

Lasery w medycynie i rehabilitacji

W ostatnich latach coraz liczniejsze doniesienia potwierdzają korzyści terapeutyczne związane z wykorzystaniem laserów w kompleksowym leczeniu i terapii wielu schorzeń. Na naszych oczach fizyka coraz odważniej wkracza do leczenia, poszerzając w ten sposób ofertę terapeutyczną, a w niektórych przypadkach także zmniejsza uboczne skutki działania farmaceutyków. Lasery, a także magnetolasy, znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach medycyny, pozwalając na nowe metody leczenia i efektywnego przeciwdziałania wielu chorobom.

Bioestimulacja promieniowaniem laserowym jest jednym z nowych, obecnie prężnie rozwijających się działów fizykoterapii, gdzie do celów leczniczych wykorzystuje się promieniowanie laserowe. Zastosowanie czynników fizycznych pozwala na szybsze, efektywniejsze i celowane leczenie. Promieniowanie laserowe jest promieniowaniem optycznym, czyli falą elektromagnetyczną, która niesie ze sobą energię. W laserze wykorzystuje się efekty wzajemnego oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią, czyli tzw. ośrodkiem aktywnym, którym może być ciecz, ciało stałe lub gaz. W wyniku tego oddziaływania zachodzą zjawiska prowadzące do wzmocnienia i generacji (wytwarzania) promieniowania. Laser musi zawierać materiał aktywny (ośrodek wzmacniający), źródło wzbudzenia (układ pompujący) i obszar umożliwiający wzmocnienie (rezonator).

Promieniowanie laserowe wykazuje charakterystyczne cechy, które odróżniają je od zwykłego promieniowania. Tymi właściwościami są:

- monochromatyczność,
- równoległość,
- intensywność,
- spójność, czyli koherentność.

Najistotniejszą cechą jest koherentność, która wynika z zależności fazowej między promieniami wychodzącymi z różnych punktów źródła promieniowania oraz dowolnymi punktami jego promieniowania. Zależność fazową występującą między różnymi punktami źródła promieniowania nazywa się spójnością przestrzenną, a dotyczącą jednego punktu w różnych momentach czasu – spójnością czasową. Skonstruowanie lasera stanowiło przewrót w fizyce, technice i medycynie, stwarzając wiele nowych możliwości badań naukowych i zastosowań.

Istnieje kilka klasyfikacji laserów. Ze względu na rodzaj zastosowanego w nich ośrodka czynnego dzielimy lasery na: gazowe, półprzewodnikowe, cieczowe oraz z zastosowaniem ciała stałego. Ze względu na długość emitowanej fali wyróżniamy lasery ultrafioletowe (poniżej 400 nm),

obszaru widzialnego (400-650 nm) i podczerwieni (powyżej 750 nm).

Podziału laserów stosowanych w medycynie dokonuje się w zależności od mocy wyjściowej wiązki promieniowania. Spotykamy tu lasery wysokoenergetyczne (powyżej 500 mW), średnioenergetyczne (od 7 do 500 mW) oraz lasery niskoenergetyczne (półprzewodnikowe od 1 do 6 mW).

Sposób pracy lasera (modulacja) może mieć charakter ciągły i impulsowy. Początkowo wprowadzono do medycyny tzw. lasery wysokoenergetyczne. Urządzenia tej mocy znakomicie sprawdzają się w dyscyplinach zabiegowych, m.in. w okulistyce, dermatologii, chirurgii czy neurochirurgii. Do laserów o dużych mocach należą m.in. laser argonowy, molekularny i neodymowy.

Rozwój wiedzy na temat oddziaływania światła laserowego na tkanki, podczas którego nie dochodzi do bezpośredniego zniszczenia, zaowocował rozwojem terapii średnioenergetycznej oraz tzw. niskoenergetycznej terapii laserowej. Charakter oddziaływania promieniowania laserowego na tkankę zależy od jej własności (dokładniej pigmentacji skóry, grubości poszczególnych jej warstw, ukrwienia, wielkości przepływu krwi) oraz cech promieniowania. Istotną rolę odgrywa współczynnik pochłaniania tkanki. Promienie lasera działające na tkankę ulegają odbiciu, rozpraszaniu i pochłanianiu. Opisując absorpcję promieniowania przez skórę, można przyjąć, że głównymi absorbentami są w niej: melanina, aminokwasy aromatyczne, jak tyrozyna i tryptofan, oraz woda, krew i hemoglobina. Natomiast kolagen zawarty w warstwie podstawowej silnie rozprasza światło, przy czym bardziej rozpraszane są fale krótsze. Światło laserowe skierowane na określoną powierzchnię napotyka niejednorodną strukturę poszczególnych warstw, dlatego różne jest jego oddziaływanie na tkanki. Wiadomo, że część **promieniowania laserowego**, padając na powierzchnię zabiegową, **ulega odbiciu**, pozostałe **wnika w tkankę**, **ulegając** w różnym stopniu **rozproszeniu**,

absorpcji i dalszej transmisji. Odbiciu może ulec nawet 40-50% promieniowania i zależy to zarówno od kąta padania promieni, jak i struktury powierzchni, typu tkanki, jej uciążnienia, pigmentacji itd. Są to powody, dla których głowica lasera powinna być stosowana w odległości nie większej niż zalecana.

Szacuje się, że promieniowanie laserowe o długości fali 904 nm i mocy wyjściowej 5 mW wnika maksymalnie na głębokość 10 mm w tkankę o przeciętnym uwodnieniu i spoistości. Dla tkanki słabo uwodnionej, o znacznej spoistości oraz dużej zawartości pierwiastków ciężkich (tkanka kostna) głębokość penetracji wynosi nie więcej niż 5 mm. Uogólniając, można stwierdzić, że w zakresie ultrafioletu, światła widzialnego i bliskiej podczerwieni im większa jest długość fali, tym większa penetracja w głąb tkanek. Wynika stąd fakt najgłębszego zasięgu tkankowego światła podczerwonego.

Na podstawie licznych badań klinicznych określono tzw. „okno optyczne”, w którym przez naskórek i skórę na głębokość kilku milimetrów przechodzi światło, w przedziale od czerwieni do bliskiej podczerwieni. Tę długość fali wykorzystuje się głównie w rehabilitacji (ryc.1).

Do początku lat 90. stosunkowo niewiele wiadomo było na temat mechanizmów działania promieniowania laserowego małej mocy na organizmy żywe. Lata 90., a także współczesność to etapy rozwoju medycyny fizykalnej, w tym laseroterapii niskoenergetycznej¹.

Efekt biologiczny zachodzący w tkankach pod wpływem promieniowania laserowego zależy od użytej mocy, a skutki są wynikiem oddziaływania promieniowania, a nie jego efektem cieplnym. Stwierdzono, że promieniowanie takie nie wywołuje podwyższenia temperatury tkanek o więcej niż 0,1-0,5°C. Pod wpływem naświetlania promieniowaniem laserowym małej i średniej mocy dochodzi do wielu zmian na poziomie komórkowym. Występujący w laserach małej mocy efekt termiczny nie prowadzi do destrukcji tkanek.

Główne efekty biologiczne oddziaływania promieniowania niskoenergetycznego to:

- nasilenie procesów przyswajania tlenu oraz procesów reparacyjnych i regeneracyjnych w tkankach,
- silny wpływ pobudzający syntezę DNA i proliferację komórkową,
- działanie wazodylatacyjne powodujące wyraźny efekt regeneracyjny,
- bezpośredni wpływ na strukturę ciekłokrystaliczną błon oraz modyfikację aktywności enzymów błonowych połączone ze zwiększeniem ATP-azozależnych pomp jonowych; oba te procesy skutkują działaniem przeciwwzapalnym i przeciwbrzękowym,
- zmniejszenie przewodzenia bodźców bólowych we włóknach aferentnych i wyraźne działanie analgetyczne,

- zmiana aktywności synaps serotonergicznych i pobudzenie wydzielania beta-endorfin.

Efekty leżące u podstaw zastosowania laserów niskoenergetycznych w rehabilitacji dają podstawę do stwierdzenia, iż laser stymuluje organizmy żywe poprzez rezonansową absorpcję energii promienistej na poziomie łańcucha oddechowego, którego elementy składowe działają jak barwniki u roślin. Na podstawie wielu badań doświadczalnych i klinicznych wiadomo, że promieniowanie laserowe R i IR oddziałuje na różnych poziomach strukturalnych. Na poziomie komórki stwierdza się przyspieszenie wymiany elektrolitowej pomiędzy komórką a jej otoczeniem, wzrost aktywności mitotycznej, działanie antymutagenne, wzrost aktywności enzymów oraz zwiększenie syntezy ATP i DNA. Na poziomie tkanki zaobserwować można poprawę ukrwienia obwodowego, mikrokążenia krwi oraz wzrost czynności i pobudliwości włókien nerwowych, pobudzenie angiogenezy.

Ostatnie lata przyniosły pozytywny trend do łączenia metod medycyny fizykalnej. Skonstruowanie diod laserowych emitujących światło porównywalne z laserem, a więc praktycznie o jednej długości fali, tzw. diody LED (Light Emitting Diode), pozwoliło wspólnie wykorzystać pola magnetyczne i lasery w medycynie. Działanie łączne (zsynchronizowane) tych czynników fizycznych, często nazywane magnetolaseroterapią bądź magnetoledoterapią, przyniosło wiele korzystnych efektów potwierdzonych w wielu pracach i badaniach naukowych.

Poprawne fizycznie ustalenie dawki energii określane jest indywidualnie dla każdego pacjenta z uwzględnieniem przeciwwskazań. W świetle danych z piśmiennictwa zakres wskazań do leczniczego stosowania promieniowania laserowego jest bardzo rozległy. Na podstawie stanu wiedzy

klinicznej można wyróżnić **wskazania** do stosowania i wspomagania leczenia terapią laserową, do których należą:

Działanie przeciwbólowe:

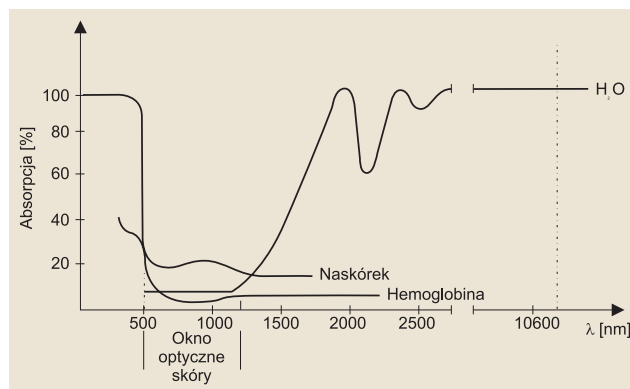
Układ kostno-stawowy: zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa i układu kostno-stawowego kończyn górnych i dolnych, przeciążenia i urazy układu kostno-stawowego, reumatoidalne zapalenia stawów, zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa, urazy stawów. Tkanki miękkie: reumatyzm pozostawowy, tzw. fibromialgie, urazy tkanek miękkich, stany po naruszeniu ciągłości tkanek (w tym pooperacyjne), półpasiec, nerwobóle.

Działanie regeneracyjne:

Układ kostno-stawowy: stany po pęknięciach i złamaniach kości, przeciążenia i urazy układu kostno-stawowego, przewlekłe i podostre zapalenia stawów, choroba Sudecka. Tkanki miękkie: stany zapalne skóry i tkanek miękkich, stany po przebytych zapaleniach skóry i tkanek miękkich, przeszczepy skóry, oparzenia, odleżyny, bliznowce, łuszczyca, uszkodzenia nerwów obwodowych.

Działanie poprawiające krążenie obwodowe:

1. Upośledzenie przepływu miejscowego w kończynach:
 - w angiopatii cukrzycowej,
 - w angiopatii miażdżycowej,
 - w owrzodzeniach podudzi,
2. Przyspieszenie wchłaniania krwinków.
3. Zmniejszenie obrzęku limfatycznego.
4. Zespół pozakrzepowy.



Ryc.1. Absorpcja promieniowania elektromagnetycznego przez naskórek, hemoglobinę, wodę

Nie ustalono jednoznacznie przeciwwskazań do tej metody leczenia. Jednak najczęściej wymienianymi są:

- ciąża,
- czynna choroba nowotworowa (należy zwrócić szczególną uwagę na miejscowe zmiany nowotworowe oraz takie, których nie można zidentyfikować),
- ciężkie infekcje pochodzenia wirusowego, bakteryjnego i grzybiczego (należy zwrócić uwagę na skłonność do krwawień oraz ostre stany zapalne skóry i tkanek miękkich obszaru poddawanej terapii),
- obecność elektronicznych implantów,
- niewyrównane endokrynopatie (np. niewyrównana cukrzyca),
- terapia lekami światłoczułymi,
- nadwrażliwość skóry na światło,
- ze względu na możliwość uszkodzenia siatkówki nie powinno się naświetlać bezpośredniej okolicy oczodołu i samej okolicy gałki ocznej.

Laseroterapię stosuje się w serii powtarzalnych zabiegów. Pełna kuracja składa się z kilku lub kilkadziesiąt zabiegów o czasie trwania od kilku do kilkunastu minut. Dla skutecznej stymulacji, w czasie każdego zabiegu musi być dostarczona odpowiednia ilość promieniowania. Dawki stosowane w przypadku zmian przewlekłych są kilkukrotnie większe niż dla zmian ostrych. Techniki naświetlania można podzielić na bezkontaktowe i kontaktowe. Niezależnie od typu stosowanej techniki należy przestrzegać zasady prostopadłego padania wiązki promieniowania laserowego na tkankę. Należy również pamiętać, że okolica poddana zabiegowi powinna być czysta – konieczne jest umycie i odtłuszczenie skóry oraz odkażenie sondy. Terapię należy prowadzić po konsultacji lekarskiej i ustaleniu rozpoznania oraz parametrów, które zawsze powinny być indywidualnie dostosowane do jednostki chorobowej.

Istotą laseroterapii z zakresu światła widzialnego i podczerwieni jest efekt proregeneracyjny, przeciwbólowy i przeciwzapalny. Tkanka żywa posiada

cd. na str. 30

Jednym z najnowocześniejszych aparatów do stosowania laseroterapii niskoenergetycznej jest Viofor JPS Light, który stanowi nowatorskie rozwiązanie w dziedzinie stosowania w medycynie promieniowania optycznego (nielaserowego, generowanego przez wysokoenergetyczne diody LED) – ledoterapii – z możliwością jednoczesnego oddziaływania polem magnetycznym niskiej częstotliwości (ELF). Panełowe aplikatory służą do terapii dużych powierzchni ciała. Jednoczesne zastosowanie obu rodzajów promieniowania elektromagnetycznego może skutkować działaniem synergistycznym, niezmiernie korzystnym w przypadkach leczenia analgetycznego, rozległych stanów zapalnych skóry lub oparzeń, schorzeń bądź też urazów układu kostno-stawowego. Zakres użycia laserów niskoenergetycznych ulega systematycznemu poszerzeniu. Miejscowe oddziaływanie światłem laserowym jest znaną i popularną metodą terapii fizykalnej. Znalazły one zastosowanie w wielu dyscyplinach klinicznych, m.in. w medycynie sportowej i ortopedii, reumatologii, neurologii i dermatologii. Takim rozwiązaniem jest niewątpliwie Viofor JPS Laser przeznaczony do stosowania kontaktowego lub bliskiego kontaktowego w odległości do 1 cm od powierzchni ciała pacjenta. Impulsy promieniowania laserowego są generowane ze stałą częstotliwością 181,8 Hz. Aplikatory produkowane są w dwóch wersjach: R – o długości fali 635 nm i mocy maksymalnej 30 mW oraz IR – o długości fali 808 nm i mocy maksymalnej 300 mW. Na poziomie tkankowym mechanizmy biologicznego oddziaływania promieniowania laserowego i magnetostymulacji mają zbliżony charakter. Szersze obszarowo spektrum działania pola magnetycznego może wspomagać silnie wyrażony, miejscowy efekt leczniczy promieniowania laserowego.



Ryc. 2. Viofor JPS Laser

Zastosowanie laseroterapii w wybranych działach medycyny klinicznej

Medycyna sportowa i ortopedia

- Zespół bolesnego barku:
 - dawka: 4-10 J/cm², 10 zabiegów w serii w stanie ostrym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - dawka: 5-15 J/cm², 10-15 zabiegów w stanie przewlekłym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: przemiatacie bliskie kontaktowemu + naświetlanie punktów spustowych bólu.
- Zespół „łokcia tenisisty”:
 - dawka: 4-10 J/cm², 10 zabiegów w serii w stanie ostrym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - dawka: 4-12 J/cm², 10-15 zabiegów w stanie przewlekłym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: przemiatacie bliskie kontaktowemu, kontaktowe.
- Zapalenie rozciągna podeszwowego:
 - dawka: 6-12 J/cm², 10 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe + skanerowe całej powierzchni.
- Zapalenie pochewki ścięgna Achillesa:
 - dawka: 4-10 J/cm², 10 zabiegów w serii w stanie ostrym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - dawka: 5-10 J/cm², 10-15 zabiegów w stanie przewlekłym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (kontaktowe) + przemiatacie (bliskie kontaktowemu).
- Ostroga piętowa:
 - dawka: 10-20 J/cm², 10 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe, kontaktowe z uciskiem.
- Zapalenie okołostawowe kolana:
 - dawka: 4-12 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe, kontaktowe.
- Zmiany zwyrodnieniowo-wytwórcze kręgosłupa:
 - dawka: 5-20 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (kontaktowe), symetrycznie po obu stronach kręgosłupa, całej powierzchni.

- Choroba zwyrodnieniowa stawów kolanowych:
 - dawka: 8-20 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe, skanerowe.
- Skřęcenia
 - dawka: 4-8 J/cm², 10 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe, skanerowe.
- Złamania:
 - dawka: 8-10 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: bezkontaktowe.

Reumatologia

- RZS:
 - dawka: 8-10 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (kontaktowe), skanerowe, bliskie kontaktowemu.
- Łuszczycowe zapalenie stawów:
 - jw.
- ZYSK:
 - dawka: 8-12 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (kontaktowe), symetrycznie po obu stronach kręgosłupa, bezkontaktowe,
- Zapalenie stawów krzyżowo-biodrowych:
 - dawka: 8-10 J/cm², 10-20 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (bliskie kontaktowemu).

Neurologia

- Neuralgia międzyżebrowa:
 - dawka: 4-6 J/cm², 10 zabiegów w serii w stanie ostrym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - dawka: 4-10 J/cm², 15-20 zabiegów w stanie przewlekłym, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: wzdłuż przebiegu nerwu.
- Neuralgia nerwu trójdzielnego:
 - dawka: 2-3 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: wzdłuż przebiegu nerwu.

- Rwa kulszowa:
 - dawka: 4-12 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe (kontaktowe) wyjścia nerwu kulszowego L4-S3.
- Zespół cieśni nadgarstka (zespół Guyona):
 - dawka: 2-6 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe + skanerowe.

Dermatologia

- Infekcje ropne skóry, ropiejące rany:
 - dawka: 3-7 J/cm², 20-30 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: bezkontaktowe.
- Owrodzenia podudzi:
 - dawka: 5-10 J/cm², 30-60 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: bezkontaktowe.
- Odleżyny:
 - jw.
- Półpasiec:
 - dawka: 2-5 J/cm², 10 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: przemiatacie bliskie kontaktowemu.
- Trądzik pospolity:
 - dawka: 2-10 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: przemiatacie bliskie kontaktowemu.

Flebologia

- Zespół pozakrzepowy:
 - dawka: 8-10 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: punktowe, bliskie kontaktowemu.
- Obrzęk limfatyczny:
 - dawka: 5-10 J/cm², 10-15 zabiegów w serii, 5 zabiegów tygodniowo,
 - naświetlanie: bliskie kontaktowemu, kontaktowe.

elementy fotorecepcyjne, które, pochłaniając kwanty światła, przenoszą efekty swojego wzbudzenia na ważne dla fizjologii komórki biomolekuły. Światło w zakresie widzialnym jest absorbowane przez składniki łańcucha oddechowego zlokalizowane w mitochondriach. Należy do nich oksydaza cytochromowa i NAD. Wraz z pochłonięciem kwantu promieniowania dochodzi do aktywacji łańcucha oddechowego. Zaktywowane zostają enzymy cytozolu i błony komórkowej, jak np. Na/K-ATP-za utrzymująca potencjał spoczynkowy błony komórkowej. Dodatkowo pochłonięcie promieniowania widzialnego generuje powstawanie wolnych rodników, które w niewielkich stężeniach działają stymulująco na metabolizm.

Promieniowanie podczerwone może być selektywnie pochłaniane przez błonę komórkową. Prowadzi to do zmian jej płynności i lepkości oraz do aktywacji systemów enzymatycznych w niej zatopionych, jak choćby wspomnianej już Na/K-ATP-azy.

Zarówno laseroterapia niskoenergetyczna, jak i zmienne pola magnetyczne mają zbliżony zakres zastosowań, chociaż posiadają różne punkty uchwytu, biorąc pod uwagę wywoływane przez nie efekty biofizyczne. Można się zatem spodziewać działania synergistycznego. Wydaje się, iż leczenie za pomocą laserów na stałe wpisało się do licznych działów medycyny. W ostatnich latach metody fizyczne coraz częściej wspomagają leczenie podstawowe. Laseroterapia daje szansę na poszerzenie oferty terapeutycznej oraz wpływa na zmniejszenie kosztów leczenia, co w niektórych przypadkach ma bardzo duże znaczenie. Obecny rozwój medycyny, który zmierza do coraz to nowszych, ulepszonych metod walki z chorobą i bólem, przyczynia się do niezmiernie ważnych zmian w leczeniu dzisiejszych czasów. Także promieniowanie laserowe i jego szerokie zastosowanie wskazują na rozwój nowych metod fizykoterapeutycznych (przykładem mogą być wysokoenergetyczne diody LED), które w nikłym stopniu dają efekty niepożądane, a swą skutecznością wypierają podsta-

wowe, nierzadko farmakologiczne sposoby leczenia. To wszystko ma na celu stworzenie pacjentowi niemal komfortowych warunków leczenia oraz zaoferowanie metod dobrych, bezpiecznych, a nade wszystko skutecznych. Biostymulacja laserowa otwiera drzwi w dążeniu do udoskonalania metod walki z cierpieniem, bólem oraz umożliwia rozwój coraz dokładniejszych i bezpiecznych metod diagnostycznych oraz terapeutycznych. □

ALEKSANDER SIEROŃ, JAROSŁAW PASEK,
ROMUALDA MUCHA

Szpital Specjalistyczny nr 2 w Bytomiu,
Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych Angiologii
i Medycyny Fizykalnej Śl.AM w Bytomiu

Kierownik kliniki: prof. dr hab. med. dr h.c. Aleksander Sieroń

Piśmiennictwo u autorów i w „RwP+”
(www.elamed.com.pl/rehabilitacja)

¹ W której jednym z wiodących jest Ośrodek Diagnostyki i Terapii Laserowej Katedry i Kliniki Chorób Wewnętrznych w Bytomiu.

Piśmiennictwo:

1. Adamek M., Sieroń A., Cieślar G.: The influence of low - power infrared laser radiation in vivo and in vitro: *Laser Applications in Medicine and Surgery*. 1992; 283-287.
2. Basford J.R.: Laser therapy: scientific basis and clinical role. *Orthopedics*. 1993; 16,5, 541-547.
3. Fuchs B., Berlien H.P., Phillip C.: Lasers in medicine. *Arzt1 Fortbild Quahtatssich* 1999; 93,4, 259-266.
4. Knappe V., Frank F., Rohde E.: Principles of lasers and biophotonic effects. *Photomed Laser Surg*. 2004; 22,5, 411-417.
5. Mika T.: Fizykoterapia. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 1999; 133-151.
6. Reddy G.K.: Biological basis and clinical role of low-intensity lasers in biology and medicine. *J. Clin. Laser Med Surg*. 2004; 22,2, 141-150.
7. Shaffer B.: Scientific basis of laser energy. *Clin. Sports Med*. 2002; 21,4,; 585-598.
8. Sieroń A. [Red]: Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Alpha medica - press. Bielsko - Biała 2002; 39-106.
9. Sieroń A.: Lasery w medycynie. *Ogólnopolski Przegląd Medyczny* 2005; 11; 42-43.
10. Sieroń A., Adamek M., Cieślar G.: Mechanizm działania lasera niskoenergetycznego na organizmy żywe - własna interpretacja. *Baln. Pol. Tom XXXVII, zeszyt 1 rok 1995*; 48-55.
11. Sieroń A., Adamek M., Cieślar G., Grzesik P.: Laseroterapia. *Reumatologia*. XXIX, 2. 1991. 192-195.
12. Sieroń A., Cieślar G., Adamek M.: Magnetoterapia i laseroterapia niskoenergetyczna. *Śl. Akad. Med. Katowice*. 1993; 435-440.
13. Sieroń A., Jagodziński L., Stanek A., Puszer M., Ślusarczyk K.: Zastosowanie laserów w praktyce lekarskiej. *Gabinet Prywatny*, 11, (88). 2001; 14-17.
14. Stern S.M.: Applicatios of lasers in medicine: the 1990s&beyond. *J. Clin. Eng*. 1992; 17,5, :391-397.
15. Straburzyński G., Straburzyńska - Lupa A.: *Medycyna fizykalna*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL 1997; 276-289.