyników doświadczeń własnych stosowania promieniowania laserowego w rehabilitacji. Postępy Rehabilitacji 1993; 1: 53–56.
- Szawłowski K. Doświadczenia własne w leczeniu za pomocą lasera w rehabilitacji. Postępy Rehabilitacji 1995; 1: 47–53.
- Monteforte P., Baratto L., Molfetta L., Rovetta G. Low-power laser in osteoarthritis of the cervical pain. Int. J. Tissue React. 2003; 4: 131–136.
- Gur A., Cosut A., Sarac A.J. i wsp. Efficacy of different therapy regimes of low-power laser in painful osteoarthritis of the knee: a double-blind and randomized-controlled trial. Lasers Surg. Med. 2003; 5: 330–338.
- Gur A., Karakoc M., Cevik R. i wsp. Efficacy of low power laser therapy and exercise on pain and function in chronic low back pain. Lasers Surg. Med. 2003; 3: 233–238.
- Boerner E., Podbielska H., Nestorowicz M. Badanie skuteczności laseroterapii i elektroterapii w chorobach zwyrodnieniowych narządów ruchu. Fizjoterapia 1999; 4: 28–35.
- Wrzosek Z., Wittek R., Sabir H. Fizjoterapia w leczeniu zachowawczym zmian zwyrodnieniowo-zniekształcających stawów biodrowych i kolanowych. Fizjoterapia 1998; 1–2: 34–36.
- Niemierzycka A. Zastosowanie niskoenergetycznego promieniowania laserowego w chorobie zwyrodnieniowej stawów kolanowych. Balneologia Polska 1999; 3–4: 57–65.
- Boerner E., Podbielska H. Badanie skuteczności laseroterapii z wykorzystaniem metody placebo w chorobach zwyrodnieniowych narządów ruchu. Balneologia Polska 1999; 3–4: 7–21.
- Polskie Towarzystwo Badania Bólu i Kolegium Lekarzy Rodzinnych w Polsce. Wytyczne postępowania w bólu przewlekłym. PZWL, Warszawa 2003: 92.
- Brosseau L., Welch V., Wells G. i wsp. Low level laser therapy (classes I, II and III) for treating osteoarthritis. The Cochrane Library 2004; 3: CD002046.
- Brosseau L., Welch V., Wells G. i wsp. Low level laser therapy for osteoarthritis and rheumatoid arthritis: a meta-analysis. J. Rheumatol. 2000; 8: 1952–1969.
- White J.J., Kaesberg-White K. Laser therapy and pain relief. Dynamic Chiropractic 1994; 21: 8–12.
- Moore A., McQuay H. Low level laser for painful joints. Bandolier. 2004; 5: 6–7.
- Gur A., Sarac A.J., Cevik R. i wsp. Efficacy of 904 nm gallium arsenide low level laser therapy in the management of chronic myofascial pain in the neck: a double-blind and randomize-controlled trial. Lasers Surg. Med. 2004; 3: 229–235.
- Ceccherelli F., Altafini L., Lo Castro G. i wsp. Diode laser in cervical myofascial pain: a double-blind study versus placebo. The Clinical Journal of Pain 1989; 5: 301–304.
- Ljunggren A.E., Bjordal J.M. Physiotherapy. W: Breivik H., Campbell W., Eccleston C. (red.). Clinical pain management — practical applications and procedures. Arnold, London 2003: 179–187.
- Laakso E., Richardson C. Pain scores and side effects in response to low level laser therapy (LLLT) for myofascial trigger points. Laser Therapy 1997; 9: 67–72.
- Simunovic Z. Low level laser therapy with trigger points technique: a clinical study of 243 patients. J. Clin. Laser Med. Surg. 1996; 4: 163–167.
- Hakguder A., Britane M., Gurcan S. i wsp. Efficacy of low level laser therapy in myofascial pain syndrome: an algometric and thermographic evaluation. Lasers Surg. Med. 2003; 5: 339–343.
- Gam A.N., Thorsen H., Lonnberg F. The effect of low-level laser therapy on musculoskeletal pain: a meta-analysis. Pain 1993; 1: 63–66.
- Thorsen H., Gam A.N., Svensson B.H. i wsp. Low level laser therapy for myofascial pain in the neck and shoulder girdle. A double-blind, cross-over study. Scand. J. Rheumatol. 1992; 3: 139–141.
- Kujawa J. Laseroterapia niskoenergetyczna u chorych po urazach tkanek miękkich narządu ruchu. Medicina Sportiva 1999; 3: 201–213.
- Simunovic Z., Trobonjaca T., Trobonjaca Z. Treatment of medial and lateral epicondylitis — tennis and golfer's elbow with low level laser therapy: a multicentre double blind, placebo-controlled clinical study on 324 patients. J. Clin. Laser Med. Surg. 1998; 3: 145–151.
- Vasseljen O., Hoeg N., Kjeldstad B. i wsp. Low level laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. Scand. J. Rehabil. Med. 1992; 1: 37–42.
- Saunders L. The efficacy of low-level laser therapy in supraspinatus tendonitis. Clinical Rehabilitation 1995; 9: 126–134.

43. Mika T., Orłow H., Kuszelewski Z. Laserowe promieniowanie podczerwone w leczeniu zespołu bolesnego łokcia. *Postępy Rehabilitacji* 1990; 3: 21–25.
44. Jeffrey R., Basford M., Charles G. i wsp. Laser therapy: a randomized, controlled trial of the effects of low intensity Nd: YAG laser irradiation on lateral epicondylitis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2000; 11: 1504–1510.
45. Krashennikoff M. No effect of low power laser in lateral epicondylitis. *Scand. J. Rheumatol.* 1994; 23: 260–263.
46. Mulcahy D., McCormack D., McElwain J. i wsp. Low level laser therapy: a prospective double blind of its use in an orthopaedic population. *Injury* 1995; 5: 315–317.
47. Kuliński W. Leczenie fizykalne w reumatologii. *Reumatologia* 1994; 2: 141–146.
48. Brzezińska B., Wize J., Dziewczopulski W., Bendkowski P. Leczenie laserem małej mocy wysiękowego zapalenia stawów kolanowych w reumatoidalnym zapaleniu stawów i artropatii zwyrodnieniowej. *Reumatologia* 1998; 30: 270–275.
49. Szechiński J. Ból w chorobach reumatycznych. W: Dobrogowski J., Wordliczek J. (red.). *Medycyna bólu*. PZWL, Warszawa 2004: 296–505.
50. Naeser M.A., Kyung-Ae K.H., Lieberman B.E., Branco K.F. Carpal tunnel syndrom pain trated with low-level laser and microamperes TENS: a controlled study. *Archives of Physical and Rehabilitation* 2002; 7: 978–988.
51. Wong E., Lee J., Cherman Z., Mason D.P. Successful management of female office workers with “repetitive stress injury” or “carpal tunnel syndrome” by new treatment modality — application of low level laser. *Laser Therapy* 1997; 9: 131–136.
52. Eckerdal A., Lehmann B. Can low reactive-level laser therapy be used in the treatment of neurogenic facial pain? A double-blind, placebo controlled investigation of patients with trigeminal neuralgia. *Laser Therapy* 1996; 8: 247–252.
53. Niemierzycka A., Mika T., Markiewicz L. Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe w leczeniu szyjnych zespołów korzeniowych. *Balneologia Polska* 1995; 1: 17–22.
54. Maslovskaia S.G., Gusarova S.A., Gorbunov F.E., Streltsova E.N. Laser therapy and cryomassage in rehabilitation of patients with facial nerve neuropathy. *Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult.* 2003; 5: 28–30 (streszczenie).
55. Ohtsuka H., Kemmotsu O., Dozaki S., Imai M. Low reactive-level laser therapy near stellate ganglion for postherpetic facial neuralgia. *Masui* 1992; 11: 1809–1813 (streszczenie).
56. Iijima K., Shimoyama N., Shimoyama M., Mizuguchi T. Evaluation of analgesic effect of low-power HeNe laser on postherpetic neuralgia using VAS and modified McGill pain questionnaire. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 1991; 2: 121–126.
57. Pernak de Gast J., Spacek A. Acute herpes zoster pain. W: Jensen T.S., Wilson P.R., Rice A. (red.). *Clinical Pain Management — Chronic Pain*. Arnold, Londyn 2003: 444–445.
58. Zinman L.H., Mylan N., Eduardo T. i wsp. Low-intensity laser therapy for painful symptoms of diabetic sensorimotor polyneuropathy. *Diabetes Care* 2004; 4: 921–924.
59. Hirschl M., Katzenschlager R., Francesconi C., Kundi M. Low level laser therapy in primary Raynaud’s phenomenon — results of a placebo controlled, double blind intervention study. *J. Rheumatol.* 2004; 12: 2408–2412.
60. Al-Awami M., Schillinger M., Maca T. i wsp. Low level laser therapy for treatment of primary and secondary Raynaud’s phenomenon. *Vasa.* 2004; 1: 25–29.
61. Al-Awami M., Schillinger M., Gschwandtner M.E. i wsp. Low level laser treatment of primary and secondary Raynaud’s phenomenon. *Vasa.* 2001; 4: 281–284.
62. Gur A., Karaqkoc M., Nas K. i wsp. Efficacy of low power laser therapy in fibromyalgia: single-blind, placebo-controlled trial. *Lasers Med. Sci.* 2002; 1: 57–61.
63. Kulekcioglu S., Sivrioglu K., Ozcan O., Parlak M. Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorders. *Scand. J. Rheumatol.* 2003; 2: 114–118.
64. Janiszewski M., Bittner-Czapińska E. Ocena usprawniania pacjentów geriatrycznych w skojarzeniu z laseroterapią oraz magnetoterapią. *Postępy Rehabilitacji* 1998; 4: 49–52.
65. Dobrogowski J., Przeklasa-Muszyńska A., Wordliczek J. Leczenie bólu u chorych w wieku podeszłym. W: Dobrogowski J., Wordliczek J. (red.). *Medycyna bólu*. PZWL, Warszawa 2004: 612–630.
66. Enwemeka C.S., Parker J.C., Dowdy D.S. i wsp. The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomed. Laser Surg.* 2004; 4: 323–329.
67. Spondaryk K., Bromboszcz J. Fizykoterapia — potrzeba badań naukowych. *Rehabilitacja Medyczna* 2004; 2: 8–14.
68. Oostendorp R.A.B., Peeters G.G.M., Swinkels R.A.H.M., Hendriks H.J.M. Terapia fizykalna i manualna oparta na najlepszych dowodach. *Rehabilitacja Medyczna* 2002; 2: 51–55.
69. Hopkins J., McLoda T.A., Seegmiller J.G., Baxter G.D. Low-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: a triple-blind, sham-controlled study. *Journal of Athletic Training* 2004; 3: 223–229.
70. Twycross R. Novel treatments: low-level laser therapy. W: Twycross R., Jennis K., Todd J. (red.). *Lymphoedema*. Radcliffe Medical Press. Oxon 2000: 282–284.
71. Piller N.B., Thelander A. Treatment of chronic postmastectomy lymphoedema with low level laser therapy: a 2,5 year follow-up. *Lymphology* 1998; 2: 74–86.
72. Carati C.J., Anderson S.N., Gannon B.J., Piller N.B. Treatment of postmastectomy lymphoedema with low-level laser therapy: a double blind, placebo-controlled trial. *Cancer* 2003; 6: 1114–1122.
73. Wordliczek J., Dobrogowski J. Zastosowanie fizjoterapii i kinezyterapii w leczeniu bólu. W: Dobrogowski J., Wordliczek J. (red.). *Medycyna bólu*. PZWL, Warszawa 2004: 471–477.
74. Kahn J. *Principles and Practice in Electrotherapy*. Churchill Livingstone, Philadelphia 2000: 50–67.
75. Barbosa P., Carneiro N.S., Brugnera A., Zanin F.A. Effects of low-level laser therapy on malignant cells: in vitro study. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 2002; 1: 23–26.
76. Barbosa P., Carneiro N.S., Soriano P., Brugnera A. Does LLLT stimulate laryngeal carcinoma cells? An in vitro study. *Braz. Dent.* 2002; 2: 109–112.