Renata Chałas

4. LASER JAKO NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE W WYKRYWANIU PRÓCHNICY

Wykorzystanie laserów we współczesnej stomatologii staje się coraz częściej standardem zarówno w postępowaniu diagnostycznym, jak i leczniczym w praktyce lekarza dentysty. Szczególnie interesująca wydaje się być problematyka zastosowania lasera w diagnostyce próchnicy. Obecnie pomimo dużego postępu w stomatologii ogniska próchnicowe wykrywane są najczęściej tradycyjnymi metodami wizualno-dotykowymi. Równie często wykorzystywana jest diagnostyka radiologiczna. Wobec niewspółmiernego rozwoju technik diagnostycznych w stomatologii w stosunku do postępu, jaki nastąpił w stomatologii odtwórczej czy endodoncji, duże nadzieje upatruje się w technikach laserowych, których dynamiczny rozwój możemy zaobserwować w ostatnich latach.

4.1. Podstawy fluorescencji laserowej

Fluorescencja jest to emisja promieniowania elektromagnetycznego z badanej próbki, np. tkanki zęba. Gdy promieniowanie elektromagnetyczne generowane jest przez laser, mówimy o fluorescencji wzbudzonej (indukowanej) promieniem laserowym – LIF (ang. *laser-induced fluorescency*). Fluorescencja laserowa jest głównym zjawiskiem fizycznym wykorzystywanym w urządzeniach diagnostyczno-laserowych, uaktywniającym się podczas ekspozycji na światło laserowe organicznych i nieorganicznych składników tkanek zęba w procesie próchnicowym oraz produktów przemiany bakterii. Obecność zdemineralizowanych tkanek oraz porfiryn bakteryjnych w obszarze zmiany próchnicowej powoduje zwrotną emisję promieniowania. Należy jednak pamiętać o tzw. przesunięciu Stokesa, gdzie długość fali promieniowania fluorescencyjnego (wyemitowanego światła) jest dłuższa od długości fali wzbudzającej fluorescencję (fali zaabsorbowanej). Wynika to z degradacji części energii podczas przejść termicznych i bezpromienistych [1].

Fluorescencja twardych tkanek zęba jest badana od wielu lat. Rozróżnia się 3 typy fluorescencji: niebieską, pomarańczową i żółtą. Niebieska fluorescencja wzbudzana jest w bliskim ultrafiolecie, żółta i pomarańczowa w bliskiej podczerwieni i dalekiej czerwieni. Tkanki zęba wykazują różną fluorescencję w zależności od budowy i stanu zaawansowania procesu próchnicowego. Szkliwo i zębina bez zmian patologicznych wykazują naturalną autofluorescencję. Zmiany próchnicowe, płytka nazębna oraz drobnoustroje zawierają substancje fluorescencyjne zwane fluoroforami, typy protoporfiryn, powstające w procesie metabolizmu bakterii próchnicotwórczych. Natężenie fluorescencji szkliwa próchnicowego wzbudzone światłem czerwonym wielokrotnie przewyższa poziom fluorescencji rejestrowany dla szkliwa zdrowego [2].

4.2. Urządzenia stosowane w diagnostyce próchnicy z zastosowaniem technik laserowych

Źródłem promieniowania w urządzeniach stosowanych do wykrywania próchnicy jest najczęściej laser diodowy. W tabeli 4.1 zaprezentowany jest wykaz wybranych urządzeń diagnostycznych z podaną długością fali, w których laser półprzewodnikowy stanowi źródło światła.

Tabela 4.1. Urządzenia diagnostyczne z wykorzystaniem techniki laserowej

Urządzenie	Technologia	Źródło światła	Długość fali
Diagnodent 2095	Fluorescencja indukowana światłem laserowym (ang. *laser fluorescence* – LF)	Dioda laserowa	655 nm
Diagnodent pen 2190	Fluorescencja indukowana światłem laserowym (LF)	Dioda laserowa	655 nm
DIAGNOcam	Prześwietlanie światłem bliskiej podczerwieni (ang. *near-infrared transillumination* – NIR)	Dioda laserowa	780 nm
System Canary	Fototermiczna radiometria i luminescencja (ang. *photothermal radiometry and luminescence* – PTR-LUM)	Dioda laserowa	660 nm
QLF*	Ilościowa fluorescencja indukowana laserem/światłem (ang. *quantitative laser/light induced fluorescence* – QLF)	Laser argonowy	488 nm

* Obecnie laser argonowy w urządzeniu QLF dostępnym na rynku został zastąpiony innym źródłem światła – mikrolampą ksenonową z filtrem fioletowo-niebieskim.

4.2.1. System DIAGNOdent pen

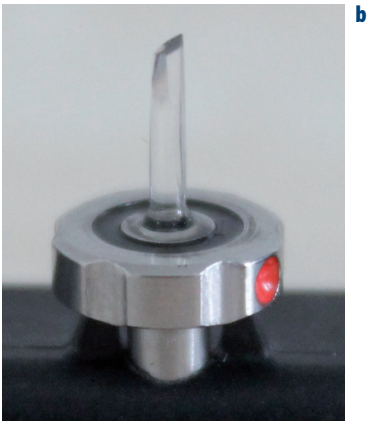
Obecnie jednym z najczęściej wykorzystywanych w praktyce klinicznej systemów, przeznaczonym do oceny stopnia zaawansowania procesu próchnicowego i wykorzystującym techniki laserowe, jest urządzenie oparte na zjawisku fluorescencji tkanek zęba – bezprzewodowy system wolnostojący DIAGNOdent pen (KaVo, Biberach, Niemcy), następca stacjonarnego systemu DIAGNOdent (ryc. 4.1).

Zasada działania urządzenia opiera się na wykorzystaniu zjawiska fluorescencji organicznych i nieorganicznych składników tkanek zęba oraz produktów przemiany materii bakterii, indukowanych światłem lasera diodowego. Obecność zdemineralizowanych tkanek oraz porfiryn bakteryjnych w obszarze zmiany próchnicowej powoduje zwrotną emisję promieniowania. Laser diodowy w urządzeniu DIAGNOdent pen generuje światło o długości fali 655 nm przenoszone przez światłowód do końcówki roboczej, którą jest sonda szafirowa. Wiązka światła laserowego jest absorbowana przez organiczne i nieorganiczne składniki twardych tkanek zęba. Następnie część światła zostaje reemitowana w postaci fluorescencji w podczerwieni. Wielkość fluorescencji ulega zmianom w wyniku demineralizacji i postępu procesu próchnicowego. Zdemineralizowana tkanka generuje fluorescencję rejestrowaną przez komórkę światłoczułą w urządzeniu, w którym następuje interpretacja. Pomiar fluorescencji jest przeliczany na wartości liczbowe, odzwierciedlające stopień demineralizacji tkanek zęba. Wynik pomiaru jest wyświetlany zarówno na ekranie wyświetlacza, jak i na urządzeniu, którego konstrukcja umożliwia trzymanie go w dłoni lekarza stomatologa. W czasie badania następuje wyświetlanie wskazań chwilowych, np. podczas prowadzenia końcówki wzdłuż bruzdy, oraz rejestrowanie wartości maksymalnej [3, 4].

Ryc. 4.1. Urządzenie DIAGNOdent pen.

Ryc. 4.2. Cylindryczna sonda szafirowa do badania powierzchni żującej urządzenia DIAGNOdent pen ma taką samą średnicę jak sonda A urządzenia DIAGNOdent.

a



b

Ryc. 4.3. a i b. Szafirowa sonda urządzenia DIAGNOdent pen do oceny stanu powierzchni stycznej.

Aparat ma trwałe szafirowe sondy umożliwiające badanie wszystkich powierzchni zębów. Sonda w kształcie walca, której średnica odpowiada średnicy i wielkości końcówki A poprzedniego urządzenia DIAGNOdent (ryc. 4.2) służy do badania powierzchni zgryzowych i gładkich, gdzie promień lasera jest emitowany zgodnie z jego długą osią.

Sonda do badania powierzchni stycznych ma kształt wydłużonego klina (ryc. 4.3 a i b). Sonda ta ma zdolność odchylania promienia lasera od osi pionowej o kąt 100 stopni, ukierunkowując go ku powierzchni stycznej, co umożliwia jej zbadanie. Czerwony punkt na obudowie sondy pokazuje kierunek padania promienia lasera w chwili badania.

Ryc. 4.4. Kalibracja urządzenia DIAGNOdent pen.

Ryc. 4.5. Badanie powierzchni zgryzowej zęba 44 urządzeniem DIAGNOdent pen.

Przed badaniem powierzchni zęba DIAGNOdent pen należy skalibrować wg instrukcji producenta, włączając urządzenie i przykładając odpowiednią sondę do kalibratora, który znajduje się na wyposażeniu zestawu (ryc. 4.4).

Po wybraniu rodzaju sondy, którą chcemy przeprowadzić badanie, należy ustalić indywidualną wartość referencyjną szkliwa u pacjenta. W tym celu przykładamy sondę do zdrowej powierzchni szkliwa i przytrzymujemy pierścień naciskowy przez około 2 s. Badając powierzchnie zgryzowe, sondę prowadzimy wzdłuż bruzd (ryc. 4.5). W miejscu wysokich wskazań należy ułożyć sondę pod różnym katem, aby uchwycić najwyższą wartość.

Ryc. 4.6. Badanie powierzchni stycznej zębów przedtrzonowych urządzeniem DIAGNOdent pen.

Badając powierzchnie styczne, sondę w kształcie klina wprowadzamy pomiędzy zęby (pod punktem stycznym) (ryc. 4.6). Wykonując badanie powierzchni stycznej jednego zęba, zaczynamy od strony policzkowej w kierunku językowym/podniebiennym i odwrotnie, następnie wycofujemy sondę, obracamy ją o 180 stopni i badamy powierzchnię styczną drugiego zęba. W przypadku bardzo wąskich przestrzeni międzyzębowych pomiar może być utrudniony. Dlatego niektórzy badacze sugerują producentowi wprowadzenie sondy o mniejszym wymiarze (mniej niż 0,4 mm) tak, aby całe spektrum fluorescencji z powierzchni stycznej mogło być uchwycone. Z drugiej jednak strony zbyt mała sonda może być łatwo uszkodzona podczas nieumiejętnego posługiwania się nią w przestrzeni stycznej.

Uzyskane najwyższe wskazanie dla danej powierzchni zęba należy zapisać w karcie pacjenta i przeanalizować, biorąc pod uwagę wynik badania wizualno-dotykowego oraz parametry oceny ryzyka próchnicy. Zawsze jednak należy pamiętać, że niezbędnym warunkiem uzyskania wiarygodnych i powtarzalnych wyników pomiarów jest przestrzeganie procedur w badaniu klinicznym. Aby uniknąć wyników fałszywie dodatnich, przed badaniem urządzeniem DIAGNOdent pen należy badaną powierzchnię zęba oczyścić z płytki, kamienia i przebarwień pochodzenia niepróchnicowego, pamiętając, że pozostałości pasty do polerowania z cząstkami fluorescencyjnymi mogą zaburzać odczyt urządzenia. W przypadku badania powierzchni stycznych ważny jest stan sąsiedniego zęba, gdyż obecność głębokiej próchnicy, wypełnień stałych kompozytowych lub czasowych na bazie tlenku cynku z eugenolem na sąsiedniej powierzchni stycznej może wpłynąć na otrzymany wynik, szczególnie gdy jest to zdrowa powierzchnia zęba. Ważny jest również dostęp do badanej powierzchni, dlatego niektórzy autorzy sugerują zastosowanie separacji zębów [5].

Zastosowanie urządzenia DIAGNOdent pen nie ogranicza się tylko do wykrywania ognisk próchnicowych na powierzchniach zębów, ale może być również przydatne do oceny stopnia demineralizacji podczas opracowywania ubytków. Należy jednak pamiętać, że miazga odznacza się fluorescencją, dlatego też wartości mogą być niemiarodajne w przypadku występowania bardzo głębokich ubytków z mikroobnażeniem miazgi. Niewątpliwą zaletą tego systemu jest możliwość jego zastosowania w długotrwałym monitorowaniu próchnicy zębów stałych, co jest pomocne w podjęciu decyzji o odpowiednim leczeniu.

Przydatność urządzenia DIAGNOdent pen w diagnostyce próchnicy została zbadana przez wielu badaczy w ośrodkach naukowych w Polsce i na świecie [5-8]. Na uwagę zasługuje fakt, że wyniki badań dotyczące wartości progowych urządzenia, tzw. punktu odcięcia (ang. *cut-off*), różnią się w zależności od badanej powierzchni zęba (zgryzowa, styczna), warunków badania (*in vitro*, *in vivo*) oraz rodzaju zębów (zęby mleczne, zęby stałe) [9-15].

Analizując wyniki badań, można stwierdzić, że dla zębów stałych wskazania urządzenia DIAGNOdent pen na powierzchni żującej w warunkach *in vitro* wynoszą odpowiednio (tab. 4.2): 0-6 (D_0 – zdrowe tkanki zęba), 6-17 ($D_{1,2}$ – próchnica w obrębie szkliwa), > 17 ($D_{3,4}$ – próchnica w zębinie). W warunkach klinicznych punkty odcięcia są wyższe i wynoszą odpowiednio: 0-12 (D_0), 13-25 ($D_{1,2}$), > 25 ($D_{3,4}$). Wyższe punkty odcięcia w badaniach *in vivo* mogą wynikać z tego, że zęby żywe (badane bezpośrednio u pacjenta) mają wyższy poziom fluorescencji niż zęby usunięte, które do czasu rozpoczęcia badania powinny być przechowywane w temperaturze –20°C. Stwierdzono, że wpływ na wartości odczytu *in vitro* mogą mieć takie roztwory, jak tymol, chloramina czy formalina, które powodują wypłukanie cząsteczek fluorescencyjnych.

Kluczowym elementem są wskazania lasera diagnostycznego DIAGNOdent pen powyżej 25 w przypadku, gdy w badaniu klinicznym nie stwierdzamy obecności próchnicy. Jeśli czynniki mogące wpłynąć na wynik fałszywie dodatni zostały wyeliminowane, to występuje wskazanie do wykonania badania radiologicznego. Jednak gdy prowadzone są badania epidemiologiczne na dużej grupie badawczej, gdzie wykonanie skriningowych badań RTG może być zbyt drogie ze względu na dużą liczebność grupy, wtedy DIAGNOdent pen może być przydatny w wykrywaniu próchnicy ukrytej (ang. *hidden caries*) na powierzchniach zgryzowych. Na uwagę zasługuje również fakt, że lepsze (dokładniejsze) wyniki są uzyskiwane w przypadku oceny występowania ognisk próchnicowych z uszkodzeniem ciągłości tkanek (ang. *cavitated lesions*) niż w przypadku wczesnej zmiany próchnicowej (ang. *white spot lesions*). Wynik ten można tłumaczyć tym, że fluorescencja wzbudzona pod wpływem światła lasera jest silniejsza dla organicznych produktów przemiany bakterii (porfiryn) niż dla nieorganicznych składników tkanek zęba, oraz obecnością warstwy penetracji bakterii w zainfekowanej zębinie ubytku próchnicowego w porównaniu z wczesnym stadium próchnicy, gdzie ilość bakterii jest znacząco mniejsza.

Diagnostyka próchnicy na powierzchniach stycznych za pomocą urządzenia DIAGNOdent pen bezpośrednio związana jest z różnicami, jakie występują w skła-