

Światło niskoenergetyczne w medycynie i rehabilitacji



W każdej dziedzinie nauki, także w medycynie fizykalnej, trwają poszukiwania nowych metod, które znajdą swoje zastosowanie w praktyce klinicznej. Światło jest dynamicznie rozwijającym się działem medycyny fizykalnej. Jest dla nas synonimem życia, ciepła, energii, wreszcie to wiązka elektromagnetyczna, którą chcemy wykorzystać. Udało się to już w wielu dziedzinach: w laseroterapii, ledoterapii, diagnostyce i terapii fotodynamicznej czy terapii światłem spolaryzowanym. Celem autorów zajmujących się na co dzień wykorzystaniem światła w diagnostyce i terapii jest chęć podzielenia się z czytelnikiem wiedzą na temat zastosowania światła niskoenergetycznego w medycynie i rehabilitacji.

Światło widzialne, mimo że zajmuje niewielki zakres widma w przedziale promieniowania elektromagnetycznego, na które narażony jest człowiek przez spotykane w przyrodzie długości fal bądź generowane w sposób sztuczny, ma w medycynie bardzo istotne znaczenie. Światło o niskiej energii w ostatnich latach znalazło zastosowanie w diagnostyce i terapii medycznej. Widmo światła widzialnego rozciąga się, począwszy od światła fioletowego o długości fali 380 nm do światła czerwonego o długości 780 nm (ryc. 1). Ponieważ nasze ciało posiada okno optyczne, w którym penetracja światła w głąb tkanki rozpoczyna się dopiero od długości fali niewiele ponad 600 nm, dlatego światło czerwone jest stosunkowo najczęściej używane w medycynie fizykalnej. Dotyczy to zarówno procedur diagnostycznych, np. diagnostyki fotodynamicznej, jak i procedur terapeutycznych. Nie znaczy to, że krótsze od czerwieni długości fal nie są przez medycynę wykorzystywane, dzieje się tak np. w terapii łuszczycy, gdzie wykorzystuje się promieniowanie z zakresu ultrafioletu.

Przejsie z helioterapii (leczenie promieniami słońca) do nowoczesnej medycyny fizykalnej było możliwe dzięki wynalezieniu lasera, urządzenia, w którym w wyniku emisji wymuszonej uzyskuje się wzmocnienie lub generację promieniowania elektromagnetycznego. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią można sprowadzić do naturalnie występującej absorpcji i emisji spontanicznej oraz emisji wymuszonej, wywołanej ingerencją zewnętrzną.

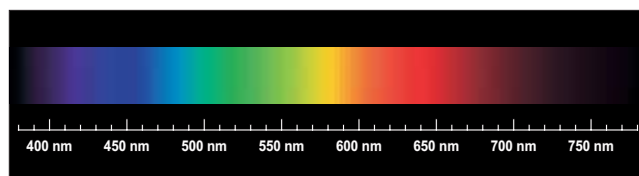
Od około 20 lat sporo uwagi poświęca się wpływowi niskoenergetycznego promieniowania laserowego i działaniu światła na organizm człowieka, wykazując płynące stąd liczne korzyści, zwłaszcza w leczeniu schorzeń pourazowych, w medycynie sportowej i stomatologii. Obserwuje się następujące efekty działania światła niskoenergetycznego:

- działanie przeciwbólowe,
- działanie poprawiające mikrokrążenie,
- działanie immunomodulacyjne,
- działanie hipokoagulacyjne,

- działanie angiogenetyczne,
- działanie reparacyjno-regeneracyjne.

Początek terapii niskoenergetycznej światłem laserowym był trudny, gdyż do dyspozycji były tylko lasery klasyczne, przede wszystkim helowo-neonowe. Dzisiaj dysponujemy laserami o różnych rodzajach ośrodka czynnego: stałym, ciekłym, gazowym i półprzewodnikowym. Efekty leżące u podstaw zastosowania laserów niskoenergetycznych w medycynie i rehabilitacji przypisywane są rezonansowej absorpcji energii promienistej na poziomie łańcucha oddechowego, którego elementy składowe działają jak barwniki u roślin. Charakter oddziaływania promieniowania laserowego z tkanką zależy od własności tkanki (pigmentacji skóry, grubości poszczególnych jej warstw, ukrwienia, wielkości przepływu krwi) oraz cech promieniowania. Istotną rolę odgrywa także współczynnik pochłaniania tkanki. Ogólnie rzecz ujmując, naskórek przypomina matowy filtr absorpcyjny leżący na włóknistej, rozpraszającej światło skórze właściwej. Głównymi absorbentami promieniowania w skórze są: melatonina, aminokwasy aromatyczne, takie jak tyrozyna i tryptofan, oraz małe cząsteczki aromatyczne, np. kwas urokanowy. Końcowy efekt oddziaływania jest oczywiście pochodną zaabsorbowanej energii, która zależy nie tylko od natężenia padającego promieniowania, ale także od tkankowego rozpraszania, pochłaniania i odbijania światła (ryc. 2).

Zjawiska biofizyczne i biochemiczne niełatwe do jednoznacznej interpretacji prowadzą do dobrze udokumentowanych efektów tkankowych, które umożliwiają konkretne ▶

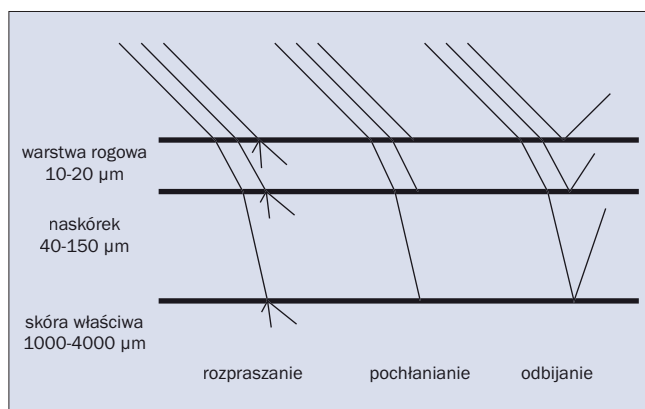


Ryc. 1. Spektrum światła białego

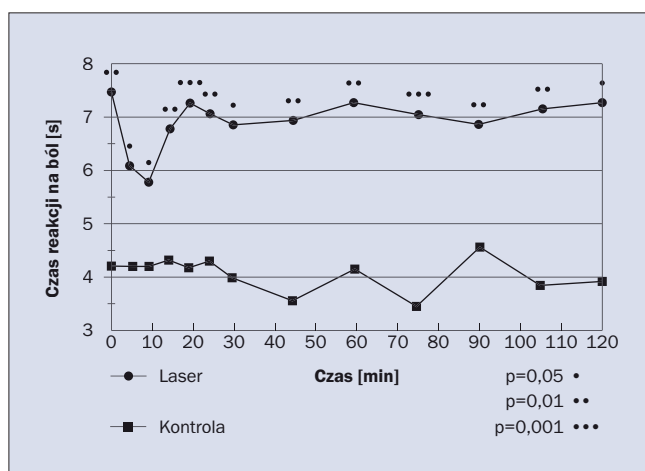
► wykorzystanie kliniczne. Kliniczne działanie niskoenergetycznego światła widzialnego to głównie efekt odtwórczy i reparyacyjny, przeciwbólowy oraz przeciwzapalny. Wyjaśnia się to posiadaniem przez tkankę żywą elementów fotorecepcyjnych, które pochłaniając kwanty światła, przenoszą efekty swojego wzbudzenia na ważne dla fizjologii komórki biomolekuły. Może również dochodzić do aktywacji łańcucha oddechowego. Wykazano, że pochłonięcie promieniowania widzialnego generuje powstawanie wolnych rodników, które w niewielkich stężeniach działają stymulująco na organizm. Zmiany stężenia takich substancji jak histamina i serotonina wiążą się bezpośrednio z działaniem przeciwbólowym promieniowania laserowego, które aktualnie należy uznać za najlepiej udokumentowane (ryc. 3).

Warto również dodać, że postęp techniczny oraz rozszerzenie badań podstawowych pociągnęło za sobą łączenie metod fizykalnych, wśród których wymienić należy najnowszy magneto-laser, w którym wykorzystujemy łączne działanie promieniowania laserowego niskoenergetycznego wraz ze zmiennym polem magnetycznym. Dzięki temu nauka i technika uzyskały rozległe perspektywy zastosowań, m.in. w optyce, chemii, fizyce, chirurgii, stomatologii, onkologii i pulmonologii.

Współcześnie mamy do czynienia z rozwojem zarówno diod laserowych emitujących światło porównywalne z laserem, jak i diod LED (ang. *Light Emitting Diode*). Połączenie działania diod LED z jednoczesnym oddziaływaniem zmiennego pola magnetycznego niskiej częstotliwości umożliwiło wprowadzenie nowej formy terapii – magnetoledoterapii. Diody LED emitują promieniowanie elektromagnetyczne niekoherentne w zakresie światła R (*red* – czerwony), IR (*infrared* – podczerwony) i RIR, zaś ich panele posiadają prostokątne cewki wytwarzające impulsowe niejednorodne pole magnetyczne w systemie JPS.



Ryc. 2. Oddziaływanie światła ze skórą w jej kolejnych warstwach



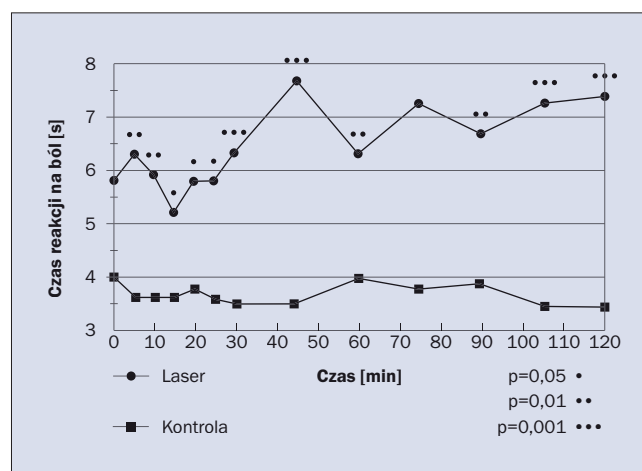
Odnotowywane zainteresowanie wynika z faktu poszukiwania nowych metod terapeutycznych, które w wielu schorzeniach mogłyby wspomóc farmakoterapię. Diody LED o parametrach leczniczych mają działanie synergistyczne, powodujące efekt przeciwbólowy, przeciwbakteryjny i analgetyczny, co ma korzystny wpływ na gojenie się ran, stany zapalne skóry, schorzenia bądź urazy układu kostno-stawowego oraz samopoczucie pacjenta. Stąd wynika zastosowanie metody zwanej ledoterapią. Wydaje się, że nie bez znaczenia jest również wpływ diod LED na właściwości piezoelektryczne elementów strukturalnych narządu ruchu, zwłaszcza zajętych procesem chorobowym, oraz stymulacja aktywności oddechowej komórek.

Światło wykorzystujące oddziaływanie na fotoczułaczce – a więc substancje wzbudzające się pod wpływem światła – jest stosowane w diagnostyce i terapii stanów zapalnych oraz nowotworów, czyli w medycynie fotodynamicznej. Istotą zastosowania fotodynamiki w diagnostyce procesów rozrostowych są zarówno zjawiska biofizyczne zachodzące pod wpływem światła w tkance, dające w efekcie własne świecenie komórek wzbudzonych światłem laserowym – autofluorescencję, jak i świecenie tkanek, w których znajduje się podany egzogennie barwnik. Terapia fotodynamiczna z kolei opiera się na niszczeniu tkanek nowotworowych przy oszczędzaniu tkanek zdrowych, dzięki reakcjom fizycznym zachodzącym w egzogennie podanym fotoczułaczce, znajdującym się w komórce nowotworowej. Efektem tych reakcji jest uzyskanie aktywnych związków chemicznych niszczących tkanki nowotworów.

Kolejną możliwością światłolecznictwa jest zastosowanie światła spolaryzowanego. Ta część medycyny fizykalnej, wymagająca jeszcze gruntownych badań podstawowych, wykorzystuje szerokie pasmo częstotliwości i relatywnie mało energii. Terapeutyczne znaczenie światła spolaryzowanego w widmie widzialnym przyczynia się do wzrostu i pobudzenia syntezy ATP, zwiększa syntezę macierzy łącznotkankowej, przyspiesza procesy regeneracyjne komórek i angiogenezę.

Poznane do tej pory efekty oddziaływania światła spolaryzowanego to: efekt przeciwbólowy, efekt przeciwzapalny oraz wykazywany przez niektórych autorów, najmniej poznany efekt biostymulacyjny, który ma przyspieszać odnowę i rozwój komórek oraz uszkodzonych tkanek.

Wydaje się, że światło spolaryzowane czeka jeszcze na swoje odkrycie. Wynika to z konieczności przeprowadzenia badań na poziomie podstawowym, zarówno na modelu submolekularnym, molekularnym i komórkowym, jak i badań na zwierzętach laboratoryjnych. Uzyskane do tej pory rezultaty są zachęcające i prawdopodobnie umożliwią rozpoczęcie dużych badań klinicznych, które w sposób ostateczny dadzą odpowiedź na pytanie: jak



Ryc. 3. Reaktywność szczurów na termiczny bodziec bólowy po ekspozycji na światło niskoenergetyczne (po stronie lewej po 7 dniach ekspozycji, po stronie prawej po 14 dniach codziennej ekspozycji)

szeroko i w jakich jednostkach możemy w profilaktyce i terapii stosować światło spolaryzowane.

Wśród własności fizycznych światła spolaryzowanego, różniących to światło od światła niespolaryzowanego, wyróżnia się, że:

- jest ukierunkowane – fale światła poruszają się (drgają) wyłącznie w płaszczyznach równoległych,
- polichromatyczne – jego spektrum nie składa się tylko z jednej długości fali, jak światło laserowe, a posiada szeroki zakres zawierający światło widzialne i część spektrum podczerwonego,
- niekoherentne – czyli w odróżnieniu od światła laserowego, jest niespójne i niesynchronizowane.

Jak wspomniano na początku, światło widzialne jest pewną częścią spektrum promieniowania elektromagnetycznego. Składa się z maleńkich jednostek energii, nazywanych kwantami światła lub fotonami. Energia fotonu zależy od długości fali. Jeśli do naszych oczu dociera taka sama ilość fotonów z każdego przedziału długości fal spektrum widzialnego, odbieramy to jako światło białe. Światło białe, które oglądamy na co dzień, nie jest jednorodne, jest składową wielu barw. Jeśli rozbilibyśmy światło białe w pryzmacie, to uzyskane barwy utworzą spektrum od podczerwieni do nadfioletu (ryc. 1).

W naturze spotykamy się ze zjawiskiem rozbicia światła na składowe za pomocą kropeł wody, czego efektem jest tęcza. Jeśli z jakiegoś powodu któreś ze składowych zabraknie, światło uzyska przewagę innej ze składowych, nazywamy to dominantą. Jeśli w tzw. „białym” świetle przewagę uzyska jakaś barwa, to mówimy, że światło ma dominantę właśnie tego koloru. Barwę światła określa się w stopniach temperatury barwy – kelwinach (K), ponieważ istnieje ścisły związek pomiędzy temperaturą ciała (w teorii jest to ciało doskonale czarne) a emitowanymi przez to ciało falami elektromagnetycznymi, które w miarę wzrostu temperatury ciała przechodzą z zakresu fal podczerwonych do fal widzialnych, a następnie do fal bliskiego ultrafioletu. W skład widma światła białego może wchodzić od dwóch do nieskończoności barw prostych, czyli długości (częstotliwości) fal elektromagnetycznych z zakresu fal widzialnych. W przypadku najprostszym – tylko dwóch częstotliwości – mowa jest o barwach dopełniających, czyli leżących na wspólnej średnicy koła barw. Wrażenie czystej, neutralnej bieli jest odbierane indywidualnie przez każdego człowieka, a pomijając cechy osobnicze obserwatora (wiek, stan zdrowia, bieżące samopoczucie), jest też uzależnione od siły światła – w przypadku słabego oświetlenia jako barwę neutralnie białą odbieramy odcienie cieplejsze, w miarę wzrostu oświetlenia wrażenie neutralnej bieli przesuwają się w kierunku odcieni chłodniejszych. Można więc powiedzieć, że biel jest w pewnym sensie pozorna. Co prawda wszelkie zjawiska barwne są wrażeniami subiektywnymi, bo powstają w ludzkiej psychice, jednak szczególnie wyraźnie subiektywizm ten występuje w przypadku odczuwania bieli oraz odcieni zbliżonych do szarości.

Wciąż rozwijające się i zyskujące na popularności światłolecznictwo, zwłaszcza medycyna fotodynamiczna, laseroterapia niskoenergetyczna czy ledoterapia, stają się nową możliwością medycyny fizykalnej, która dołącza do kompleksowego leczenia w medycynie i rehabilitacji. Dalsze możliwości wykorzystania światła w medycynie czekają na zainteresowanie ze strony badaczy nauk podstawowych, fizjoterapeutów, rehabilitantów i klinicystów. □

ALEKSANDER SIEROŃ, JAROSŁAW PASEK, ROMUALDA MUCHA

Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej
oraz Ośrodek Diagnostyki i Terapii Laserowej w Bytomiu.

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

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

Piśmiennictwo:

1. Adamek M., Sieroń A.: Fotostymulacja tkanki na skutek promieniowania laserowego. *Lasery w medycynie* 1995; 12 – 17
2. Boerner E. i wsp: Porównanie skuteczności promieniowania laserowego z naświetlaniem lampą Bioptron w zapaleniu nadkłykcia boczno kości ramiennej. *Acta Bio-Optica et Inf. Med.* 2005; 11: 23-27
3. Fuchs B, Berlien HP, Phillip C. Lasers in medicine. *Arzt1 Fortbild Quahtatssich* 1999; 93(4): 259-266
4. Pasek J., Mucha R., Sieroń A.: Owrzodzenie podudzi: leczenie za pomocą stymulacji magnetycznej skojarzonej z wysokoenergetycznymi diodami LED. Opis przypadku. *Acta Bio – Optica et Informatica Medica.* 2006; 1(12): 15–19
5. Pasek J., Mucha R., Sieroń A.: Magnetoledoterapia w leczeniu bólu zmian zwyrodnieniowych stawów kolanowych. *Acta Bio – Optica et Informatica Medica.* 2006; 12(3): 189 – 191
6. 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
7. Sieroń A., Cieślar G., Adamek M.: Magnetoterapia i laseroterapia niskoenergetyczna. *Śl. Akad. Med. Katowice.* 1993; 435-440
8. Sieroń A., Cieślar G., Adamek M.: Magnetoterapia i laseroterapia. *Śl. Akad. Med. Katowice.* 1994.
9. Sieroń A. Cieślar G. *Zarys fotodynamiki diagnostycznej i terapii nowotworów.* α- medica press 1997.
10. Sieroń A., Pasek J., Mucha R.: Światło w rehabilitacji. *Rehabilitacja w Praktyce.* 2006; 3: 20 – 24
11. Sieroń A., Pasek J., Mucha R.: Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Rehabilitacja w Praktyce.* 2006; 2: 26 – 30
12. Sieroń A. i wsp.: *Zarys fotodynamicznej diagnostyki i terapii nowotworów.* Bielsko – Biała 1997.