



**Najnowocześniejsza technologia w laseroterapii
stomatologicznej**

CE
0123

Najnowocześniejsza technologia w laseroterapii stomatologicznej

Prof. dr n. med. Norbert Gutknecht

Aachen Research Institute for Lasers in Dentistry (AALZ), Clinic of Conservative Dentistry, Periodontology and Preventive Dentistry, University Hospital of the RWTH, Aachen, Germany

STRESZCZENIE:

Lasery stosuje się w stomatologii od 1964 roku. Zamysłem wdrożenia laserów była możliwość terapii zarówno tkanek miękkich jak i twardych, w tym kości, z uniknięciem bezpośredniego kontaktu narzędzia z tkankami, towarzyszących mu wibracji oraz dolegliwości bólowych. Od wczesnych lat 90-tych lasery mają szeroki wachlarz zastosowań stomatologicznych. W niniejszym artykule prof. dr n. med. Norbert Gutknecht, przewodniczący Niemieckiego Towarzystwa Laseroterapii Dentystycznej (DGL) prezentuje przegląd laserów oraz omawia ich zastosowania i aktualne możliwości wykorzystania laseroterapii w różnych dziedzinach stomatologii.

Słowa kluczowe:

dental lasers, Er:YAG, Nd:YAG, diode, CO₂, periodontology, endodontics, implantology, periimplantitis, soft tissue surgery
(lasery dentystyczne, Er:YAG, Nd:YAG, diodowy, CO₂, periodontologia, endodoncja, implantologia, zapalenie tkanek wokół implantu, chirurgia tkanek miękkich)

WPROWADZENIE

Każdy laser wyróżnia się swoimi własnymi, charakterystycznymi cechami. Najważniejszą z nich jest długość fali promieniowania laserowego, która określa pozycję wiązki lasera w spektrum promieniowania elektromagnetycznego. Interakcje między laserem a tkanką określane są przez energię wiązki lasera, która do tej tkanki wnika. W tym przypadku istotną rolę odgrywa absorpcja wiązki lasera, odzwierciedlająca spektrum absorpcji każdej długości promieniowania laserowego w tkance docelowej i/lub w elementach tkankowych. Poza długością promieniowania laserowego i absorpcją znaczącą rolę w interakcjach laser-tkanka odgrywają również refleksja (odbicie) i transmisja. Transmisja oznacza stopień, w jakim energia lasera jest w stanie penetrować wewnątrz tkanki.

ENDODONCJA

Zastosowanie laserów w endodoncji ma na celu eradykację drobnoustrojów w kanale korzenia, a w szczególności w bocznych kanalikach zębiny (zmiany martwicze, zgorzelinowa miazga w koronie i w korzeniu). Wymaga to użycia tej długości promieniowania laserowego, która cechuje się wysoką transmisją wiązki przez hydroksyapatyt i wodę. Krzywe absorpcji pokazują, że lasery Nd:YAG, a w szczególności lasery impulsowe Nd:YAG, są w tym wskazaniu laserami z wyboru. Lasery Nd:YAG charakteryzują się najlepszymi wynikami w pomiarach oceniających transmisję i redukcję liczby mikroorganizmów. Nawet w przypadku głębokości penetracji przekraczającej 1000 µm, uzyskiwano 85% redukcję. Laser diodowy 810 nm jest źródłem promieniowania drugiego rzutu. Badania mikrobiologiczne wykazały, że to źródło zapewnia drugą z kolei najwyższą redukcję – około 63%. Tym niemniej jest ona znacznie niższa niż w przypadku laserów Nd:YAG. Lasery diodowe 980 nm mogą też stanowić pewną opcję terapeutyczną, mimo że wysoka transmisja osiągnięta jest dzięki wyższej absorpcji w wodzie. Wyjaśnia to, dlaczego za pomocą tego źródła promieniowania laserowego, zwłaszcza na głębokości 1000 µm, można uzyskać redukcję mikroorganizmów jedynie rzędu 30 do 40%.



Rys. 1 Przedstawienie ujścia kanału korzeniowego zęba 12



Rys. 2 Światłowód Nd:YAG umieszczony w kanale korzenia zęba 24

Wszystkie pozostałe długości promieniowania laserowego: Er:YAG, Er,Cr:YSGG i lasery CO₂ nie mają zastosowania w endodoncji. Ich absorpcja w hydroksyapatycie i w wodzie jest tak wysoka, że redukcja liczby mikroorganizmów miałaby przede wszystkim miejsce w kanale głównym, mimo iż tę redukcję, spowodowaną efektem termalnym, można stwierdzić w bocznych kanalikach zębiny do głębokości od 300 do 400 μm . Te długości promieniowania laserowego nie nadają się do terapii endodontycznej. Lasery Er:YAG i Er,Cr:YSGG mogą być jednakże skutecznie używane w usuwaniu tkanek organicznych i płytki bakteryjnej.



Rys. 3 RTG ćwieka głównego w zębie 12



Rys. 4 Sytuacja po wypełnieniu korzenia zęba 12

PERIODONTOLOGIA WSPOMAGANA LASEROWO

W periodontologii wyróżnia się kiretaż zamknięty (łyżeczkowanie), z głębokością sondy od 5 mm do 6 mm, oraz kiretaż otwarty (łyżeczkowanie), z głębokością sondy powyżej 6 mm.

W przypadkach schorzeń periodontologicznych, a także gdy korzystniejsze jest wykonanie kiretażu zamkniętego, laserów można używać dopiero po usunięciu złogów za pomocą metod konwencjonalnych oraz do redukcji ilości drobnoustrojów (po zakończeniu leczenia wstępnego). W procedurach kiretażu zamkniętego należy stosować wyłącznie procedury laserowe o długości promieniowania laserowego, która nie prowadzi do uszkodzenia przylegających tkanek. Lasery muszą również cechować się dobrymi interakcjami z tkankami miękkimi i ze spektrum bakterii, obecnych w kieszonce przyzębnej. Lasery impulsowe Nd:YAG spełniają obydwa wymagania. Prowadzą do eradykacji drobnoustrojów zgromadzonych na powierzchni tkanek twardych i, jako że lasery Nd:YAG wchodzi w interakcje z powierzchniami barwnymi, niezwykle skutecznie zmniejszają liczbę drobnoustrojów w kieszonkach przyzębnych. 96% drobnoustrojów w kieszonkach przyzębnych posiada barwnik i z tego względu może ulec wybiórczej eradykacji przez lasery Nd:YAG. Interakcje laserów Nd:YAG z tkankami miękkimi są względnie łagodne, tzn. nie prowadzą do istotnego uszkodzenia ani usunięcia tkanek. Zapewniają też względną zachowawczość procedury i związane są z szybkim gojeniem się ran. Dzięki wykorzystaniu laserów Nd:YAG znieczulenie konieczne jest w mniej niż 50% przypadków.

Alternatywą mogą być lasery diodowe 810 nm, które cechują się bardzo dobrymi interakcjami z tkankami zawierającymi barwnik i dzięki temu bardzo wydajnie zmniejszają liczbę drobnoustrojów, podobnie jak w przypadku laserów Nd:YAG. Jednakże interakcje z tkankami miękkimi są silniejsze, a tym samym działanie termiczne oraz uszkodzenie otaczających tkanek jest bardziej nasilone. Oznacza to, że terapia za pomocą lasera diodowego 810 nm nie może być przeprowadzona bez znieczulenia.

Lasery diodowe 980 nm można także brać pod uwagę do wspomaganego laserowo procedur kiretażu zamkniętego. Wysoka absorpcja ich promieniowania oraz interakcje z wodą w kieszonkach przyzębnych dają znaczne zmniejszenie liczby drobnoustrojów, lecz ich słaba interakcja z hemoglobina zwiększa oddziaływanie na tkanki. Jeżeli to źródło lasera nie będzie stosowane z najwyższą ostrożnością w procedurach periodontologicznych, może doprowadzić do powierzchniowej martwicy tkanek. Poza tym osiągnięta jest względnie wysoka temperatura tkanek i konieczne jest wykonanie znieczulenia.

We wspomaganych laserowo, otwartych procedurach kiretażu lasery Er:YAG są niezaprzeczalnie laserami z wyboru. W przypadkach specjalnych może być wskazany laser oparty na dwutlenku węgla (10,6 μm ; cw = continuous wave – fala ciągła). Urządzeniem z wyboru, wskazanym do otwartych procedur kiretażu, jest laser Er:YAG, który – poza wszystkim – powinien umożliwiać szeroki zakres czasu trwania impulsów i ustawień częstotliwości. Te cechy pozwolą uzyskać nadzwyczaj dobre czyszczenie bifurkacji oraz przestrzeni między zębami, a tkanka kostna może zostać w sposób niezwykle wydajny oczyszczona z zainfekowanych tkanek miękkich. Oprócz tego na korzeniach oraz na powierzchniach kości można wytworzyć bardzo delikatną podbudowę, co ma olbrzymie znaczenie dla procedur ponownego przyłączenia przyczepu nabłonkowego (reattachment).

Jeżeli urządzenie generujące wiązkę laserową o typie promieniowania laserowego charakterystycznym dla systemów lasera Er:YAG umożliwia lekarzowi różnicowanie długości czasu trwania impulsów podczas procedury kiretażu otwartego, wówczas zalecane są krótkie impulsy od 60 do 120 μs . Przy takich ustawieniach działanie termiczne jest niezwykle słabe, a tym samym nie należy oczekiwać uszkodzeń termicznych. Krwawienie pooperacyjne jest minimalne, a rany goją się bez komplikacji. Lasery Er,Cr:YSGG również należą do kategorii laserów erbowych i mogą być stosowane w procedurach kiretażu otwartego. Jednakże trzeba zaznaczyć, że absorpcja ich promieniowania w wodzie jest wykładniczo dwa do trzech razy niższa niż w przypadku laserów Er:YAG. Ich oddziaływanie termiczne na tkankę jest o wiele wyższe, jeżeli nie są stosowane zgodnie z instrukcją użytkowania.

IMPLANTOLOGIA

Dostępnych jest kilka opcji wyboru długości promieniowania laserowego przeznaczonego do odsłonięcia implantów. Pierwsza długość promieniowania laserowego lasera CO₂ zastosowana do odsłonięcia implantów wynosiła 10,6 μm , chociaż niewielką wadą było zwęglenie powierzchni tkanki. Alternatywnie można zastosować lasery diodowe o długości fali 810 nm i 980 nm, mimo że uszkodzona powierzchnia jest większa niż w przypadku laserów CO₂. Bardzo dobre wyniki uzyskuje się za pomocą laserów Er:YAG, jeżeli system laserowy daje możliwość zmiany czasu trwania impulsów lub jeżeli można użyć specjalnej końcówki chirurgicznej. Stosując ustawienia czasu trwania impulsu między 800 a 1000 μs , interakcje z tkankami prowadzą do silniejszych efektów cieplnych. Umożliwia to zamknięcie mniejszych naczyń krwionośnych bez pozostawienia obszarów zwęglonej lub martwiczo zmienionej tkanki. Podczas gdy skłonność do niewielkiego krwawienia z większych naczyń krwionośnych utrzymuje się, w rzeczywistości prowadzi to do szybszego gojenia się ran, mniejszego obrzęku w okresie pooperacyjnym oraz do mniej nasilonego stanu zapalnego w obrębie rany, w porównaniu do laserów diodowych i laserów CO₂. Uwzględniając fizjologiczne aspekty gojenia się ran, lasery Er:YAG są idealną opcją służącą do odsłonięcia implantów. W przypadku laserów CO₂, Er:YAG i Er,Cr:YSGG nie dochodzi do uszkodzenia implantów, ponieważ stosowane tutaj długości fali promieniowania laserowego cechują się większym odbiciem, a tym samym niemalże zerową absorpcją w obrębie powierzchni metalowych. Lasery impulsowe Nd:YAG nie nadają się do odsłaniania implantów.

ZAPALENIE TKANEK WOKÓŁ IMPLANTÓW

Leczenie stanu zapalnego tkanek wokół implantów wykonywane jest w podobny sposób do otwartego i zamkniętego kiretażu w periodontologii. W tym wskazaniu można stosować zarówno laser Nd:YAG jak i lasery diodowe. Większość badań dotyczących takiego leczenia opiera się na laserze diodowym 810 nm.

Najlepszą procedurą nadającą się do terapii dużych ubytków jest jednak odsłonięcie implantu, objętego procesem zapalnym. Wyłącznie po uzyskaniu warunków dobrej widoczności możliwe jest całkowite usunięcie ziarniny i zakażonej tkanki.



Rys. 5 Usunięcie blaszki zbitej kości zębodołu laserem Er:YAG w celu uwidocznienia wierzchołków korzeni



Rys. 6 Resekcja wierzchołka korzenia za pomocą lasera Er:YAG



Rys. 7 Usunięcie ziarniny laserem Er:YAG; w następnej kolejności przeprowadzono redukcję liczby drobnoustrojów na głębokości tkanki kostnej lub jamy resekcyjnej laserem Nd:YAG



Rys. 8 Stan bezpośrednio po zakończeniu resekcji wierzchołka korzenia

Co istotniejsze, to jedyny sposób, w jaki można uzyskać dostęp do zainfekowanych tkanek wokół skomplikowanej struktury implantu. Idealną opcją jest zastosowanie laserów Er:YAG o krótkich

impulsach. Im krótsze impulsy, tym łatwiej usunąć ziarninującą tkankę, aby bezproblemowo wyczyścić powierzchnię implantu. Stosując impulsy o czasach trwania między 60 μ s a 200 μ s oraz bardzo niskie wartości energii, zakażona tkanka zostanie skuteczniej wyczyszczona. Równie dobre wyniki uzyskuje się za pomocą laserów Er,Cr:YSGG.

CHIRURGIA TKANEK MIĘKKICH

Do wykonywania cięć w tkankach miękkich, np. przy nacinaniu ropnia, gdy wymagane jest sterylne cięcie z jak najniższym krwawieniem, można zastosować obydwa lasery diodowe o długości fali 810 i 980 nm oraz laser impulsowy Nd:YAG.

Procedury chirurgiczne wykonywane w tkankach miękkich wymagają dużej ostrożności. Do frenulektomii (zabiegu podcięcia wędzidełek warg, policzków lub języka) bardzo dobrze nadają się laser diodowy o długości fali 810 nm i lasery CO₂. Należy zachować ostrożność, stosując lasery Nd:YAG i laser diodowy o długości fali 980 nm, ponieważ silniejsze oddziaływanie cieplne tych długości promieniowania laserowego (< 100 μ s) może bardzo często prowadzić do powstania martwicy.

Systemy laserowe Er:YAG umożliwiające wprowadzenie ustawień bardzo długich czasów trwania impulsu (> 700 μ s) również nadają się do frenulektomii oraz ogólnie do innych procedur chirurgicznych. Laser Er,Cr:YSGG oraz podstawowe systemy laserowe Er:YAG można stosować też w chirurgii tkanek miękkich, ale wyłącznie ze specjalną końcówką chirurgiczną.

Różnica między laserami CO₂ i laserami o długich impulsach Er:YAG wynika z ich odmiennych współczynników absorpcji. Promieniowanie laserów Er:YAG jest o wiele silniej pochłaniane w wodzie, tzn. tkanki miękkie są już zaizolowane przez interakcję wiązki lasera z wodą w obrębie komórek, bez konieczności silnego efektu cieplnego. Dochodzi do mikropęknięć, a następnie do krwawienia. Natomiast lasery CO₂ cechują się bardzo wysoką absorpcją promieniowania na powierzchni tkanek. Ze względu na inny tryb działania tych laserów – w głównej mierze praca w trybie fali ciągłej – efekty termalne są bardziej wyraźne w górnych warstwach tkankowych, a słabiej w głębszych niż w przypadku laserów Er:YAG. Prowadzi to do zwęglenia górnych warstw tkanek, mimo że krwawienie jest mniej nasilone. Aplikując bardzo długie czasy trwania impulsów, systemy laserowe Er:YAG mogą być bardzo dobrą alternatywą, jako że efekt cieplny jest silniejszy, a tym samym zamknięte są mniejsze naczynia krwionośne. Krwawienie ulega zmniejszeniu, a nie całkowitej eliminacji, co z kolei prowadzi do szybszego gojenia się.

DYSKUSJA

Nadrzędne znaczenie, zwłaszcza w medycynie i stomatologii, ma głębokość penetracji lasera. Byłoby jednak błędem opierać ocenę wyłącznie na głębokości penetracji. Powinna być ona zawsze postrzegana łącznie z odpowiednią długością promieniowania laserowego. Należy także uwzględnić rodzaj tkanki, która ma być poddana terapii. Ogólnie głębokość penetracji utrzymywana jest na minimalnym poziomie poprzez dopasowanie długości promieniowania laserowego do tkanki docelowej. Istnieje jeden znaczący wyjątek, gdzie pożądana jest odpowiednia wartość transmisji – to sytuacja, gdy konieczne staje się leczenie zakażonych tkanek twardych w kanale korzenia zęba lub zainfekowanego materiału kostnego. W takim przypadku wymagana jest redukcja liczby drobnoustrojów w głębszych warstwach, we wszystkich innych absorpcja promieniowania laserowego w tkance powinna być możliwie jak najwyższa. Im większa głębokość penetracji, tym gorsza możliwość kontroli efektu termicznego w głębszych warstwach tkankowych, a tym samym wyższe ryzyko zmian martwiczych.

Powszechnie znane i często powtarzane przekonanie, że promieniowanie laserów Nd:YAG cechuje się najwyższymi głębokościami penetracji w tkankach miękkich, jest jedynie w części prawdziwe. Faktem jest, że wiązki laserów Nd:YAG miałyby niezwykle dużą głębokość penetracji, gdybyśmy

zastosowali zwykłe lasery przemysłowe w trybie działania fali ciągłej i bezkontaktowej aplikacji mocy wiązki lasera. Systemy laserowe Nd:YAG, wdrożone do zastosowań w stomatologii przez różnych producentów, są laserami impulsowymi Nd:YAG z ciągłym trybem pracy. Czas trwania impulsów leży w zakresie od 90 μ s do 150 μ s, a energia laserowa dostarczana jest do tkanki docelowej światłowodem lub poprzez bezpośredni kontakt światłowodu z tą tkanką. Tym samym udaje się istotnie zredukować głębokość penetracji. Profesor dr Joel White z University of California w San Francisco (UCSF), USA, przeprowadził bardzo rozbudowane badania, które poświadczają te spostrzeżenia – badanie prowadzone przez RWTH w Aachen potwierdza, że ciągle impulsy lasera Nd:YAG cechują się głębokością penetracji w zakresie od około 0,1 mm do 0,3 mm, podczas gdy tryb fali ciągłej lasera Nd:YAG wykazuje głębokość penetracji do 6 mm.

W przypadku laserów diodowych częstotliwość i czas trwania impulsu specyficznie zależą od obszaru, w którym się je stosuje. Z zasadniczego, techniczno-fizycznego punktu widzenia lasery diodowe generują wiązkę promieniowania ciągłego i tym samym są laserami o fali ciągłej. Jeżeli system z laserem diodowym może generować wiązkę w postaci impulsów, czyli przerywaną wiązkę laserową, określa się go wówczas jako impulsowy laser diodowy. Impulsacja uzyskiwana jest za pomocą elektronicznego przełączenia lasera na stan włączony (on) i wyłączony (off). Trzeba zrozumieć, że dzięki tej metodzie nie zwiększa się moc lasera w obrębie impulsu, wynosząc kilkanaście Watów. Z drugiej strony impulsowe systemy laserowe z ciągłym trybem pracy generują moc o wysokiej wartości szczytowej, gdzie wartości mocy poszczególnych impulsów mogą osiągać poziom kilku tysięcy Watów. W ten sposób możliwe staje się dostarczanie wymaganej energii do tkanki docelowej, zanim zaaplikowana energia cieplna zdąży ulec dyssypacji (rozproszeniu) w miejscu poddawanych terapii. Lasery Nd:YAG z trybem pracy ciągłej w przypadku tego samego zamierzonego efektu są mniej szkodliwe dla otaczającego obszaru nie poddawanemu terapii.

Pomimo że nie przeprowadzono żadnych badań porównawczych, oceniających konieczność schładzania za pomocą rozpylacza wodnego w procedurach wykonywanych za pomocą lasera diodowego, to z biofizycznego punktu widzenia można stwierdzić, że rozpylacz wodny mógłby przynieść efekt odwrotny do zamierzonego. Woda dobrze przewodzi ciepło i usuwa nadmiar energii cieplnej. W tym przypadku efekt cieplny jest właściwie działaniem pożądanym. Chłodzenie warstw powierzchniowych tkanki wiąże się z ryzykiem wywołania martwicy głębiej położonych warstw tkanki. Nie należy zatem stosować rozpylaczy wodnych podczas wykonywania procedur z użyciem laserów diodowych.

WNIOSKI

Jako podsumowanie w tabeli poniżej umieszczono przegląd laserów z wyboru, przeznaczonych do specyficznych zastosowań w stomatologii.

Lasery z wyboru w zależności od obszaru zastosowania
ENDODONCJA – redukcja liczby drobnoustrojów
1. Impulsowy laser Nd:YAG
2. Laser diodowy o długości fali 810 nm
3. Laser diodowy o długości fali 980 nm
Lasery Er:YAG i Er,Cr:YSGG przeznaczone do usuwania płytki bakteryjnej i innych tkanek
PERIODONTOLOGIA – kiretaż zamknięty

1. Impulsowy laser Nd:YAG
2. Laser diodowy o długości fali 810 nm
3. Laser diodowy o długości fali 980 nm
4. Laser Er:YAG ze specjalną końcówką PA
PERIODONTOLOGIA – kiretaż otwarty
1. Laser Er:YAG
2. Laser CO ₂
3. Laser Er,Cr:YSGG
IMPLANTOLOGIA – odsłanianie implantu
1. Laser Er:YAG o zmiennym czasie trwania impulsów lub z końcówką chirurgiczną
2. Laser CO ₂
3. Lasery diodowe
IMPLANTOLOGIA – zapalenie tkanek wokół implantu (otwarte)
1. Laser Er:YAG z krótkimi impulsami
2. Er,Cr:YSGG
3. Laser CO ₂ (ograniczenia)
CHIRURGIA TKANEK MIĘKKICH (frenulektomia)
1. Laser Er:YAG o długich impulsach
2. Laser Er,Cr:YSGG
3. Laser Er:YAG ze specjalnymi końcówkami chirurgicznymi i normalnym czasem trwania impulsu
lub
1. Laser diodowy o długości fali 810 nm
2. Impulsowy laser Nd:YAG (ograniczenia)
3. Laser diodowy o długości fali 980 nm (ograniczenia)

Piśmiennictwo

...



Prof. dr n. med. Norbert Gutknecht

Od 1992 roku prof. dr n. med. Norbert Gutknecht jest przewodniczącym Aachen Research Institute for Lasers in Dentistry (AALZ – Naukowego Instytutu Badań Wykorzystania Laserów w Stomatologii) w Klinice Stomatologii Zachowawczej, Periodontologii i Stomatologii Profilaktycznej w Szpitalu Uniwersyteckim RWTH w Akwizgranie w Niemczech. Jest również współzałożycielem i przewodniczącym Niemieckiego Towarzystwa Stomatologii Laserowej (DGL) oraz Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego Międzynarodowego Towarzystwa ds. Laserów w Stomatologii – ISLD. Jako redaktor pisma Laser in Medical Science (Lasery w Naukach Medycznych) oraz jako profesor wizytujący na Uniwersytecie w Nicei i w Sao Paulo ma ustaloną pozycję eksperta w stomatologii laserowej. Prowadzone przez niego krajowe i międzynarodowe warsztaty dotyczące wskazań oraz oczekiwań związanych z terapią laserową w stomatologii odwiedzają całe rzesze uczestników.

WYJAŚNIENIE

Zamiarem niniejszej publikacji Laser and Health Academy (Akademia Zdrowia i Wykorzystania Laserów) jest ułatwienie wymiany informacji dotyczących opinii, wyników badań i doświadczeń klinicznych wśród społeczności stosującej lasery medyczne. Za zawartość niniejszej publikacji pełną odpowiedzialność ponoszą wyłącznie autorzy i nie może być ona w żadnym przypadku uważana za oficjalną informację producentów wyrobów medycznych na temat produktu. Jeżeli pojawią się jakiegokolwiek wątpliwości, należy sprawdzić wraz z producentem, czy określony produkt lub zastosowanie zostały zatwierdzone lub otrzymały zezwolenie na wprowadzenie do obrotu w Państwa kraju.

Dystrybucja laserów FOTONA w Polsce:

BTL Polska Sp. z o.o.

ul. Leonidasa 49

02-239 Warszawa

tel. 022 667 02 76, 022 822 42 51

fax 022 667 95 39

btlnet@btlnet.pl

www.btlnet.pl