

Ocena porównawcza wpływu terapii laserem o promieniowaniu ciągłym i impulsowym na przewodnictwo w nerwie pośrodkowym

Comparative analysis of the influence of the therapy with continuous and pulse wave laser on the neural conduction in the median nerve

Małgorzata Łukowicz, Katarzyna Ciechanowska-Mendyk, Magdalena Weber-Rajek, Magdalena Milewska

Katedra i Zakład Laseroterapii i Fizjoterapii, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz, tel. +48 (52) 585 34 85, e-mail: kizterfiz@cm.umk.pl

Streszczenie

Wstęp. Laseroterapia należy do najczęściej zalecanych zabiegów wspomagających leczenie patologii nerwów obwodowych. W pracy oceniano wpływ laseroterapii o różnych parametrach promieniowania na prędkość przewodnictwa nerwowego we włóknach ruchowych i czuciowych nerwu pośrodkowego w celu określenia optymalnej dawki terapeutycznej.

Materiał i metoda. Badania zostały przeprowadzone na 45 nerwach pośrodkowych u 45 osób zdrowych, w wieku od 19 do 26 lat. Wpływ laseroterapii o fali ciągłej i impulsowej na prędkość przewodnictwa w nerwie pośrodkowym określano na podstawie zmian we włóknach ruchowych oraz czuciowych danego nerwu następujących parametrów: latencji końcowej, amplitudy, szybkości przewodzenia i czasu trwania impulsu. Mierzony był również wpływ biostymulacji na wartości progu czucia we włóknach czuciowych.

Wyniki i wnioski. Badania wykazały, że ciągłe promieniowanie laserowe o długości fali 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz dawce 5 J/cm² nie powoduje istotnie statystycznych zmian szybkości przewodnictwa nerwowego we włóknach czuciowych oraz ruchowych nerwu pośrodkowego. Dowiedziono natomiast, iż laseroterapia o fali ciągłej znacząco wpływa na latencję końcową potencjału ruchowego przy dawce 10 J/cm². Analiza statystyczna potwierdza, iż promieniowanie laserowe o fali impulsowej o mocy impulsu 75 W, dawce 10 J/cm² oraz częstotliwości 10 000 Hz powoduje istotne zmiany szybkości przewodzenia we włóknach ruchowych nerwu pośrodkowego oraz powoduje wzrost amplitudy we włóknach czuciowych, zatem będzie ona zdecydowanie skuteczniejsza terapeutycznie.

Słowa kluczowe: laseroterapia, nerw pośrodkowy, promieniowanie ciągłe, promieniowanie impulsowe

Abstract

Background. Laser therapy is one the frequently applied procedures in peripheral nerves treatment. The aim of this study was to evaluate the influence of laser therapy on the nerve conduction velocity in motor and sensory fibers of the median nerve, in order to specify the optimal therapeutic dose.

Material and methods. The treatment was conducted on 45 median nerves of 45 healthy people aged from 19 to 26. The influence of laser therapy on the median nerve velocity conduction in motor and sensory fibers, was characterized,

whereas various parameters were measured: latency, amplitude, conduction velocity and pulse duration. The influence of biostimulation on sensory threshold values in sensory fibers was also measured.

Results and Conclusions. It was demonstrated that the continuous laser radiation with wavelength 820 nm, radiant power 400 mW and radiation dose 5 J/cm², does not cause statistically significant changes in the nerve conduction. However, it was shown that continuous laser radiation with the dose of 10 J/cm² influences on the latency of the motor potential. Statistical analysis indicates that pulsed laser radiation of the wavelength of 905 nm, pulse radiant power 75 W, radiation dose 10 J/cm² and frequency 10 000 Hz does have a significant effect on the changes in the nerve conduction in motor and sensory fibers of the median nerve and causes the amplitude increase in sensory fibers.

Key words: laser therapy, median nerve, continuous wave, pulsed wave

Wstęp

Promieniowanie laserowe w tkankach biologicznych wywołuje wiele efektów wtórnych: efekt przeciwbólowy (dzięki hiperpolaryzacji błon komórek nerwowych, wydzielaniu endorfin); przeciwzapalny (na skutek rozszerzenia naczyń krwionośnych, wytworzenia krążenia obocznego, przyspieszenia resorpcji wysięków) oraz stymulujący (wywołany poprawą krążenia, odżywienia i regeneracją komórek) [1].

Aby wywołać w tkankach efekt biostymulacyjny, należy doprowadzić odpowiednią energię na jednostkę powierzchni. Zgodnie z prawem Arndta-Schultza najkorzystniej jest oddziaływać promieniowaniem laserowym, którego gęstość wynosi od 1 J/cm² do 12 J/cm² [2-4].

W badaniach wpływu laseroterapii na obwodowy układ nerwowy istotne znaczenie ma ocena prędkości przewodnictwa nerwowego. Analiza potencjałów czynnościowych włókien czuciowych i ruchowych jest pomocna w ustaleniu mierzalnych neurofizjologicznych efektów laseroterapii. Badania takie dają także możliwość oceny wpływu różnych dawek terapeutycznych na szybkość przewodzenia w nerwie, co ma istotne znaczenie w przypadkach terapii nerwów uszkodzonych. Podstawą badań prędkości przewodzenia impulsów w nerwie jest stymulacja pnia nerwu bodźcem elektrycznym.

Badanie służące do oceny prędkości przewodzenia w nerwach obwodowych nosi nazwę elektroneurografii. Za jej pomocą można ustalić, który nerw jest uszkodzony oraz gdzie znajduje się miejsce uszkodzenia. Metoda ta umożliwia okre-

ślenie stopnia uszkodzenia nerwu, jak również pozwala ustalić, czy obniżenie prędkości przewodzenia przemawia za uszkodzeniem aksonu czy też dotyczy procesu patologicznego osłonki mielinowej. Istota badania polega na stymulacji nerwu obwodowego w określonych punktach bodźcem elektrycznym submaksymalnym, wyzwalając przepływ impulsu elektrycznego wzdłuż przebiegu włókien nerwowych. Za pomocą powierzchniowych elektrod odbiorczych rejestruje się odpowiedź ruchową i czuciową włókien nerwowych. Średnia prędkość przewodzenia jest ilorzem odległości między elektrodą stymulującą a odbiorczą oraz latencją odpowiedzi. Odzwierciedla ona czynność włókien w nerwie i w zależności od rodzaju nerwu wynosi około 50-60 m/s [5-7].

Cel pracy

W pracy badano wpływ laseroterapii o różnych parametrach promieniowania fali ciągłej i impulsowej na prędkość przewodnictwa nerwowego we włóknach ruchowych i czuciowych nerwu pośrodkowego, aby określić optymalną dawkę terapeutyczną.

Materiał i metody

Badania zostały przeprowadzone na 45 nerwach pośrodkowych 45 zdrowych osób, w wieku od 19 do 26 roku życia. 74% grupy badawczej stanowiły kobiety, natomiast 26% to mężczyźni. Wśród badanych 78% stanowiły osoby z masą ciała mieszczącą się w normie, nadwaga wystąpiła u 13%, natomiast pozostałe 9% badanych wykazywało niedobór masy ciała. Badania przeprowadzono w Szpitalu MSWiA w Bydgoszczy. Wpływ laseroterapii o fali ciągłej i impulsowej na prędkość przewodnictwa w nerwie pośrodkowym określano na podstawie zmian parametrów (latencji końcowej, amplitudy, prędkości przewodzenia i czasu trwania impulsu) we włóknach ruchowych oraz czuciowych danego nerwu. Mierzono również wpływ biostymulacji na wartości progu czucia w włóknach czuciowych. Nerw pośrodkowy naświetlano wzdłuż jego przebiegu w 15 punktach. Grupę badanych podzielono losowo na trzy piętnastoosobowe podgrupy. Pierwszą część badanych naświetlano laserem pracującym w trybie ciągłym, o długości fali promieniowania 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz dawce 5 J/cm². W drugiej podgrupie zastosowano ten sam rodzaj pracy lasera o tej samej długości fali i mocy, lecz dawce 10 J/cm². Pozostałe osoby były naświetlane laserem o fali impulsowej, gdzie długość fali wynosiła 905 nm, moc impulsu 75 W, dawka 10 J/cm² oraz częstotliwość 10 000 Hz.

Badanie przewodnictwa w nerwie pośrodkowym przeprowadzono w trzech etapach: badanie prędkości przewodnictwa nerwowego we włóknach ruchowych i czuciowych nerwu pośrodkowego oraz ocena progu czucia; naświetlanie promieniowaniem laserowym nerwu pośrodkowego, badanie prędkości przewodnictwa nerwowego we włóknach ruchowych i czuciowych nerwu pośrodkowego oraz ocena progu czucia po zabiegu.

Nerw pośrodkowy stymulowano impulsem prostokątnym o częstotliwości 2 Hz, trwającym 0,2 ms. Natężenie bodźca uzyskanego w odpowiedzi na maksymalną amplitudę wyniosło 4-7 razy więcej niż próg czucia. Próg czucia określono na podstawie indywidualnych odczuć osoby badanej, jego wartość wyniosła 2-4 mA [5, 8].

Badanie prędkości przewodzenia we włóknach ruchowych polegało na drażnieniu nerwu pośrodkowego bodźcem ponadmaksymalnym w celu uzyskania odpowiedzi z mięśni w postaci stałej maksymalnej amplitudy. Stymulacje wykonano w dwóch odległych punktach, wyzwalając przepływ impulsu elektrycznego wzdłuż przebiegu nerwu (punkty motoryczne nerwu) [6].

Do stymulowania nerwu zastosowano stymulator powierzchniowy, w którym elektrody rozmieszczono w odległości 2,5 cm. W badaniu przewodnictwa ortodromowego katoda była ułożona dystalnie w stosunku do anody. Nerw stymulowano bodźcem prostokątnym o czasie trwania 0,2 ms i częstotliwości 1 Hz [8, 9].

Odpowiedź z mięśnia odwodziciela krótkiego kciuka rejestrowano za pomocą dwóch elektrod miseczkowatych w odległości 8 cm od elektrody stymulującej. W punkcie motorycznym mięśnia za pomocą przylepca umieszczono elektrodę aktywną, natomiast elektrodę odniesienia zlokalizowano dystalnie na pierwszej głowie kości śródreżca. Badanie szybkości przewodnictwa czuciowego nerwu pośrodkowego wykonano, stymulując zakończenia czuciowe na II palcu prawej ręki. W tym celu wykorzystano bodziec prostokątny o czasie trwania 0,1 ms i częstotliwości 1 Hz. Wynik rejestrowano przy natężeniu co najmniej równym 3-krotnej wartości progu czucia. Do stymulacji zastosowano elektrody stymulacyjne tzw. obrączkowe. W kierunku bliższym w stosunku do anody położonej na środkowym paliczku umieszczono katodę (na paliczku bliższym). Odpowiedź rejestrowano ponad nerwem w punktach oznaczonych uprzednio przed stymulacją włókien ruchowych w odległości 14 cm od elektrody stymulującej. W badaniu przewodnictwa czuciowego zastosowano technikę uśredniania. Amplitudę oceniano przy natężeniu równym trzykrotnej wartości progu czucia pacjenta mierzonym w miliamperach [5, 8].

Wyniki

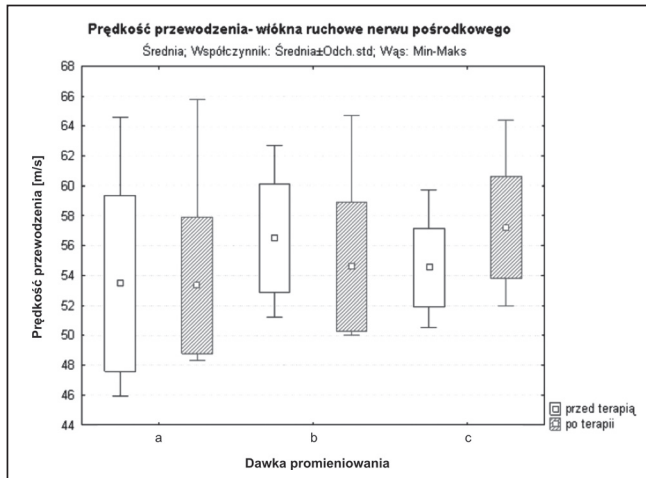
Analizie poddano parametry latencji końcowej, amplitudy, czasu trwania potencjału oraz prędkości przewodzenia we włóknach ruchowych, natomiast z parametrów przewodnictwa we włóknach czuciowych analizowano: próg czucia, amplitudę potencjału czuciowego oraz prędkość przewodzenia.

Analiza parametrów przewodzenia we włóknach ruchowych

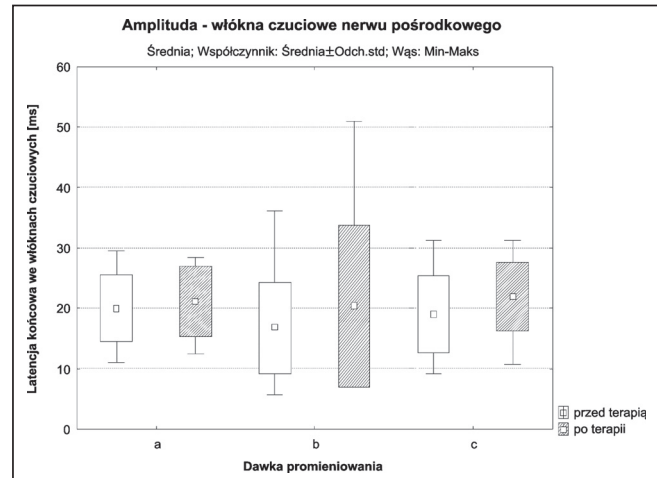
Badania pokazały wzrost wartości latencji we włóknach ruchowych nerwu pośrodkowego przy dawce 10 J/cm² promieniowania o fali ciągłej, nieznaczny spadek latencji wystąpił po zastosowaniu fali impulsowej. Wartości amplitudy przy dawce 10 J/cm² promieniowania o fali ciągłej uległy zwiększeniu, a przy dawce 5 J/cm² zaobserwowano tendencję malejącą przy naświetlaniu wiązką o długości 820 nm. Fala impulsowa o długości 905 nm nie wpłynęła na wartości amplitudy potencjału ruchowego. Na podstawie analizy wartości czasu trwania potencjału odnotowano jego skrócenie przy zastosowaniu dawki 10 J/cm² promieniowania o fali ciągłej. Natomiast dawka 5 J/cm², promieniowania o fali ciągłej spowodowała wzrost czasu trwania potencjału. Fala impulsowa nie wywołała żadnych zmian.

Analiza parametrów przewodnictwa we włóknach czuciowych

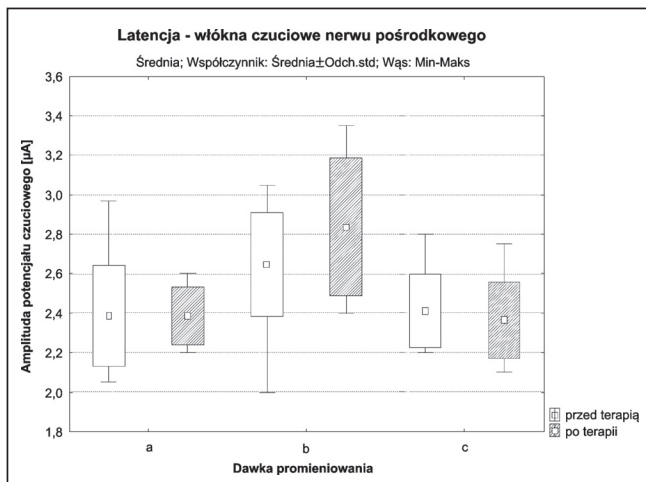
W badaniu prędkości przewodzenia w nerwie pośrodkowym wykazano istotne statystycznie zwolnienie przy naświetlaniu dawki 10 J/cm² ciągłego promieniowania laserowego. Pozostałe dawki nie spowodowały statystycznie istotnych zmian. Dawka 5 J/cm² ciągłego promieniowania laserowego nie wywołała istotnych zmian, natomiast fala impulsowa o dawce 10 J/cm² wywołała wzrost prędkości przewodzenia (rys. 1). Badanie prędkości przewodnictwa nerwowego wykazało istotne statystycznie działanie lasera przy zastosowaniu fali ciągłej o długości 810 nm przy dawce 10 J/cm² na wzrost latencji końcowej. Tendencję malejącą wykazano



Rys. 1 Wartości statystyczne prędkości przewodzenia początkowej i końcowej we włóknach ruchowych nerwu pośrodkowego przed i po laseroterapii; a – fala ciągła, dawka 5 J/cm²; b – fala ciągła, dawka 10 J/cm²; c – fala impulsowa o częstotliwości 10 kHz, dawka 10 J/cm²



Rys. 3 Wartości średnie amplitudy początkowej i końcowej we włóknach czuciowych nerwu pośrodkowego przed i po laseroterapii; a – fala ciągła, dawka 5 J/cm²; b – fala ciągła, dawka 10 J/cm²; c – fala impulsowa o częstotliwości 10 kHz, dawka 10 J/cm²



Rys. 2 Wartości statystyczne latencji początkowej i końcowej we włóknach czuciowych nerwu pośrodkowego przed i po laseroterapii; a – fala ciągła, dawka 5 J/cm²; b – fala ciągła, dawka 10 J/cm²; c – fala impulsowa o częstotliwości 10 kHz, dawka 10 J/cm²

w przypadku impulsowego promieniowania laserowego o dawce 10 J/cm². Latencja się nie zmieniła w przypadku lasera o fali ciągłej i dawce 5 J/cm² (rys. 2).

Badanie wpływu lasera o fali ciągłej i impulsowej na zmianę wartości amplitudy wykazało, iż wszystkie dawki promieniowania laserowego powodują wzrost badanej wartości, lecz tylko dawka 10 J/cm² fali impulsowej wywiera istotne statystycznie różnice (rys. 3).

Dyskusja

Prace badawcze nad wpływem laseroterapii o fali ciągłej i impulsowej na obwodowy układ nerwowy prowadzone są w kraju i za granicą [8].

Wpływem lasera na przewodnictwo w nerwie pośrodkowym zajmował się m.in. G.D. Baxter i wsp., wykazując mały wzrost latencji w wyniku oddziaływania promieniowania laserowego. W badaniach zastosowano laser pracujący w sposób ciągły o długości fali 830 nm, mocy 40 mW i dawce 9,6 J/cm². Nerw był naświetlany w czterech punktach. W innym badaniu przewodnictwa nerwowego Baxter i wsp. wykazali znaczny wzrost latencji w odpowiedzi na naświetlanie w dziesięciu

punktach wzdłuż przebiegu nerwu, między elektrodą stymulującą na łokciu a odbiorczą na drugim palcu, stosując tę samą dawkę. J.R. Basford i wsp. także oceniali wpływ niskoenergetycznego promieniowania laserowego na funkcję nerwu pośrodkowego u zdrowych ludzi. Nerw pośrodkowy naświetlano laserem o długości fali 830 nm, mocy 40 mW i dawce 1,2 J/punkt wzdłuż przebiegu w dziesięciu miejscach. W odróżnieniu od badań Baxtera, analiza wyników wykazała, że zarówno latencja sensoryczna, jak i motoryczna w naświetlanych nerwach uległa zmniejszeniu o 3-4% w odniesieniu do grupy kontrolnej. Nerw pośrodkowy badali także A.S. Lowe i wsp. Korzystając z urządzenia laserowego, o długości fali 830 nm, mocy 30 mW, pracującego w sposób ciągły, naświetlano nerw na jego długości w dziesięciu miejscach dawkami energii: 1,5, 3, 6, 9 oraz 12 J/cm². Analiza latencji, a także temperatury skóry po 20 minutach od naświetlania, wykazała znaczące obniżenie temperatury skóry przy dawce 1,5 J/cm², wykazując przy tym znaczne wydłużenie latencji czuciowej w porównaniu z grupą kontrolną. U osób, u których zastosowano dawkę energii 3 J/cm² i 6 J/cm², nie zaobserwowano znaczącego obniżenia temperatury, była ona jednak niższa niż u osób w grupie kontrolnej, co wskazywało na zmniejszenie szybkości przewodnictwa nerwowego. W grupach naświetlanych dawkami energii 9 J/cm² i 12 J/cm² temperatura skóry w odróżnieniu od grupy kontrolnej była wyższa; przy dawce 9 J/cm² wzrost ten był większy niż w przypadku dawki 12 J/cm². Wiązało się to ze skróceniem latencji w obydwu grupach. Długość latencji zmieniała się odwrotnie proporcjonalnie do zmian temperatury. Największy spadek latencji odnotowano przy dawce 9 J/cm². Na podstawie powyższych wyników można wnioskować, iż największą skuteczność w terapii analgetycznej będą miały najmniejsze wartości gęstości energii, wpływające na znaczne wydłużenie latencji, czego efektem jest zwolnienie szybkości przewodzenia. Wyjaśnia to mechanizm przeciwbólowego działania laseroterapii [8].

Walsh i wsp. napromieniowali skórę w trzech punktach wzdłuż przebiegu nerwu laserem GaAlAs o długości fali 820 nm i mocy 50 mW. Przewodnictwo antydromowe badano przed i po naświetlaniu (po 5, 10 i 15 minutach). Uzyskane wyniki wykazały nieznaczne różnice latencji, jak również temperatury naświetlanej tkanki. Badania te dowiodły, że promieniowanie o powyższych parametrach nie wywoływało efektów neurofizjologicznych w danym nerwie [10, 11].

Łukowicz i wsp. w Katedrze i Klinice Rehabilitacji CM UMK w Bydgoszczy wykonali naświetlania nerwu pośrodkowego za pomocą półprzewodnikowego lasera o długości fali

promieniowania 810 nm, dawkach 2,38 J/cm² i 9,52 J/cm² ciągłym trybie pracy. Wykazano wzrost wartości progu czucia we włóknach czuciowych nerwu, a także wydłużenie latencji końcowej we włóknach ruchowych, co potwierdziło przeciwbólne działanie laseroterapii [8].

Badania nad wpływem promieniowania laserowego na obwodowy układ nerwowy, zarówno na ludziach, jak i zwierzętach, przeprowadzali Rochkind i wsp. Poddawano biostymulacji laserowej wcześniej uszkodzone nerwy kulszowe szczurów za pomocą lasera He-Ne o fali ciągłej, mocy 16 mW oraz przy dawce 8 J/cm². Potencjał zarejestrowany z mięśnia brzuchatego wykazał spadek amplitudy i był znacznie wolniejszy w nerwach nienaświetlanych niż w nerwach naświetlanych. W zdrowych nerwach naświetlanie spowodowało wzrost amplitudy potencjału w porównaniu z nerwami nienaświetlanymi. Powyższe efekty utrzymywały się powyżej ośmiu miesięcy [12, 13].

W innym badaniu Rochkind i wsp. naświetlali nerw kulszowy szczura przez 7 minut laserem He-Ne o fali ciągłej, o mocy: 17 mW (7,36 J/punkt) oraz 0,3 mW (0,13 J/punkt). Wykazano, iż wiązka promieniowania laserowego o mocy 0,3 mW spowodowała wzmocnienie elektrycznej aktywności zarówno w nienuszkodzonych nerwach, jak i zmiażdżonych. Po zastosowaniu mocy 17 mW nie zaobserwowano znaczących efektów naświetlania. Uzyskane wyniki były porównywalne do grupy kontrolnej naświetlanej po zmiażdżeniu. Nie wykazano efektu termicznego naświetlania [14].

Ocena wpływu lasera impulsowego GaAs (o długości fali 904 nm, czasie trwania impulsu 220 ns, o mocy szczytowej 27 W) o różnych parametrach częstotliwości (1, 4, 16, 64, 128, 1000 Hz) oraz różnej długości czasu naświetlania (1, 5, 10, 15, 20 minut; energii o gęstości 0,001-25,5 J/cm²) nie wykazała istotnie statystycznych zmian amplitudy, latencji ani też czasu trwania potencjału wywołanego z mięśnia brzuchatego żaby [15].

W kolejnym badaniu Rochkinda i jego współpracowników zastosowano przeszskórną biostymulację nerwu laserem He-Ne o fali ciągłej i mocy 17 mW. Stwierdzono, iż do nerwu dociera 2-10% energii aplikowanej przez skórę. Gęstości energii poniżej 3,5 J/cm² oraz powyżej 7 J/cm² zaaplikowane przeszskórnice nie były efektywne. Dawka powinna zawierać się między 0,07 J/cm² a 0,7 J/cm² [14].

Laseroterapię o małej mocy wykorzystał Chyczewski i wsp. na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie jako leczenie wspomagające psów, które podzielono ze względu na chorobowe objawy neurologiczne. Do pierwszej grupy przydzielono zwierzęta, charakteryzujące się chwiejnym chodem, drugą natomiast stanowiły psy z porażeniem tylnych kończyn. Do zabiegów wykorzystano laser półprzewodnikowy CTL 1106 MX, pracujący w sposób ciągły, o długości fali 810 nm oraz maksymalnej mocy 100 mW. Korzystny rezultat w postaci powrotu do funkcji ruchu porażonych kończyn oraz cofanie się objawów neurologicznych nastąpiło po upływie 10-20 dni codziennych zabiegów laseroterapii.

Rochkind i wsp. dostarczyli także wstępnych danych na temat zastosowania laseroterapii u osób ze schorzeniami neurologicznymi. Z badań wynika, że terapia laserowa o wysokich dawkach, tuż ponad urazem bądź uszkodzeniem rdzenia kręgowego, powoduje poprawę neurologiczną. Terapia ta może pobudzić funkcję neuronów oraz naprawę, a także hamować zmiany degeneracyjne. Zastosowanie takiej terapii miałoby znaczący wpływ na poprawę stanu zdrowia pacjentów neurologicznych oraz na ich przyszłą rehabilitację.

Badania Eberta i wsp. nie potwierdzają jednak teorii wielu autorów na temat optymalnej dawki energii potrzebnej do uzyskania zmiany amplitudy potencjału [16].

Odpowiednie parametry promieniowania laserowego mogą zapobiec szybkiemu spadkowi potencjału amplitudy,

który obserwuje się w następstwie zmiażdżenia nerwu [13]. Promieniowanie laserowe wywiera nieznaczny wpływ na zdrowe nerwy obwodowe, lecz działa na nerwy po uszkodzeniu stymulująco i ochronnie. Przyspieszenie procesu gojenia nerwu obserwuje się także po zaprzestaniu naświetleń [4].

Badania własne wykazały, iż lepsze efekty analgetyczne uzyskuje się przy zastosowaniu biostymulacji laserowej z użyciem fali impulsowej o długości wiązki promieniowania 905 nm, mocy impulsu 75 W, przy dawce 10 J/cm² i częstotliwości 10000 Hz. W porównaniu z dawkami o fali ciągłej fala impulsowa istotnie statystycznie zwiększa prędkość przewodzenia we włóknach ruchowych nerwu pośrodkowego, a także powoduje wzrost amplitudy we włóknach czuciowych. Natomiast laseroterapia z użyciem fali ciągłej, o długości promieniowania 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz dawce 10 J/cm², wyłącznie zwiększa latencję końcową potencjału ruchowego. Promieniowanie laserowe z użyciem fali ciągłej, o długości promieniowania 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz dawce 5 J/cm², nie wywiera istotnych statystycznie zmian.

Współczesne badania nad wpływem terapeutycznego promieniowania laserowego na proces zrostu uszkodzonych nerwów obwodowych potwierdzają działanie stymulujące. Regeneracja nerwu powstaje przez rozplem i wzrost komórek. Przypuszcza się, że w czasie wzrostu są one bardziej podatne na promieniowanie laserowe niż w postaci dojrzałej [17].

Korzystne działanie, jakie niesie ze sobą laseroterapia, z pewnością może polepszyć jakość życia pacjentów. Stosowana racjonalnie pozwala na uzyskanie korzystnych efektów leczniczych [18].

Wnioski

1. Laseroterapia z użyciem promieniowania ciągłego o długości fali 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz przy dawce 5 J/cm² nie wywiera istotnych statystycznie zmian parametrów prędkości przewodnictwa we włóknach czuciowych, a także ruchowych nerwu pośrodkowego, jak również nie wpływa na próg czucia we włóknach czuciowych danego nerwu.
2. Laseroterapia z użyciem promieniowania ciągłego o długości fali 820 nm, mocy promieniowania 400 mW oraz przy 10 J/cm² istotnie statystycznie zwiększa latencję końcową potencjału ruchowego, nie zmieniając istotności statystycznej pozostałych parametrów potencjału czuciowego i ruchowego.
3. Laseroterapia z użyciem fali impulsowej o długości 905 nm, mocy impulsu 75 W, dawce 10 J/cm² oraz częstotliwości 10000 Hz istotnie statystycznie zwiększa prędkość przewodzenia we włóknach ruchowych nerwu pośrodkowego, a także powoduje wzrost amplitudy we włóknach czuciowych. Nie wywiera statystycznie istotnych zmian pozostałych parametrów potencjału czuciowego i ruchowego.
4. W celu określenia dokładnych parametrów laseroterapii w leczeniu różnych dolegliwości, związanych z obwodowym układem nerwowym, wskazana jest kontynuacja badań, zwłaszcza w przypadku uszkodzeniu nerwu obwodowego. ■

Literatura

1. A. Sieroń, M. Adamek, G. Cieślar: *Mechanizm działania lasera niskoenergetycznego na organizmy żywe – własna interpretacja*, Balneologia Polska, vol. 37(1), 1995, s. 48-55.
2. T. Mika: *Kilka uwag na temat niskoenergetycznej terapii laserowej*, Balneologia Polska, vol. 37(3-4), s. 59-62.



3. P. Fiodor: *Zarys klinicznych zastosowań laserów*, Dom Wydawniczy ANKAR, Warszawa 1995.
4. W. Glinkowski, L. Pokora: *Lasery w terapii*, Laser Instruments, Warszawa 1993.
5. R. Kinalski: *Neurofizjologia kliniczna dla neurorehabilitacji*, MedPharm Polska, Wrocław 2008.
6. R. Mazur, W. Beuth, D. Biesek, A. Bilikiewicz i in.: *Neurologia kliniczna*, Via Medica, Gdańsk 2005.
7. R. Podemski: *Kompendium neurologii*, Via Medica, Gdańsk 2008.
8. M. Łukowicz, M. Weber-Zimmermann, A. Marszałek: *Wpływ biostymulacji laserowej na parametry przewodnictwa w nerwie pośrodkowym*, Balneologia Polska, nr 4, 2007, s. 248-254.
9. R. Kinalski: *Neurofizjologiczne podstawy rehabilitacji ruchowej*, red. J. Kiwerski, [w:] *Rehabilitacja medyczna*, Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005/2006, s. 49-53.
10. J. Taradaj: *Lasery w medycynie i rehabilitacji*, Fizjoterapia, vol. 4(9), 2001, s. 42-47.
11. D.M. Walsh, G.D. Baxter, J.M. Allen: *Lack of effect of low-intensity infrared (820 nm) laser irradiation of nerve conduction in the human superficial radial nerve*, Laser in Surgery and Medicine, vol. 26, 2000, s. 485-490.
12. S.M. Khullar, P. Brodin, E.B. Messelt, H.R. Hannes: *The effect of low level laser treatment on recovery of nerve conduction and motor function after compression injury in the rat sciatic nerve*, European Journal of Oral Sciences, vol. 103, 1995, s. 299-305.
13. S. Rochkind, M. Nissan, N. Razon i in.: *Electrophysiological effect of HeNe laser on normal and injured sciatic nerve in the rat*, Acta Neurochirurgica, vol. 83, 1986, s. 125-130.
14. S. Rochkind, M. Nissan, R. Lubart i in.: *The in-vivo-nerve response to direct low-energy-laser irradiation*, Acta Neurochirurgica, vol. 83, 1986, s. 125-130.
15. U. Comelekoglu, S. Bagis, B. Buyukakilli i in.: *Electrophysiologic effect of gallium arsenide laser on frog gastrocnemius muscle*, Lasers in Surgery and Medicine, vol. 30, 2002, s. 221-226.
16. D.W. Ebert, C. Roberts: *In vitro frog sciatic nerve as a peripheral nerve model for studies of the mechanism of action of low energy lasers: part one*, Laser in Surgery and Medicine, vol. 21, 1997, s. 32-41.
17. A. Demidaś, A. Koziarek, E. Boerner i in.: *Biostymulacyjne promieniowanie laserowe w regeneracji nerwu trójdzielnego*, Fizjoter. Pol., vol. 4(2), 2004, s. 129-135.
18. M. Bonikowska-Zgaińska: *Laseroterapia w rehabilitacji*, *Rehabilitacja w praktyce*, nr 2, 2008, s. 38-40.

otrzymano / received: 10.10.2010 r.

wersję poprawioną nadesłano / corrected version submitted: 05.12.2010 r.

zaakceptowano / accepted: 10.12.2010 r.