

HANNA M. ALWAS-DANOWSKA

Wpływ przebarwień ubytków próchnicowych na ocenę ich głębokości z zastosowaniem elektrodiagnostyki

Influence of the Discolorations of Caries Damages on the Results of the Estimations of Their Depths with the Use of Electrodiagnosis

Zakład Stomatologii Ogólnej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Streszczenie

Wprowadzenie. Charakterystyczną cechą metod elektrodiagnostycznych stosowanych w stomatologii do oceny rozległości ubytków próchnicowych jest bardzo duża czułość, ale stosunkowo mała specyficzność. Oddzielny problem stanowią jednak przebarwione powierzchnie ubytków próchnicowych. Na podstawie fałszywej-pozytywnej diagnozy podejmuje się leczenie powierzchni zęba, podczas gdy w rzeczywistości powierzchnia ta jest wolna od próchnicy. Przeciwnie, diagnoza fałszywa-negatywna sprawia, że powierzchnia zaatakowana przez próchnicę pozostaje nieleczona, podczas gdy należało zastosować leczenie zachowawcze.

Cel pracy. Zbadanie zgodności oceny wizualnej i elektrodiagnostyki w wykrywaniu niewielkich zmian próchnicy i stwierdzenie, czy obecność przebarwień ma wpływ na wyniki badań.

Materiały i metody. Badania przeprowadzono na 50 zębach, które po wstępnej ocenie wizualnej charakteryzowały się niewielkimi zmianami próchnicowymi. Niektóre z ocenianych zębów po dokładnym oczyszczeniu powierzchni zachowywały przebarwienia, które dokładnie opisywano. Określano głębokość próchnicy, stosując metodę elektrodiagnostyki (ECM). Wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym, dokonując analizy przypadków, w których zęby miały określone barwy.

Wyniki. W przypadku oceny wizualnej powtarzalność wyników według korelacji rang Spearmana znacząco się zwiększa po usunięciu zmian próchnicowych charakteryzujących się przebarwieniami, a w przypadku zastosowania rezystancji elektrycznej nieznacznie się zmniejsza. Wyniki badań charakteryzują się bardzo wysokim poziomem istotności.

Wnioski. Zarówno barwa plamy próchnicowej, jak i jej intensywność mają wpływ na wynik badania przeprowadzanego ECM (*Dent. Med. Probl.* 2010, 47, 3, 290–296).

Słowa kluczowe: diagnostyka, rezystancja elektryczna, próchnica na powierzchniach stycznych.

Abstract

Background. In the measurements of the depths of caries cavities the very precise cleaning of the approximal surface of the tooth before the investigations is needed. The results of these are moderately accurate estimations of the cavity's depth. However, the other discoloured surfaces of the caries cavities still resist as the problem. Basing on the false-positive diagnosis, area's treatment is performed, while this surface is caries free. Contrary, the false-negative diagnosis leads to the renunciation of the treatment in cases where conservative treatment needs to be undertaken.

Objectives. Aim of the work was to study the reliability and validity of the visual inspection and electrodiagnosis in the detection of small caries cavities, as well as to state whether the presence of discoloration influences the results of the investigation.

Material and Methods. For the investigations 50 teeth with the very small caries cavities found in the visual diagnosis were used. Some of the teeth in valued in the study preserved the discolorations after the very precise cleaning; these discolorations were exactly described. The depth of the caries was measured with the use of electrodiagnostic method (ECM). The results of the studies were statistically measured. Cases in which teeth had specific colours were analyzed.

Results. In the visual inspection, the repeatability of the results according to the Spearman's rang correlation considerably increases after the elimination of the discolored caries cavities and in the case of use of the electric resistance the insignificant decrease was found. The results of the studies have a very high level of significance.

Conclusions. The colour of the caries cavity, as well as its intensity, influence the results of the ECM studies (*Dent. Med. Probl.* 2010, 47, 3, 290–296).

Key words: diagnosis, electrical resistance, approximal caries.

W ostatnich latach, zarówno w pracach medycznych, jak i biochemicznych, coraz częściej posługiwano się pojęciem „bioelektryczna spektroskopia impedancyjna”. Wynika to z postrzegania zjawisk przez pryzmat osiągnięć w dziedzinie biofizyki i medycyny molekularnej, a także z możliwości wykorzystywania zjawisk fizykochemicznych z zakresu szeroko pojętej dynamiki. Dokładne poznanie zjawisk biofizycznych umożliwia wykorzystanie ich w diagnostyce i leczeniu. Określenie „spektroskopia impedancyjna” pojawiło się w pracach anglojęzycznych, publikowanych przez chemików i fizyków zajmujących się problemami elektrochemii, zwłaszcza elektrolitami stałymi, tzn. układami niejednorodnymi z punktu widzenia elektrotechniki [1].

Od wielu lat są czynione próby wprowadzenia do rutynowego rozpoznawania klinicznego wczesnych zmian próchnicowych szkliwa coraz bardziej dokładnych i obiektywnych metod diagnozowania. Obecnie za najbardziej precyzyjne uważa się metody wykorzystujące pomiary oporności elektrycznej twardych tkanek zębów [2]. Pomiary impedancji podczas oddziaływania prądem zmiennym mogą być uznane za najważniejszy punkt badań bioelektrycznych zębów [3].

Obecnie spektroskopię impedancyjną wykorzystuje się również do badań nad poznaniem charakterystyki przewodnictwa elektrycznego powierzchni zębowych. Publikacja White et al. [4] spowodowała zainteresowanie możliwością wykrywania małych lub niewidocznych zmian próchnicowych na powierzchniach żujących. Zwiększająca się liczba prac na ten temat wskazuje, że metoda elektrycznej diagnozy próchnicy za pomocą pomiarów przewodności elektrycznej jest obiecująca. Metody przewodzenia elektrycznego są lepsze do celów diagnostyki próchnicy na powierzchni zgryzowej niż ocena wizualna, transiluminacja światłowodowa i radiografia [5]. Jedną z najpowszechniej przyjętych metod oceny głębokości ubytków jest sposób postępowania zaproponowany przez Ekstrand i współautorów [6]. Wymaga on bardzo dokładnego oczyszczenia powierzchni żującej przed badaniem, co daje możliwość uzyskania w miarę dokładnej oceny głębokości ubytków. Mniej porowate zmiany próchnicowe bez ubytku są widoczne jedynie wówczas, gdy zęby są wysuszone, a te bardziej porowate, gdy

zęby są wilgotne [6–8]. Według Kidd i Fejerskova [9] porowatość uszkodzeń podpowierzchniowych wyjaśnia, dlaczego białe plamy są białe i dlaczego dentysta patrząc na czystą powierzchnię zęba oraz zwilżając ją lub wysuszając, może określić głębokość penetracji uszkodzenia. Zmiana, która jest widoczna tylko na suchej powierzchni, znajduje się prawdopodobnie w zewnętrznej części warstwy szkliwa, a uszkodzenie widoczne na wilgotnej powierzchni zęba zniszczyło szkliwo i być może dotarło do zębiny [9]. Odnosi się to do wskaźników refrakcji względnej szkliwa, wody (hydratacji) i powietrza. Szkliwo ma wskaźnik refrakcji 1,62. W uszkodzeniach podpowierzchniowych pory są wypełnione wodnistym medium o wskaźniku refrakcji 1,33. Różnica wskaźników refrakcji między wodą i szkliwem oddziałuje na rozproszenie światła i sprawia, że uszkodzenie ma mętny wygląd. Jeśli powierzchnia jest następnie osuszona, powietrze, którego wskaźnik refrakcji wynosi 1,0, wypiera wodę. Różnica między wskaźnikiem refrakcji powietrza i szkliwa jest teraz większa niż różnica między wodą i szkliwem. Znaczy to, że uszkodzenie staje się bardziej widoczne i że można wcześniej je wykryć [9]. Niewątpliwie w przewodnictwie elektrycznym znaczenie będzie miało również stężenie jonów. Niewiele do tej pory wiadomo o roli płynów w obrębie tkanek zęba, łatwo jednak przewidzieć, że stężenie jonów w tych płynach, zwłaszcza w obrębie szkliwa, jest bardzo ważne dla pomiarów elektrycznych. Według Kidd i Fejerskova [9] występowanie ciemnych przebarwień na powierzchniach tkanek zmienionych próchnicowo może być spowodowane egzogenną absorpcją barwników zawartych np. w kawie, herbacie czy czerwonym winie. Może być również wynikiem pigmentów produkowanych przez bakterie, a także skutkiem reakcji chemicznej (tzw. reakcji Maillarda, w której brązowe zabarwienie powstaje w wyniku rozpadu białek w obecności cukru). Trudność metody wizualnej polega na tym, że nie uwzględnia różnic między głębokimi ubytkami szkliwa a płytkimi ubytkami zębiny [10]. Liczne niedoskonałości stosowania oceny wizualnej zmusiły jednak lekarzy dentystów do stosowania sposobów alternatywnych, takich jak np. metoda mierząca elektryczną oporność zęba.

Obecnie można zastosować do tego celu urządzenie do mierzenia elektrycznej oporności zmian

próchnicowych (Electrical Caries Monitor – ECM) [12]. Według Longbottoma i Huysmansa [13] w przypadku urządzenia, w którym wykorzystuje się prąd zmienny o jednej ustalonej częstotliwości, ma ono za zadanie mierzyć całkowitą oporność tkanki zębowej – będzie to „prawdziwa” wartość oporu elektrycznego zęba pod warunkiem, że nie wystąpią efekty polaryzacji wywołane działaniem prądu stałego. Wewnętrzne właściwości elektryczne materiału, w tym również tkanek zęba, obejmują oporność, pojemność elektryczną i indukcyjność. Indukcyjność nie jest problemem przy zębach niewypełnionych, głównymi parametrami pozostają w takim przypadku oporność i pojemność elektryczna. Oceniając przebarwione obszary szkliwa, szczególnie na powierzchniach stycznych, należy liczyć się jednak z tym, że większość tych zębów może mieć wypełnienia, wartość indukcji może być więc zmieniona przez nakładanie się efektu polaryzacji wywołanego działaniem prądu stałego.

Wymienia się zwykle 6 czynników, które mogą być istotne dla pomiaru elektrycznego zębów: porowatość tkanki, powierzchnia kontaktu elektrycznego, grubość tkanki, stopień hydratacji tkanki oraz temperatura i stężenie jonów w płynie w obrębie zęba [13, 14]. Również grubość tkanek, zwłaszcza w odniesieniu do zmian ilości szkliwa i zębiny, a także liczby szczelin w szkliwie mają wpływ na pomiary elektryczne. Wielkość ta jest uwarunkowana – poza rozległością zmian próchnicowych – długością czasu występowania uszkodzenia, umiejscowieniem, a także kształtem anatomicznym i wiekiem zębów. Na podstawie analizy danych przeprowadzonych przez Wangę et al. [15] zasugerowano, że różnice w obrębie samego zęba mogą mieć wpływ na pomiary elektryczne. Powierzchnia kontaktu elektrody z zębem jest istotnym czynnikiem w pomiarach elektrycznych. Dwa tryby elektrody „badanie miejsca” i „badanie powierzchni” tworzą różne wartości elektryczności, a niewielkie, ale wyraźne różnice przedstawione w piśmiennictwie dla tych dwóch metod zdają się potwierdzać ten efekt [13]. Porowatość może być podstawą wielu technik do wykrywania uszkodzeń próchnicowych – np. oporności elektrycznej [16], radiografii, jakościowej metody fluorescencyjnej [17] itp. Niektóre z nich pozwalają na kwantyfikację stopnia porowatości. Potrafią wykryć demineralizację, ale przy stosowaniu wielokrotnym mogą ułatwić lekarzowi dentyście obserwowanie rozwoju uszkodzenia lub jego powstrzymanie [18]. Rozpoznanie próchnicy dokonuje się zwykle na podstawie obecności przebarwień tkanek zęba diagnozowanych na podstawie oceny wizualnej, której poprawność jest często ograniczona do 20–30%. Dzięki zastosowaniu urządzeń diagnostycz-

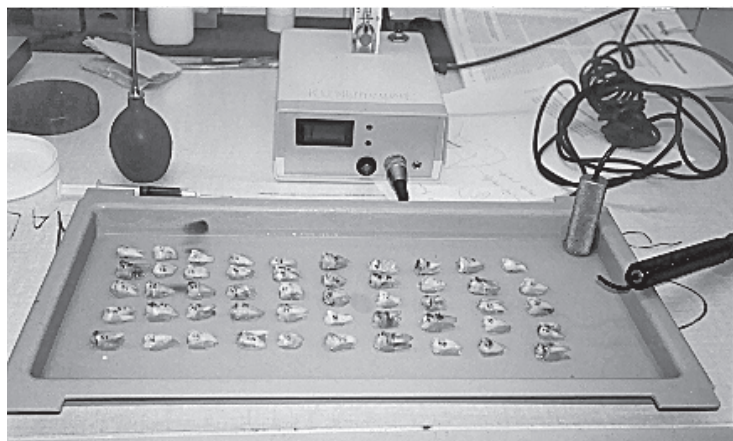
nych, takich jak laser fluorescencyjny czy ECM, skuteczność może być zwiększona o 50–60% [19].

Celem pracy jest określenie wpływu przebarwień zmian próchnicowych na powierzchniach stycznych na wyniki badań wykonanych za pomocą rezystancji elektrycznej (ECM) w porównaniu z oceną wizualną.

Material i metody

Aby uzyskać zbliżony stopień nawilżenia tkanek, wszystkie 50 zębów trzonowych przechowywano w bieżącej wodzie (z kranu) przez 6 miesięcy. Nie stosowano żadnych środków powodujących ich wysuszenie bądź pokrywanie powierzchni szkliwa przypadkowymi związkami chemicznymi. Metodę tę wykorzystuje się w pracowni diagnostycznej Zakładu Kariologii i Endodoncji na Uniwersytecie Medycznym w Nijmegen [20, 21]. Zęby były albo całkowicie zdrowe, albo wykazywały niewielkie przebarwienia na powierzchniach stycznych. Wyznaczony do oceny punkt na tych powierzchniach wskazywano wodoodpornym tuszem. Używano Electronic Caries Monitor® (ECM Groningen, Holandia) III generacji (ryc. 1). Powierzchnia kontaktu elektrody z zębem jest istotnym czynnikiem w pomiarach elektrycznych. W tych badaniach zastosowano tryb elektrody „badania miejsca”, używając niewielkiej ilości żelu ułatwiającego przewodzenie [14]. Oceny wizualnej i pomiarów dokonywali dwaj obserwatorzy, którzy stosowali 4-stopniową skalę ocen: 0 = brak zmian próchnicowych, 1 = zmiany ograniczone tylko do szkliwa, 2 = zmiany sięgające połączenia zębiny ze szkliwem, 3 = zaczynające się zmiany próchnicowe w zębiny. Zęby umieszczano w metakrylanie i cięto tarczami diamentowymi przez środek płamy próchnicowej w celu uzyskania prawdziwego rozmiaru zmian. Aby ocenić możliwości ECM i oceny wizualnej do wykrywania próchnicy, określono czułość i specyficzność metody wizualnej oraz przyjęto 2 zakresy odcięcia skali dla ECM: 0,80 a 0,81 oraz 2,60 a 2,61, co wiąże się ze stosunkowo niskim poziomem występowania próchnicy w Holandii. Ponadto małe wartości odcięcia skali powodują wzrost poziomu czułości i zmniejszenie swoistości badań [21]. Ma to doprowadzić do wyjaśnienia, jaki jest wpływ przebarwień zmian próchnicowych, które pozostają na powierzchni miejsc bardzo dokładnie oczyszczonych i objętych zmianami próchnicowymi na wyniki badań z zastosowaniem prądu zmiennego.

Wyniki oceny wizualnej tego samego przebarwienia zmiany próchnicowej i oceny z zastosowaniem ECM, uzyskane przez dwóch lekarzy zostały uśrednione. W analizie statystycznej zgromadzo-



Ryc. 1. Sposób przeprowadzania badań rozległości próchnicy na powierzchniach stycznych za pomocą ECM

Fig. 1. Method of the investigation of the caries area on the approximal surfaces with the use of ECM

nego materiału zmienne pogrupowano zgodnie z barwą (biała, jasnobrązowa, brązowa, ciemnobrązowa, brak przebarwień). Dla cech mierzalnych obliczono średnie arytmetyczne i mediany, podano zakres analizowanych zmiennych (min.–maks.) oraz wyliczono odchylenia standardowe. Do porównania wartości średnich w grupach wykorzystano test Manna-Whitneya. Zależności między zmiennymi oceniono za pomocą współczynnika korelacji rang Spearmana. W analizach przyjęto poziom istotności $p < 0,05$.

Wyniki

Wartości ECM w przypadku zmian próchnicowych pozbawionych przebarwień nie różnią się w sposób istotny statystycznie od wartości ECM dla innych barw. W przypadku jednak braku przebarwienia wyniki diagnostyczne przeciętnie uśrednionego ECM równe $5,35 \pm 3,98$ są niższe niż w przypadku większości pozostałych, analizowanych kolorów (tab. 1, 2) – białego – $6,60 \pm 4,12$; jasnobrązowego – $7,01 \pm 4,42$; ciemnobrązowego – $7,20 \pm 2,18$.

Jedynie w przypadku koloru jasnobrązowego przeciętna wartość uśrednionego ECM – $4,59 \pm 4,04$ jest niższa niż w przypadku braku koloru.

Powtarzalność wyników, według korelacji rang Spearmana, w przypadku oceny wizualnej znacząco się zwiększa po usunięciu ubytków próchnicowych charakteryzujących się przebarwieniami z wartości 0,668 do 0,775, dla ECM jednak jest widoczny nieznaczny spadek 0,02 wartości współczynnika. Należy podkreślić, że wyniki badań charakteryzują się bardzo wysokim poziomem istotności (tab. 3, 4).

Omówienie

Z badań wynika, że wyłączenie przebarwionych powierzchni zmian próchnicowych znacząco poprawiło wyniki badań oceny wizualnej (0,67 – 0,78 – współczynnik korelacji rang Spearmana). W przypadku przebarwionych ubytków poddanych działaniu ECM wyniki nie mają charakteru jednoznacznego i w pewnych sytuacjach, prawdopodobnie w zależności od składu chemicznego substancji odkładających się na chropowatych częściach uszkodzonego szkliwa, przewodzenie może być przyspieszane bądź blokowane (barwa brązowa lub biała). Należy podkreślić ponadto, że stosując urządzenia diagnostyczne ECM do badania przebarwionych ubytków, można uzyskać bardzo dużą powtarzalność (0,9 współczynnik korelacji

Tabela 1. Parametry statystyczne zmiennych ECM 1, ECM 2, uśredniony ECM, VALID – kolor: B – biały, JBr – jasnobrązowy, Br – brązowy, CBr – ciemnobrązowy N – brak przebarwienia

Table 1. Statistical parameters of the variables ECM 1, ECM 2, mean ECM, VALID – colours: B – white, JBr – pale brown, Br – brown, CBr – dark brown, N – without colour

Wartość (Value)	Barwa (Colour)	Średnia (Mean)	Mediana (Median)	Minimum (Minimum)	Maksimum (Maximum)	Odchylenie standardowe (Standard deviation)
VAL. ECM	biały (B)	1,800	2,000	0,000	3,000	1,082
VAL. ECM	jasnobrązowy (JBr)	2,857	3,000	2,000	4,000	0,690
VAL. ECM	brązowy (Br)	2,412	3,000	1,000	4,000	0,870
VAL. ECM	ciemnobrązowy (CBr)	3,000	3,000	2,000	4,000	0,816
VAL. ECM	brak zabarwienia (N)	0,286	0,000	0,000	2,000	0,756

Tabela 2. Porównanie wartości przeciętnych zmiennych ECM 1, ECM 2, uśredniony ECM, VALID między grupami kolorów; B – JBr, B – Br, Br – CBr, B – N, JBr – Br, JBr – CBr, JBr – N, Br – CBr, Br – N, CBr – N

Table 2. Comparison of the mean values of the variables ECM 1, ECM 2, mean ECM, VALID between the groups of colours: B – JBr, B – Br, B – CBr, B – N, JBr – Br, JBr – CBr, JBr – N, Br – CBr, Br – N, CBr – N

	ECM	Wartość stat. Z w teście Manna-Whitneya (Statistical value Z in M-W test)	Poziom istotności p (Statistical significance p)
Kolor B – Kolor JBr	VALID	2,110	0,035
Kolor B – Kolor Br	VALID	1,572	p > 0,05
Kolor B – Kolor CBr	VALID	1,873	p > 0,05
Kolor B – Kolor N	VALID	2,823	0,005
Kolor JBr – Kolor CBr	VALID	1,103	p > 0,05
Kolor JBr – Kolor N	VALID	3,179	0,002
Kolor Br – Kolor CBr	VALID	1,154	p > 0,05
Kolor Br – Kolor N	VALID	3,554	0,0003
Kolor CBr – Kolor N	VALID	2,797	0,005

Tabela 3. Zestawienie danych, zależności dla grupy wszystkich zębów, w tym z przebarwionymi ubytkami

Table 3. Comparison of the data, interdependences of the groups of teeth, also with decolorised cavities

	Współczynnik korelacji rang Spearmana ρ (Spearman's rho)	Poziom istotności p (Statistical significance p)
ECM1 – ECM2	0,937	0,0000001
Ocena Wizual 1 – Ocena Wizual 2 (Visual Inspection 1 – VI 2)	0,67	0,0000001

Tabela 4. Zestawienie danych, zależności dla grupy zębów bez przebarwień

Table 4. Comparison of the data, interdependences of the groups of teeth without decolorised cavities

	Współczynnik korelacji rang Spearmana ρ (Spearman's rho)	Poziom istotności p (Statistical significance p)
ECM1 – ECM2	0,915	0,0000001
Ocena Wizual 1 – Ocena Wizual 2 (Visual Inspection 1 – VI 2)	0,78	0,0000001

rang Spearmana), podczas gdy w tych samych sytuacjach korelacja oceny wizualnej przyjmuje wartości wyjątkowo małe, średnio od 60 nawet do 0,12 [8, 13, 22]. W konsekwencji podejmowane przez lekarzy decyzje o leczeniu, dotyczące tego samego przypadku, mogą zawierać diametralnie różne rozwiązania – od zastosowania leczenia profilaktycznego do leczenia zachowawczego, a nawet wykonania koron.

Z badań przeprowadzonych przez Côrtes et al. [8] wyłączenie brązowych plam i ciemnych zagłębień poprawiło wyniki dla wszystkich metod. Stwierdza on także, że przy obecności plam i brązowych punktów, szczególnie w zębinie, zarówno dla ECM i DIAGNOdentu®, jak i innych metod diagnostycznych mogą być konieczne różne punkty odcięcia dla zidentyfikowania ubytków. Wpływ plam na pomiary z wykorzystaniem DIAGNO-

dentu i ECM nie został jeszcze wystarczająco poznany [8].

Ciemne zabarwienie zmian próchnicowych, które pozostaje po dokładnym oczyszczeniu powierzchni zęba, może mieć wpływ na wynik badania. Nietknięte szkliwo ma dużą oporność, ale kiedy staje się porowate, wtedy oporność się zmniejsza, ponieważ ubytek zawiera więcej wody. W odróżnieniu od szkliwa zębina ma relatywnie małą odporność. Ta właściwość jest wykorzystywana do wyróżnienia zdrowego szkliwa lub ubytków w szkliwie od tych, które obejmują zębinę. W przypadku DIAGNOdentu zakres jest zdecydowanie wyższy w obecności plam i dlatego też punkty odcięcia skali musiały być dużo wyższe (często jest przyjmowana wysokość odcięcia skali – 40 dla analizowanej próbki). W licznych wypadkach plama powoduje dodatkowy sygnał fluores-

scencyjny, co warunkuje wyższy zakres odczytu. W celu zidentyfikowania przyczyn tych anomalii są konieczne dalsze badania.

Z obecnych badań wynika, że w przypadku pomiarów elektrodiagnostycznych zabarwienie plam ma zasadniczy związek z porowatością zarówno powierzchni, jak i głębszych warstw zęba, a także warunkuje rodzaj związków chemicznych i zawartość wody w ubytku.

Autorzy wyciągnęli następujące wnioski:

1. Zarówno barwa plamy próchnicowej, jak i jej intensywność mają wpływ na wynik badania przeprowadzanego ECM.

2. Powtarzalność wyników oceny wizualnej znacząco się zwiększa po usunięciu zmian próchnicowych charakteryzujących się przebarwieniami.

3. Dla ECM jest widoczny nieznaczny spadek powtarzalności, co może być związane z składem chemicznym osadu tworzącego ciemne zabarwienie. Wyniki badań charakteryzują się bardzo wysokim poziomem istotności.

Podziękowanie. Serdecznie dziękuję za umożliwienie przeprowadzenia badań w Department of Cariology and Endodontology, University Medical Centre Nijmegen, The Netherlands.

Piśmiennictwo

- [1] MORUCCI J., AYEVA B., FARGUES F., RIGAUD B.: Matrix determination for *in vivo* tissue characterization by parametric electrical impedance imaging. Annual International Conference of the IEE Engineering in Medicine and Biology – Proceedings, 1996.
- [2] LONGBOTTOM C., HUYSMANS M., PITS N., LOS P., BRUCE P.: Detection of dental decay and its extent using ac impedance spectroscopy. Nat. Med. 1996, 2, 235–237.
- [3] WOŹNIAK J., KACZMAREK U.: Impedance spectroscopy in occlusal caries detection – an *in vitro* study. Pol. J. Environ. Stud. 2007, 16, 2 C, 20–24.
- [4] WHITE G., TSAMTSOURIS A., WILLIAMS D.: Early detection of occlusal caries by measuring the electrical resistance of the tooth. J. Dent. Res. 1998, 57, 195–200.
- [5] FENNIS Y., VERDONSCHOT E., VAN'T HOF M.: Performance of some diagnostic systems in the prediction of occlusal caries in permanent molars in 6- and 11-year-old children. J. Dent. 1998, 26, 403–408.
- [6] EKSTRAND K., KUZIMA I., BYORN DAL L., THYLSTRUP A.: Relationship between external and histological features of progressive stages of caries in the occlusal fossa. Caries Res. 1998, 29, 243–250.
- [7] EKSTRAND K., RICKETTS D., KIDD E., QVIST V., SCHOU S.: Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: An *in vivo* examination with histological validation. Caries Res. 1998, 247–254.
- [8] CÔRTEZ D., ELLWOOD R., EKSTRAND K.: An *in vitro* comparison of a combined FOTI/Visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. Caries Res. 2003, 37, 8–16.
- [9] KIDD E., FEJERSKOV O.: What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. J. Dent. Res. 2004, 83, 35–38.
- [10] LUSSI A., IMWINKELRIED S., PITTS N., LONGBOTTOM C., REICH E.: Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries *in vitro*. Caries Res. 1999, 33, 216–266.
- [11] ASHLEY P., ELLWOOD R., WORTHINGTON H., DAVIES R.: Predicting occlusal caries using the Electronic Caries Monitor. Caries Res. 2000, 34, 201–203.
- [12] HUYSMANS M., LONGBOTTOM C., HINTZE H., VERDONSCHOT E.: Surface-specific electrical occlusal caries diagnosis: reproducibility, correlation with histological lesion depth, and tooth type dependence. Caries Res. 1998, 33, 330–336.
- [13] LONGBOTTOM C., HUYSMANS M.: Electrical measurements for use in caries clinical trials. J. Dent. Res. 2004, 83C, 76–80.
- [14] HUYSMANS M., LONGBOTTOM C.: The challenges of validating diagnostic methods and selecting appropriate gold standards. J. Dent. Res. 2004, 83, C48–C52.
- [15] WANG J., SAKUMA S., YOSHIHARA A., KOBAYASHI S., MIYAZAKI H.: An evaluation and comparison of visual inspection, Electrical Caries Monitor and Caries Detector Dye methods in detecting early occlusal caries *in vitro* study. J. Dent. Health 2000, 50, 223–230.
- [16] RICKETTS D., KIDD E., LIEPINS P., WILSON R.: Histological validation of electrical resistance measurements in the diagnosis of occlusal caries. Caries Res. 1996, 30, 148.
- [17] DE JESSELIN DE JONG E., HALL A., VAN DER VEEN M.: Quantitative light-induced fluorescence detection method: a Monte Carlo simulation model. Early detection of dental caries. Ed.: Stookey G.K., Indianapolis, Indiana University 1996, 91–102.
- [18] MURDOCH-KINCH C.: Oral medicine – advances in diagnostic procedures. Calif. Dent. Ass. 1999, 27, 773–780.
- [19] KORDIC A., LUSSI A., LUDER H.: Performance of visual inspection, electrical conductance and laser fluorescence in detecting occlusal caries *in vitro*. Schweiz Monatsschr. Zahnmed. 2003, 113, 852–859.

- [20] ALWAS-DANOWSKA H., PLASSCHAERT A., SULIBORSKI S., VERDONSCHOT E.: Reliability and validity issues of laser fluorescence measurements in occlusal caries diagnosis. *J. Dent.* 2002, 30, 129–134.
- [21] ALWAS-DANOWSKA H.: The performance of electrical conductance and laser fluorescence measurements in the diagnosis of incipient approximal caries lesions – a histological validation. *Pol. J. Environ. Stud.* 2007, 16, 2C, 232–235.
- [22] ASHLEY P., BLINKHORN A., DAVIES R.: Occlusal caries diagnosis: an *in vitro* histological validation of the Electronic Caries Monitor (ECM) and other methods. *J. Dent.* 1998, 26, 83–88.

Adres do korespondencji:

Hanna Małgorzata Alwas-Danowska
ul. Piotrkowska 175A/177 m 37
90-447 Łódź
e-mail: hanna.alwas-danowska@umed.lodz.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 11.06.2010 r.
Po recenzji: 25.06.2010 r.
Zaakceptowano do druku: 13.09.2010 r.

Received: 11.06.2010
Revised: 25.06.2010
Accepted: 13.09.2010