

Zasady bezpiecznej pracy laserami stomatologicznymi

Renata Samulak-Zielińska¹, Mariusz Suwała², Janina Czurylszkiewicz-Cyran¹,
Elżbieta Dembowska¹

The basics of safe work with dental lasers

Praca recenzowana

¹Zakład Periodontologii Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie

²Studium Doktoranckie przy Zakładzie Periodontologii PUM w Szczecinie
Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. Elżbieta Dembowska, prof. PUM

Adres do korespondencji: dr n. med. Renata Samulak-Zielińska

Zakład Periodontologii PUM

al. Powstańców Wielkopolskich 72, blok XVIII

70-111 Szczecin

e-mail: zperio@pum.edu.pl

Streszczenie

Lasery stomatologiczne umożliwiają podwyższenie standardu postępowania leczniczego, oferując wiele korzyści zarówno pacjentowi, jak i lekarzowi, jednak nieumiejętne posługiwanie się nimi może prowadzić do nieodwracalnych i ciężkich powikłań, a także być źródłem niebezpiecznych wypadków. W pracy przedstawiono zasady bezpiecznego posługiwania się urządzeniami laserującymi. Przedstawiono zagrożenia dla wzroku, skóry i innych tkanek, ryzyko związane z uwalnianym dymem i oparami podczas pracy laserem, zagrożenia pożarowe i elektryczne oraz sposoby zapobiegania wypadkom i powikłaniom, ze szczególnym uwzględnieniem roli inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego.

Abstract

Dental lasers enable improved standards of treatment that offer many treatment procedures with many advantages both for the patient as well as the dentist. Their incompetent use, however, may lead to irreversible changes and severe complications and can also be a source of dangerous accidents. The study describes the basics of using laser equipment. A presentation is given about the dangers to sight, skin and other tissues, the risks connected with smoke and vapours during work with lasers, dangers with fire and electricity. Ways of prevention of accidents and complications are described with particular attention to the role of the laser safety officer.

Hasła indeksowe: lasery stomatologiczne, powikłania, bezpieczeństwo pracy

Key words: dental lasers, complications, safety

Wstęp

W związku z rosnącą popularnością urządzeń laserowych w stomatologii oraz coraz szerszym ich stosowaniem warto przypomnieć najważniejsze zasady bezpiecznej pracy z tymi urządzeniami. Lasery stomatologiczne umożliwiają podwyższenie standardu postępowania leczniczego, oferując wiele korzyści zarówno pacjentowi, jak i lekarzowi, jednak nieumiejętne posługiwanie się nimi może prowadzić do nieodwracalnych i ciężkich powikłań, a także być źródłem niebezpiecznych wypadków przy pracy. Posługiwanie się urządzeniem zgodnie z instrukcją obsługi, a także nieprzekraczanie zalecanych dawek promieniowania zapewnia bezpieczeństwo pracy.

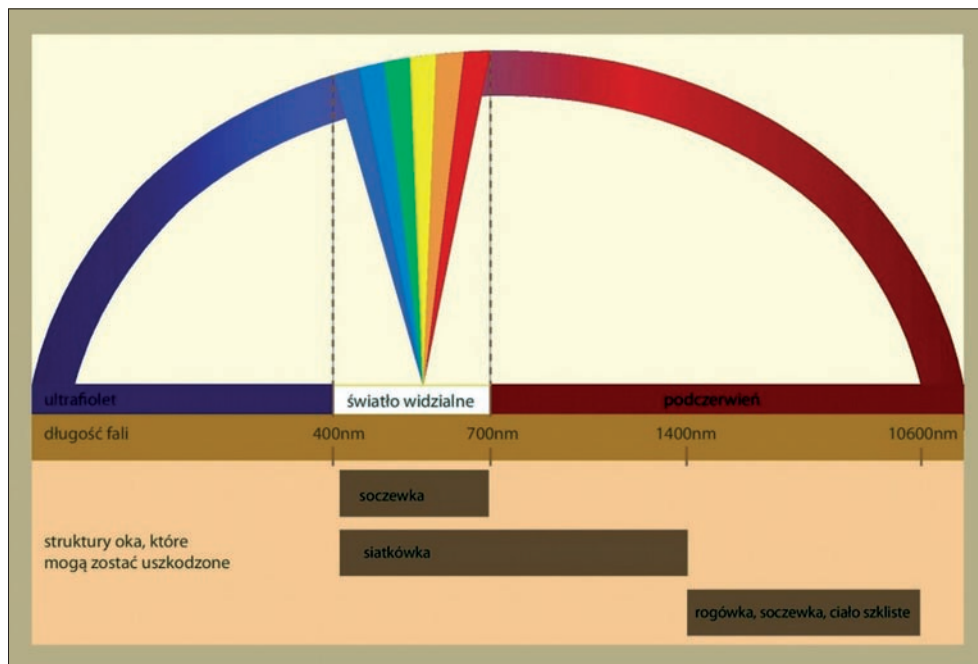
Lasery stosowane w stomatologii należą do najwyższych, czyli najbardziej niebezpiecznych klas – III i IV. Lasery III klasy są niebezpieczne dla oczu i skóry przy bezpośredniej ekspozycji na promieniowanie. Zazwyczaj promieniowanie odbite nie stwarza zagrożenia. Do tej klasy zalicza się lasery o mocy do 0,5 W. Należą tu głównie lasery biostymulujące. Z kolei urządzenia laserowe o mocy powyżej 0,5 W w trybie pracy ciągłej lub powyżej 10 J/cm² w impulsie są zaliczane do IV klasy bezpieczeństwa. Zarówno promieniowanie bezpośrednie, jak i od-

bite stwarzają zagrożenie dla oczu i skóry, mogą też być źródłem pożaru (1, 2).

Maksymalna dopuszczalna ekspozycja (MDE) to najwyższa dawka promieniowania niepowodująca obrażeń oczu i skóry. Jej wartość zależy od długości fali promieniowania laserowego, czasu i trybu pracy urządzenia, obecności promieniowania odbitego oraz rodzaju narażonych tkanek, natomiast niebezpieczną przestrzeń wokół pracującego urządzenia laserowego określa się mianem nominalnej strefy zagrożenia (ang. nominal hazard zone, NHZ), ponieważ dawki MDE są tu przekroczone. Na tym obszarze istnieje zagrożenie uszkodzenia wzroku i skóry. Dla większości urządzeń stosowanych w stomatologii nominalna strefa zagrożenia jest zbliżona do okręgu o promieniu 3 metrów. Ze względu na występujące różnice jej wielkość należy jednak każdorazowo sprawdzić w instrukcji obsługi. Największym zagrożeniem związanym z pracą urządzeniem laserowym jest ryzyko uszkodzenia wzroku pacjenta oraz personelu medycznego (3).

Zagrożenia dla wzroku

W zależności od długości fali promieniowania uszkodzeniu mogą ulec różne struktury oka (ryc. 1). Promieniowanie w zakresie 400-1400 nm (lasery diodowe i neodymowo-yagowe) może uszkodzić siatkówkę, powodując całkowitą ślepotę, jeżeli zmiany obejmą dołek środkowy. W przypadku uszkodzenia czopków dochodzi do ślepoty w jednym zakresie barwy. Jeśli promieniowanie dotknie peryferyjnych obszarów siatkówki, zmiany mogą pozostać niezauważalne. Promieniowanie z zakresu 700-1400 nm (lase-



Ryc. 1. Możliwe uszkodzenie struktur oka w zależności od długości fali promieniowania laserowego.

ry diodowe i neodymowo-yagowe) powoduje dodatkowo uszkodzenie soczewki. Z kolei promieniowanie 1400-10600 nm powoduje uszkodzenia rogówki, soczewki i ciała szklistego, prowadząc m.in. do zaćmy (3, 4). Zabezpieczenie przed tak groźnymi skutkami promieniowania laserowego stanowią okulary ochronne. Ich stosowanie sprawia, że niebezpieczne promieniowanie jest zredukowane do bezpiecznego poziomu. Nigdy jednak nie należy patrzeć w źródło promieniowania laserowego.

Okulary ochronne

Okulary ochronne są dostarczane przez producenta wraz z zakupionym urządzeniem. Na oprawkach są oznaczone długości fali, dla których okulary pełnią funkcje ochronną. Jeżeli są to dwie wartości – jedna pod drugą, to okulary są przeznaczone wyłącznie dla tych dwóch długości fal. Jeżeli wartości te są oddzie-

lone myślnikiem, to okulary pełnią swoją funkcję w tym zakresie promieniowania (ryc. 2). Należy zwrócić na to uwagę, ponieważ okularów nie można stosować wymiennie dla różnych urządzeń laserowych bez sprawdzenia tych wartości.

Kolejnym oznaczeniem jest gęstość optyczna (ang. optical density – OD) oznaczająca zdolność do redukcji energii promieniowania do poziomu poniżej MDE. Za-



Ryc. 2. Okulary ochronne z oznaczeniami filtrów dla długości fali promieniowania.

leca się okulary, dla których wartość jest równa bądź wyższa od 5. Następną istotną wartością jest DIN (ang. direct impact number) świadcząca o możliwości redukcji energii promieniowania poniżej MDE w ciągu 10 sekund dla laserów pracujących w trybie pracy ciągłej i w czasie 100 pulsów dla laserów pracujących w trybie pracy pulsacyjnej. Zalecana wartość również wynosi więcej niż 5. Ponadto na okularach umieszcza się oznaczenia DIR, które świadczą o tym, wobec jakiego trybu pracy lasera okulary są skuteczne. D oznacza tryb pracy ciągłej, I – impulsowej, a R – tryb Q-switch.

Kolor filtrów w okularach ochronnych jest dobierany do zakresu promieniowania lasera. Należy zwrócić uwagę, aby przez okulary przeznaczone dla lekarza była wyraźnie widoczna wiązka pilotująca. Często filtry wobec wiązki pilotującej są również stosowane w okularach dla pacjenta. Pomyłkowa zamiana okularów prowadzi do tego, że lekarz nie widzi pracy lasera. Okulary powinny również przepuszczać 20% światła widzialnego. Boczne osłonki chronią przed promieniowaniem odbitym, ale mogą prowadzić do zaparowania, dlatego istotna jest obecność porów wentylacyjnych. Okulary należy chronić przed zarysowaniami i pęknięciami, gdyż uszkodzenia tego typu powodują, że nie są one skuteczną ochroną. Ponadto filtry łatwo można uszkodzić środkami dezynfekującymi, dlatego należy myć je w mydle antybakteryjnym i wycierać bawełnianymi ręcznikami, a przechowywać w specjalnych futerałach. Pacjent powinien być pierwszą osobą, która zakłada okulary ochronne, jeszcze przed podłączeniem urządzenia do zasilania. Powinien być również ostat-

nią osobą, która okulary zdejmuje (1, 2, 5, 6).

Nie wolno kierować promieniowania ku drzwiom wejściowym na poziomie linii wzroku, aby nie spowodować obrażeń u osoby przypadkowo wchodzącej do gabinetu. Dobrym zabezpieczeniem jest *interlock*, czyli system, który uniemożliwia otwarcie drzwi gabinetu, gdy laser pracuje (7). Drzwi do gabinetu należy również oznaczyć symbolami ostrzegawczymi (8) (ryc. 3). W gabinecie nie powinny przebywać osoby, które stosują leki rozszerzające źrenice (np. atropina), pomieszczenie zaś musi być dobrze oświetlone, aby zapobiec rozszerzeniu źrenic. Rozszerzone źrenice pozbawiają oko pewnych reakcji obronnych (2). Ochronę oczu warunkuje również stosowanie matowych narzędzi w polu zabiegowym. Polecane są narzędzia oksydowane, węglowe, ebonitowe. Lusterka nie mogą być szklane. Powinny być wykonane z rodu lub stali nierdzewnej. Przeciwwskazane jest noszenie biżuterii w sali zabiegowej. Ściany gabinetu powinny być matowe. Dla la-



Ryc. 3. Symbole ostrzegawcze na drzwiach gabinetu, w którym pracuje się laserem.

serów neodymowo-yagowych oznacza to obecność zagłębień większych niż 4 μm , a laserów dwutlenkowo-węglowych większych niż 40 μm . Ponadto istnieje możliwość odbicia promieniowania od powierzchni szkliska, zębiny, uzupełnień protetycznych, w tym koron metalowych, porcelanowych, a także amalgamatów i wypełnień kompozytowych, dlatego należy osłonić nieoperowane miejsca w jamie ustnej kompresami gazowymi zwilżonymi w roztworze fizjologicznym soli (7, 9).

Ryzyko uszkodzenia skóry

Praca urządzeniem laserującym jest związana z ryzykiem uszkodzenia skóry i tkanek w pobliżu operowanego miejsca. Zakres uszkodzenia wynika z parametrów pracy lasera oraz czasu ekspozycji, dlatego zaleca się stosowanie najniższych skutecznych dawek i nieprzekraczanie czasu pracy. Możliwe jest powstanie rumienia, oparzenia, zwęglenia, a nawet martwicy tkanek. Istotne jest, aby pacjent utrzymywał stabilną pozycję ciała, a lekarz w sposób pewny prowadził promień lasera, stosując podparcie ręki. Należy poinformować pacjenta, by nie wykonywał gwałtownych ruchów w trakcie zabiegu, dlatego ze względów bezpieczeństwa może być niemożliwe przeprowadzenie zabiegu u pacjentów ze schorzeniami układu nerwowego, zaburzeniami psychicznymi lub u „niewspółpracujących” dzieci. Okolice operowanego miejsca należy obłożyć kompresami gazowymi zwilżonymi w roztworze fizjologicznym soli. Należy bezwzględnie kontrolować przebieg promienia laserowego, aby po odcięciu fragmentu tkanek promień nie przeszedł „na wylot”, uszkadzając tkanki od-

dalone od operowanego miejsca (5, 10). Ważne jest, aby wiedzieć, że przy wydłużonej w czasie pracy laserów diodowych i neodymowo-yagowych dochodzi do kumulacji ciepła w tkankach głębiej położonych. Prowadzi to do istotnych powikłań w postaci martwicy. Zjawisko to jest dość często obserwowane jako konsekwencja przedłużającej się w czasie frenuloplastyki czy westibuloplastyki wykonywanej wyłącznie laserem diodowym. W kilka dni po zabiegu dochodzi do wydzielania się martwaków kostnych. Powikłania tego można uniknąć, stosując tzw. techniki łączone – kojarząc konwencjonalną chirurgię z pracą laserem (11).

Inne możliwe zagrożenia związane z pracą laserem

Skutkiem ubocznym pracy laserów jest powstanie oparów i dymu, które mogą być niedostrzegalne gołym okiem. Zawierają jednak substancje drażniące drogi oddechowe, produkty toksyczne (m.in. benzen, toluen, formaldehyd, metan, cyjanowodor, aldehyd octowy) oraz wirusy, bakterie i komórki nowotworowe (6, 12). Dlatego zaleca się stosowanie ssaków i ewakuatorów dymu o minimalnej mocy 1,12 m³/minutę. Dysza takiego urządzenia powinna się znajdować w odległości 1-2 cm od operowanego miejsca. Dodatkową ochronę personelu medycznego pod tym względem stanowią maseczki chirurgiczne, które powinny mieć możliwość filtracji cząstek o wielkości 0,1 μm w 95% (7). W bezpośrednim sąsiedztwie (to jest w odległości nominalnej strefy zagrożenia) nie powinny się znajdować materiały łatwopalne.

Zagrożenie pożarowe minimalizują: większa niż 30% wilgotność powietrza oraz temperatura nieprzekraczająca 25°C. Ze względów bezpieczeństwa nie należy stosować alkoholu do dezyn-

fekcji pola zabiegowego. Przeciwwskazane jest również stosowanie wazeliny ochronnej. Urządzenie laserowe powinno być oddalone od ściany o co najmniej 20 cm i podłączone do gniazdka elektrycznego z uziemieniem, które uprzednio zostało sprawdzone przez elektryka z odpowiednimi uprawnieniami. W przypadku obecności systemów chłodzenia wodnego w urządzeniu laserującym należy przestrzegać zasady, iż elementy zawierające wodę nie powinny się krzyżować z przewodami elektrycznymi (2, 13).

Zadania inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego

Istotną rolę w praktykach stomatologicznych, w których stosuje się urządzenia laserujące, pełni inspektor do spraw bezpieczeństwa laserowego (ang. LSO – laser safety officer). Funkcją tę może sprawować asystentka, higienistka stomatologiczna lub lekarz. Obowiązkiem LSO jest nadzór nad stosowaniem środków bezpieczeństwa. Osoba ta zapoznaje się z instrukcją obsługi oraz sposobami konserwacji, dezynfekcji i sterylizacji sprzętu. Szkoli pozostałe osoby z personelu z zakresu bezpieczeństwa pracy urządzeniami laserującymi. Kontroluje stan okularów ochronnych, rozmieszcza symbole ostrzegawcze oraz prowadzi system zgłaszania wypadków. Ma również prawo i obowiązek przerwania procedury medycznej, jeżeli jest przeprowadzana niezgodnie z zasadami bezpieczeństwa (1, 14).

Przed przystąpieniem do pracy laserem należy sprawdzić na czystej kartce papieru poprawność ustawienia wiązki promieniowania. Promień lasera pilotującego powinien mieć kształt zbliżony do koła lub elipsy, a jego intensywność powinna być wyraźnie widoczna gołym okiem. Najczęstszą przyczyną odstępstw od normy w tym zakre-

Lignina - wata celulozowa
Matocell
w zwoju
150 g



1.90
zł

Sporal A 1 szt.



4.70
zł

Suchy lód



1.70
zł

Szczotka do
czyszczenia wiertel
1 szt.



5.90
zł



Ryc. 4. Sterownik nożny z osłoną.



Ryc. 5. Przycisk STOP do awaryjnego przerywania pracy urządzenia (rzut z góry na obudowę urządzenia, strzałką oznaczono przycisk STOP).

sie jest zniszczenie lub zabrudzenie światłowodu bądź nasadki (15). Ze względów bezpieczeństwa urządzenia laserujące mają fabrycznie wbudowane zabezpieczenia chroniące przed przypadkowym uruchomieniem lasera, takie jak: zabezpieczony hasłem dostęp do urządzenia, klucz do jego uruchamiania, sterownik nożny z osłoną zabezpieczającą przed przypadkowym naciśnięciem (ryc. 4), przycisk „stop” – umieszczony w łatwo dostępnym miejscu na obudowie urządzenia laserującego, umożliwiające natychmiastowe zatrzymanie pracy lasera w sytuacjach nagłych (7, 16) (ryc. 5).

Przeprowadzenie prac konserwacyjnych i kontroli pod kątem bezpieczeństwa elektrycznego i laserowego przez producenta lub autoryzowanego przedstawiciela jest zalecane co roku. Protokół kontroli lub ewentualnych napraw należy przechowywać wraz z dokumentacją urządzenia. Naprawa urządzenia laserującego powinna być przeprowadzana przez osoby do tego uprawnione za pomocą oryginalnych części zamiennych. W przeciwnym razie istnieje ryzyko zwiększenia promieniowania i zmniejszenia odporności na uszkodzenia. Jeżeli zajdzie konieczność utylizacji urządzenia, na-

leży je przekazać w miejsce składowania zużytych urządzeń elektrycznych po poprzedniej dezynfekcji i sterylizacji, wraz z pisemnym potwierdzeniem producenta lub autoryzowanego przedstawiciela o jego nieprzydatności do dalszego bezpiecznego użytkowania. Procedura utylizacji lasera jest procedurą prawną realizowaną na podstawie Dyrektywy Unijnej 2003/108/EC i Ustawy o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym. Obowiązek jej opłacenia spoczywa na właścicielu urządzenia, który powinien przechowywać dokumentację utylizacji na wypadek kontroli (9, 15).

Podsumowanie

Świadomość zagrożeń oraz wiedza z zakresu bezpieczeństwa pracy urządzeniami laserowymi umożliwiają efektywną pracę i minimalizują ryzyko wypadków i powikłań. Przestrzeganie właściwych procedur postępowania umożliwia uniknięcie wielu potencjalnych komplikacji związanych z pracą laserami w stomatologii.

PIŚMIENNICTWO

1. Parker S.: Laser regulation and safety in general dental practice. *Br. Dent. J.*, 2007, 202, 523-532.
2. Moritz A.F., Beer F., Goharkhay K. i wsp.: Oral Laser Application. Quintessence Publ. Co, 2006, 59-73.
3. Janas A., Brudzyńska D.: Zagrożenie powodowane promieniowaniem laserowym. *E-dentico*, 2010, 10, 64-69.
4. Szymańska J.: Work-related vision hazards in the dental office. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 2000, 7, 1-4.
5. Miserendino L.J., Pick R.M.: Lasers in dentistry. Quintessence Publ. Co, 1995, 85-101.
6. Wójtowicz J.: Laser w otolaryngologii – podstawy fizyczne, wskazania i bezpieczeństwo. *Postępy w chirurgii głowy i szyi*, 2004, 2, 3-14.
7. Sweeney C. i wsp.: Laser safety in dentistry: a position paper. *J. Laser Dent.*, 2009, 17, 39-49.
8. Gupta S., Khatoon R.: Update on safety measures in laser dentistry. *JDMS*, 2015, 11, 123-126.
9. Mary S.: Laser safety: practical measures and latest legislative requirements. *J. Period. Pract.*, 2011, 21, 299-303.
10. Owczarek G., Wolska A.: Aspekty bezpieczeństwa przy obsłudze urządzeń laserowych. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*, 2008, 11, 2-5.
11. Medeiros Júnior R., Gueiros L.A., Silva I.H. i wsp.: Labial frenectomy with Nd:YAG laser and conventional surgery: a comparative study. *Lasers Med. Sci.*, 2015, 2, 851-856.
12. Bigony L.: Risk associated with exposure to surgical smoke plume: a review of the literature. *AORN J.*, 2007, 86, 1013-1024.
13. Dave R., Mahaffey P.J.: The control of fire hazard during cutaneous laser therapy. *Lasers Med. Sci.*, 2002, 17, 6-8.
14. Rice J.H.: Laser safety officer: a vital role for dental assistants. *Dent. Assist.*, 2005, 74, 26-27.
15. Dembowska E.: Lasery w stomatologii. Wyd. Czelej, Lublin 2015, 407-420.
16. Singh S., Kapoor D., Gambhir R.S. i wsp.: Safety concerns regarding the use of dental lasers. *Int. J. Laser Dent.*, 2012, 2, 35-40.