

KATARZYNA KOT<sup>1, B, D, F</sup>, ALICJA NOWICKA<sup>2, A, C, E, F</sup>, PRZEMYSŁAW RESZKA<sup>3, B, C</sup>,  
AGNIESZKA DROŹDZIK<sup>4, A, C, E, F</sup>, MARIUSZ LIPSKI<sup>1, A–F</sup>

## Porównanie skuteczności Endoxalu i Endosalu w usuwaniu warstwy mazistej z powierzchni zębiny kanału korzeniowego – badanie w SEM

### Comparison of Effectiveness of Endoxal and Endosal in Removal of Smear Layer from Root Canal Dentine Surface: A SEM Study

<sup>1</sup> Zakład Stomatologii Przedklinicznej i Endodoncji Przedklinicznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny  
w Szczecinie, Szczecin, Polska

<sup>2</sup> Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie,  
Szczecin, Polska

<sup>3</sup> Prywatny Gabinet Stomatologiczny w Koszalinie, Koszalin, Polska

<sup>4</sup> Zakład Stomatologii Zintegrowanej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Szczecin, Polska

A – koncepcja i projekt badania, B – gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – analiza i interpretacja danych,  
D – napisanie artykułu, E – krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

#### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Podczas biomechanicznego opracowania kanału korzeniowego na powierzchni zębiny kanałowej powstaje warstwa zanieczyszczeń zwana warstwą mazistą (*smear layer*) składająca się z części organicznej i nieorganicznej.

**Cel pracy.** Ocena skuteczności Endoxalu® i Endosalu® w usuwaniu warstwy mazistej z kanału korzeniowego dokonana za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego.

**Materiał i metody.** Do badania użyto 20 jednokorzeniowych zębów ludzkich. Kanały korzeniowe opracowano systemem maszynowych narzędzi niklowo-tytanowych eS5 Endostar osadzonych w kątnicy napędzanej endodontycznym mikrosiłnikiem S5 Endo Motor. Podczas opracowywania kanały płukano 2% podchlorynem sodu. Ostatecznie kanały przepłukano wodą destylowaną i osuszono sączkami papierowymi. Następnie korzenie podzielono na 2 grupy w zależności od użytego preparatu do płukania: w I grupie (n = 10 zębów) kanały płukano 2 ml preparatu Endoxal, w II grupie (n = 10 zębów) 2 ml preparatu Endosal. Następnie zęby przygotowano do oceny skuteczności usuwania warstwy mazistej z części koronowej, środkowej i wierzchołkowej w SEM. Obecność warstwy mazistej oceniano za pomocą 4-stopniowej skali, a uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej z użyciem testu dokładnego Fishera.

**Wyniki.** Nie zaobserwowano żadnych statystycznie istotnych różnic między preparatami Endoxal i Endosal w usuwaniu warstwy mazistej ze ścian kanału korzeniowego.

**Wnioski.** W przypadku obu użytych środków do płukania kanałów nie uzyskano całkowitego usunięcia warstwy mazistej. Usunięcie warstwy mazistej było lepiej widoczne w części koronowej i środkowej niż w wierzchołkowej (*Dent. Med. Probl.* 2016, 53, 4, 483–489).

**Słowa kluczowe:** opracowanie kanałów korzeniowych, płukanie kanałów korzeniowych, warstwa mazista, czystość kanałów.

#### Abstract

**Background.** During biomechanical root canal preparation, a smear layer, consisting of organic and inorganic parts, appears on the surface of the canal dentine.

**Objectives.** The aim of this study was to assess the effectiveness of Endoxal<sup>®</sup> and Endosal<sup>®</sup> in removal of smear layer from root canal dentine using scanning electron microscope.

**Material and Methods.** Twenty extracted single-rooted human teeth were used in the study. The canals were instrumented using eS5 Endostar nickel-titanium rotary files powered by the endodontic micromotor S5 Endo Motor. During preparation, the canals were irrigated with 2% NaOCl. Final irrigation was performed with distilled water and afterwards the canals were dried with paper points. The canals were divided into two groups, according to their irrigation regimen: group I (n = 10 teeth) was irrigated with 2 mL of Endoxal and group II (n = 10 teeth) was irrigated with 2 mL of Endosal. Then the teeth were prepared for scanning electron microscopy to evaluate the smear layer removal from cervical, middle, and apical thirds. The presence of smear layer was assessed using a four-level debris scoring system, and data was statistically analyzed by Fisher's exact test.

**Results.** There was no significant difference between Endoxal and Endosal in smear layer removal.

**Conclusions.** In both agents used for irrigation, a complete removal of the smear layer was not achieved. Removal of smear layer on the coronal and middle thirds was greater than that obtained on the apical third (**Dent. Med. Probl.** 2016, 53, 4, 483-489).

**Key words:** instrumentation of root canals, irrigation of root canals, smear layer, cleanliness of canals.

Podczas biomechanicznego opracowania kanału korzeniowego za pomocą narzędzi endodontycznych na powierzchni zębiny powstaje warstwa zanieczyszczeń zwana warstwą mazistą (smear layer) [1, 2]. Jest to jednolita, amorficzna struktura złożona z organicznego i nieorganicznego materiału, w tym z opiłków zębiny, resztek miazgi, bakterii i produktów ich przemiany materii [3, 4]. Mader et al. [5] oraz Cameron [6] stwierdzili, że warstwa mazista składa się z dwóch oddzielnych części: jednej powierzchniowej, luźno przylegającej do zębiny kanałowej oraz drugiej, która wnika w obręb kanalików zębinowych na głębokość 40 µm, tworząc charakterystyczne wypustki (smear plugs). Grubość warstwy mazistej zależy od wielu czynników, w tym m.in. od: budowy narzędzi kanałowych i techniki opracowania kanału [7-9], stanu wilgotności zębiny kanałowej [10], sposobu irygacji oraz rodzaju i objętości środków użytych do płukania kanałów korzeniowych [11].

Od wykazania, że podczas opracowania kanału powstaje warstwa mazista przeprowadzono wiele badań [7-9]. Ich wyniki wskazują na konieczność usuwania warstwy mazistej, choć niektórzy autorzy uważają, że należy ją pozostawić w kanale jako barierę przeciw bakteriom, które nie mogłyby wówczas wnikać do światła kanału od strony kanalików zębinowych [12, 13]. Zwolenników usuwania *smear layer* jest jednak zdecydowanie więcej. Argumentami przemawiającymi za usuwaniem warstwy mazistej ze ścian kanału korzeniowego są znajdujące się w tej warstwie bakterie, które mogą się namnażać i doprowadzać do reinfekcji kanału korzeniowego, a także wywoływać stan zapalny w tkankach okołowierzchołkowych [14, 15]. Pozostawiona warstwa mazista zaburza również działanie środków do płukania kanałów i wkładek dezynfekujących [1, 16] oraz negatywnie wpływa na szczelność wypełnień kanałowych [17, 18].

Obecnie w celu usunięcia warstwy mazistej niezbędne jest stosowanie 15-17% EDTA lub 40%

kwasy cytrynowego wraz z podchlorynem sodu. Podchloryn sodu rozpuszcza część organiczną warstwy mazistej i działa bakteriobójczo, natomiast EDTA i kwas cytrynowy jako związki chelatujące usuwają część nieorganiczną warstwy mazistej, nie wykazując jednak działania przeciwbakteryjnego.

Ostatnio na rynku stomatologicznym pojawił się nowy preparat do płukania kanałów – Endoxal<sup>®</sup> (Chema-Elektromet, Polska). Jest to środek dezynfekujący usuwający warstwę mazistą, przeznaczony do końcowego płukania kanałów korzeniowych, podobnie jak inny zagraniczny preparat QMix 2 in 1<sup>®</sup> (Dentsply, USA) [3, 19]. Endoxal zawiera 15% EDTA, diglukonian chlorheksydy, bromek benzalkoniowy, wodorotlenek sodu oraz wodę oczyszczoną. Jest roztworem bezbarwnym, bezwonny. Ze względu na chemiczną budowę w preparacie nie dochodzi do wytrącania się białych precypitatów, jak w przypadku zmieszania chlorheksydy z EDTA. Nie należy go jednak stosować bezpośrednio po podchlorynie sodu ze względu na wytrącanie się brunatnego osadu.

Celem badania była ocena skuteczności usuwania warstwy mazistej za pomocą Endoxalu (Chema-Elektromet, Polska) w porównaniu z Endosalem<sup>®</sup> – 15% roztworem EDTA (Chema-Elektromet, Polska).

## Material i metody

Do badania posłużyło 20 usuniętych zębów ludzkich z pojedynczym kanałem korzeniowym. Bezpośrednio po ekstrakcji zęby oczyszczano z resztek ozębnej z użyciem ręcznego skalera i płukano pod bieżącą wodą. Następnie odcinano korony zębów na wysokości szyjki anatomicznej oraz określano długość roboczą poprzez wprowadzenie pilnika Kerra nr 10 do kanału do momentu ukazania się jego końca w otworze anatomicznym. Od określonej w ten sposób długości odej-

mowano 1 mm i wynik ten przyjmowano jako długość roboczą. Do badania kwalifikowano zęby, których kanały korzeniowe przyszczytowo były rozmiaru 10–15. Do opracowania kanałów korzeniowych użyto systemu maszynowych narzędzi niklowo-tytanowych eS5 Endostar® (Poldent, Polska) osadzonych w kątnicy napędzanej endodontycznym mikrosilnikiem S5 Endo Motor® (Sendoline, Wielka Brytania). Przywierzchołkowo kanały opracowano od rozmiaru 30.04, stosując kolejność narzędzi i sposób postępowania zgodny z zaleceniami producenta. Kanały płukano po zastosowaniu każdego narzędzia 2 ml 2% NaOCl (Chema-Elektromet, Polska). Roztwór płuczący wprowadzano do kanału za pomocą strzykawki i igły endodontycznej o średnicy 0,3 mm (Ultradent, USA). Końcowe płukanie kanału wykonano z zastosowaniem 5 ml 2% NaOCl, następnie osuszono i przepłukano 5 ml wody destylowanej i ponownie osuszono sączkami papierowymi (Septodont, Francja). Podczas opracowania jednego kanału zużywano zatem około 15–20 ml roztworu NaOCl.

W kolejnym etapie zęby podzielono na 2 grupy po 10 zębów w każdej. W I grupie kanały płukano 2 ml preparatu Endoxal (Chema-Elektromet, Polska) z użyciem strzykawki i igły nr 30. Preparat pozostawiono w kanale na 2 minuty, a następnie kanał osuszono za pomocą sączków papierowych, przepłukano wodą destylowaną i ponownie osuszono sączkami papierowymi. W grupie II wykonano tę samą procedurę, z tym że zamiast Endoxalu użyto 2 ml preparatu Endosal (Chema-Elektromet, Polska).

W dalszej kolejności, po zamknięciu wejść do kanałów kulkami z waty przystępowano do przygotowania preparatów do badania w elektronowym mikroskopie skaningowym. W tym celu za pomocą wiertła diamentowego osadzonego w kątnicy wiertarki turbinowej wycinano 2 rowki na powierzchniach stycznych korzeni, nie dochodząc jednak do światła kanału, a następnie kleszczami do przecinania drutu rozdzielano korzenie na 2 połówki, uzyskując 2 przełomy. Do oceny zakwalifikowano po 1 przełomie z każdego zęba.

Obserwacji dokonano w elektronowym mikroskopie skaningowym JEOL 6100 (Jeol, Japonia) oraz JSM 5600LV (Jeol, Japonia). W przypadku mikroskopu JEOL 6100 przygotowanie preparatów do badania polegało na odwodnieniu w szeregu alkoholowym, a następnie na napyleniu powierzchni kanału pyłem ze stopu AuPd 40. Przygotowanie próbek do badania w mikroskopie JSM 5600LV (mikroskop pozwalający wykonać badanie w tzw. warunkach środowiskowych) nie wymagało natomiast metalizacji próbek, a jedynie odwodnienia.

Oceny warstwy mazistej dokonano w powiększeniu  $\times 1000$  na całej długości w obrębie odcinków: wierzchołkowego, środkowego i koronowego. Przyjęto kryteria stosowane w piśmiennictwie przez Dai et al. [19]:

– ocena 1 – warstwa mazista pokrywająca mniej niż 25% powierzchni ścian kanału korzeniowego; większość kanalików zębinowych jest czysta i otwarta (część koronowa i środkowa kanału) lub zamknięta sklerotyczną zębiną (część wierzchołkowa);

– ocena 2 – warstwa mazista widoczna na większej niż 25% powierzchni kanału korzeniowego; kanaliki zębinowe zawierają w swoim świetle resztki miazgi i opiłki zębiny;

– ocena 3 – warstwa mazista pokrywająca więcej niż 50% powierzchni kanału korzeniowego; widoczne ujścia kanalików zębinowych mają zmniejszoną średnicę ze względu na częściowe ich zamknięcie przez resztki miazgi i opiłki;

– ocena 4 – warstwa mazista pokrywająca więcej niż 75% powierzchni kanału korzeniowego; widoczna tylko niewielka liczba kanalików zębinowych.

Obserwacji dokonała jedna osoba – lekarz dentysta. Oceniający nie miał wiedzy na temat środka płuczącego zastosowanego w przypadku obserwowanych próbek.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej z użyciem testu dokładnego Fishera. Za poziom istotności przyjęto  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1. Zarówno w przypadku grupy zębów, których kanały płukano Endoxalem, jak i zębów, w których użyto Endosalu, najgorzej została oczyszczona część wierzchołkowa kanału. Załedwie w 1 (kanał płukany Endosalem) względnie w 2 przypadkach (kanały płukane Endoxalem) usunięto warstwę mazistą z ponad trzech czwartych powierzchni ocenianego odcinka kanału. Istotnie lepiej kanały oczyszczono natomiast w części środkowej i koronowej. Oceniając odcinek środkowy kanałów, wartość 1 (warstwa mazista pokrywająca mniej niż 25% powierzchni poddanej ocenie) przyznano 7 korzeniom w obu badanych grupach, a badając część koronową – wszystkim próbkom z obu grup.

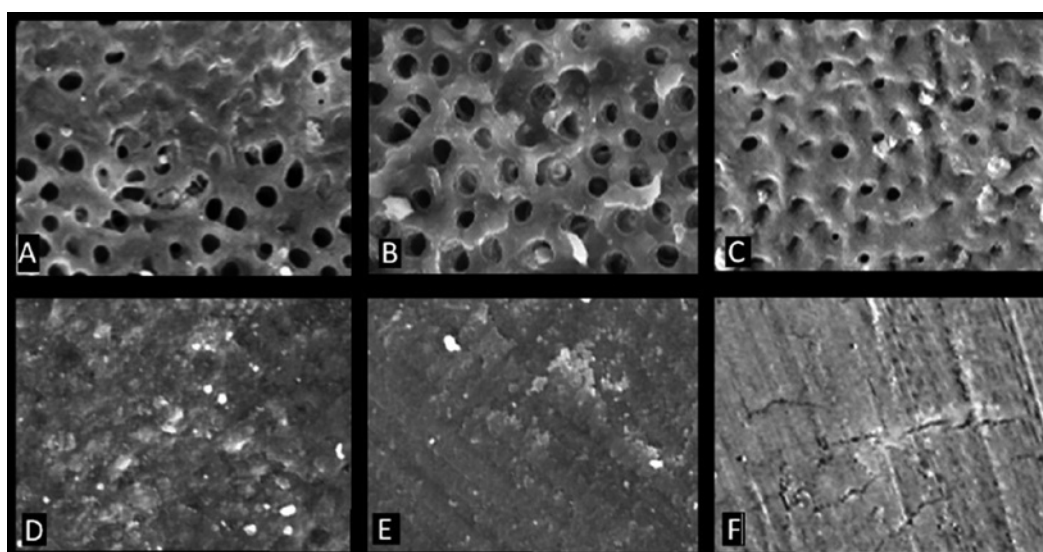
Gdy porównano skuteczność obu ocenianych roztworów w usuwaniu warstwy mazistej, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic.

Rycina 1 (a–c) przedstawia obrazy zębiny kanałowej pozbawionej warstwy mazistej, a na rycinie 1 (d–f) jest widoczna warstwa mazista szczelnie pokrywająca ścianę kanału.

**Tabela 1.** Ocena warstwy mazistej w poszczególnych częściach kanałów korzeniowych**Table 1.** Evaluation of the smear layer in different parts of root canals

Grupa (liczba próbek) Group (number of samples)	Odcinek kanału korzeniowego Part of root canal	Warstwa mazista (ocena) Smear layer (scores)			
		1	2	3	4
I (10)	koronowy	10 <sup>a</sup>	0 <sup>e</sup>	0	0
	środkowy	7 <sup>b</sup>	2	1	0
	wierzchołkowy	2 <sup>ab</sup>	6 <sup>e</sup>	2	0
II (10)	koronowy	10 <sup>c</sup>	0 <sup>f</sup>	0	0
	środkowy	7 <sup>d</sup>	3	0	0
	wierzchołkowy	1 <sup>cd</sup>	7 <sup>f</sup>	1	1

Takie same litery oznaczają różnicę istotną statystycznie.  
The same letters indicate statistically significant difference.



**Ryc. 1.** Przykładowe obrazy ściany kanału korzeniowego: pozbawionej warstwy mazistej (a–c) i pokrytej szczelnie warstwą mazistą (d–f). SEM, pow.  $\times 1000$

**Fig. 1.** The sample images of root canal surface: there is no smear layer on the dentine surface (a–c) and the dentine surface is covered thickly by the smear layer (d–f). SEM,  $\times 1000$

## Omówienie

Uzyskanie pozytywnego wyniku leczenia endodontycznego zależy przede wszystkim od dokładnego oczyszczenia światła kanału z miazgi i bakterii, usunięcia warstwy mazistej, nadania kanałowi odpowiedniego kształtu zapewniającego zachowanie jego naturalnego przebiegu oraz szczelnego jego wypełnienia. Z uwagi na różne skale ocen i metodykę badań nadal metodą z wyboru w badaniach nad skutecznością oczyszczenia ścian kanału korzeniowego z warstwy mazistej i resztek miazgi oraz opiłków zębiny jest ocena w elektronowym mikroskopie skaningowym [20].

W badaniu oceniono skuteczność Endoxalu, nowego preparatu na bazie EDTA i chlorheksydyny, i Endosalu, 15% roztworu EDTA, w usu-

waniu warstwy mazistej w obrębie części koronowych, środkowych i wierzchołkowych badanych kanałów korzeniowych. Bez względu na zastosowany roztwór stwierdzono, iż najlepiej oczyszczono części koronowe i środkowe kanałów, a najgorzej części wierzchołkowe. Zaobserwowane w badaniu własnym nagromadzenie warstwy mazistej w poszczególnych częściach kanałów korzeniowych jest zgodne z wynikami innych autorów [9, 19–22]. Jest to związane z morfologią samej zębiny kanałowej. W odcinku koronowym znajduje się więcej kanalików zębinowych, a ich światło jest szersze w porównaniu z odcinkiem wierzchołkowym, w którym liczba kanalików zębinowych jest mniejsza. Działanie związków chelatujących w obrębie odcinka wierzchołkowego wydaje się zatem mniej skuteczne ze względu na obecność zębiny

międzykanalikowej, która jest słabiej zmineralizowana niż zębina wewnątrzkanalikowa [3, 23]. Ponieważ warstwa mazista powstaje na skutek tarcia narzędzia o zębinę, obecność znacznie większej jej ilości w węższych przyszczytowych częściach kanałów można tłumaczyć skutecznym skrawaniem zębiny przez narzędzia kanałowe w tym obszarze (większy kontakt narzędzia z zębiną) oraz mniej efektywnym płukaniem (trudniejsza penetracja środka płuczącego w obręb stosunkowo wąskiego wierzchołkowego odcinka kanału). Ilość powstającej warstwy mazistej zależy zatem od szerokości kanału korzeniowego. W szerokich odcinkach kanału lub kanałach szerokich powstaje jej mniej niż w obrębie odcinków o węższym świetle lub kanałach wąskich, ze względu na mniejszy kontakt narzędzia ze ścianami kanału oraz znacznie skuteczniejsze płukanie [9, 22, 24].

Obecnie nie ma żadnych zaleceń klinicznych co do optymalnego czasu płukania kanałów korzeniowych preparatami zawierającymi EDTA. W piśmiennictwie opisywano, iż EDTA skutecznie usuwał warstwę mazistą w czasie krótszym niż 1 minuta, zapobiegając szkodliwym konsekwencjom, takim jak erozja zębiny korzeniowej oraz obniżenie mikroczłonowości zębiny [25]. Inne badania sugerowały pozostawienie roztworu w kanale korzeniowym na co najmniej 15 minut [26]. Çalt i Serper [25] badając wpływ 1-minutowej i 10-minutowej ekspozycji zębiny kanałowej na 17% roztwór EDTA, zaobserwowali skuteczne usunięcie warstwy mazistej z opracowanej powierzchni w ciągu 1 minuty (otwarte światło kanalików zębinowych); w 2 z 6 próbek stwierdzono nieznacznie erozyjne działanie EDTA w stosunku do zębiny międzykanalikowej i wewnątrzkanalikowej. W przypadku 10-minutowej irygacji EDTA zaobserwowano natomiast nadmierne działanie erozyjne, które doprowadziło do rozpuszczenia zębiny międzykanalikowej i wewnątrzkanalikowej. Z kolei Scelza et al. [27] oceniali czystość ścian kanału korzeniowego po 3, 10 i 15 minutach stosowania EDTA, EDTA-T i kwasu cytrynowego. Autorzy ci stwierdzili, iż dłuższy czas stosowania preparatów nie wpływa na ich skuteczność. W badaniu własnym do płukania kanałów użyto preparatów Endoxal i Endosal, które wprowadzano do kanału za pomocą strzykawki i igły endodontycznej i pozostawiono na 2 minuty w świetle kanału korzeniowego.

Obecnie dostępnych jest wiele publikacji oceniających skuteczność usuwania warstwy mazistej z użyciem różnych środków płuczących. Całkowicie nieskuteczne okazały się fizjologiczny roztwór soli [28] i woda utleniona [29]. W celu usunięcia warstwy mazistej niezbędne jest stosowanie sekwencji płukania składającej się z podchlorynu

sodu, EDTA lub kwasu cytrynowego [30–34]. Carvalho et al. [30] oceniali skuteczność podchlorynu sodu, EDTA, soli fizjologicznej i chlorheksydyny w usuwaniu warstwy mazistej. Zaobserwowali, iż w grupie, w której do płukania kanałów użyto podchlorynu sodu i EDTA, powierzchnia pozbawiona warstwy mazistej była większa w porównaniu z grupą kanałów płukanych chlorheksydyną i EDTA lub solą fizjologiczną i EDTA. Pitoni et al. [31] stwierdzili, że 1% podchloryn sodu z 17% EDTA jest równie skuteczny w usuwaniu warstwy mazistej jak 1% podchloryn sodu z 6% kwasem cytrynowym. Pawlicka [2] oceniała czystość zębiny kanałowej po zastosowaniu 40% kwasu cytrynowego bez aktywacji ultradźwiękami i po niej oraz 5,25% podchlorynu sodu. Większą poprawę czystości kanałów zaobserwowała po dodatkowej aktywacji kwasu cytrynowego ultradźwiękami. Lui et al. [32] stwierdzili, że 17% EDTA po aktywacji ultradźwiękami lepiej usuwa warstwę mazistą, szczególnie w części wierzchołkowej korzenia, niż gdy ultradźwięki nie zostały użyte. Natomiast Balal et al. [33] oceniali czystość ścian kanałów korzeniowych po zastosowaniu 7% kwasu maleinowego i 17% EDTA i zaobserwowali skuteczniejsze usuwanie warstwy mazistej z części wierzchołkowej po zastosowaniu 7% kwasu maleinowego. Nie stwierdzili jednak istotnych różnic w części koronowej i środkowej kanału zarówno po użyciu 7% kwasu maleinowego, jak i 17% EDTA. Badania przeprowadzone przez Hasheminia et al. [34] wykazały, iż płukanie kanału korzeniowego przez 1 minutę 17% EDTA oraz 5% kwasem maleinowym było bardziej skuteczne w oczyszczaniu zębiny kanałowej niż po zastosowaniu lasera Nd:YAG. Podobne wyniki uzyskali inni autorzy [35], stosując laser diodowy w celu usunięcia warstwy mazistej.

W badaniu własnym porównano preparat Endoxal, który oprócz 15% EDTA zawiera również chlorheksydynę, z preparatem Endosal, który jest złożony wyłącznie z EDTA. Nie stwierdzono różnic w skuteczności usuwania warstwy mazistej po zastosowaniu obu badanych preparatów. Oznacza to, iż dodanie chlorheksydyny do EDTA nie wpływa na chelatujące właściwości wersenianu sodu. Natomiast biorąc pod uwagę wyniki badań dotyczące preparatów złożonych o składzie bardzo zbliżonym do Endoxalu, tj. zawierające poza EDTA również chlorheksydynę, można się spodziewać jego znacznie lepszych właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwegrzybiczych w porównaniu z 15% roztworem EDTA [36–38].

Podsumowując uzyskane wyniki, należy stwierdzić, że skuteczność usuwania warstwy mazistej za pomocą preparatów Endoxal i Endosal jest porównywalna. W przypadku obu użytych środków

do płukania kanałów nie jest możliwe całkowite usunięcie warstwy mazistej. Bez względu na zastosowany preparat gorzej zostaje oczyszczony

z warstwy mazistej odcinek wierzchołkowy kanału w porównaniu z częścią środkową oraz koronową.

## Piśmiennictwo

- [1] VIOLICH D.R., CHANDLER N.P.: The smear layer in endodontics – a review. *Int. Endod. J.* 2010, 43, 2–15.
- [2] PAWILCKA H.: An evaluation of effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. A SEM study. *Stomatol. Współcz.* 1995, 2, 539–543 [in Polish].
- [3] ELIOT C., HATTON J.F., STEWARD G.P., HILDEBOLT C.F., GILLESPIE M.J., GUTMANN J.L.: The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: An *ex vivo* study. *Odontology* 2014, 102, 232–240.
- [4] PETERS O., BARBAKOW F.: Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: A scanning electron microscopic study. *J. Endod.* 2000, 26, 6–10.
- [5] MADER C.L., BAUMGARTNER J.C., PETERS D.D.: Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J. Endod.* 1984, 10, 477–483.
- [6] CAMERON J.A.: The use of ultrasonic in the removal of the smear layer: A scanning electron microscope study. *J. Endod.* 1983, 9, 289–292.
- [7] AHLQUIST M., HENNINGSSON O., HULTENBY K., OHLIN J.: The effectiveness of manual and rotary techniques in cleaning of root canals: A scanning electron microscopy study. *Int. Endod. J.* 2001, 34, 533–537.
- [8] BERTRAND M.F., PIZZARDINI P., MULLER M., MEDIONI E., ROCCA J.P.: The removal of the smear layer using the Quantec system. A study using the scanning electron microscope. *Int. Endod. J.* 1999, 32, 217–224.
- [9] LICHOTA D., LIPSKI M., WOŹNIAK K.: Evaluation of the walls of root canals prepared using ProFile instruments – in SEM study. *Czas. Stomatol.* 2005, 58, 151–157 [in Polish].
- [10] CAMERON J.A.: The use of ultrasound for removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration: SEM study. *Aust. Dent. J.* 1988, 33, 193–200.
- [11] RÖDIG T., HÜLSMANN M., MÜHGE M., SCHÄFERS F.: Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int. Endod. J.* 2002, 35, 919–928.
- [12] FACHIN E.V.F., SCARPARO R.K., MASSONI L.I.S.: Influence of smear layer removal on the obturation of root canal ramifications. *J. Appl. Oral Sci.* 2009, 14, 240–243.
- [13] PUTZER P., HAY H., GÜNAY H.: Highly concentrated EDTA gel improves cleaning efficiency of root canal preparation *in vitro*. *Clin. Oral Investig.* 2008, 12, 319–324.
- [14] TORABINEJAD M., HANDYSIDES R., KHADEMI A.A., BAKLAND L.K.: Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2002, 94, 658–666.
- [15] GEORGE S., KISHEN A., SONG K.P.: The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J. Endod.* 2005, 31, 867–872.
- [16] YANG S.E., BAE K.S.: Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *J. Endod.* 2002, 28, 433–437.
- [17] KOKKAS A.B., BOUTSIPOUKIS A.CH., VASSILIADIS L.P., STAVRIANOS C.K.: The influence of smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: An *in vitro* study. *J. Endod.* 2004, 30, 100–102.
- [18] SALEH I.M., RUYTER I.E., HAAPASALO M., ØRSTAVIK D.: Bacterial penetration along different root canal filling material in the presence or absence of smear layer. *Int. Endod. J.* 2008, 41, 32–40.
- [19] DAI L., KHECHEN K., KHAN S., GILLEN B., LOUSHINE B.A., WIMMER C.E., GUTMANN J.L., PASHLEY D., TAY F.R.: The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J. Endod.* 2011, 37, 80–84.
- [20] ŁASZKIEWICZ J., PIĄTOWSKA D.: Evaluation of the cleanliness of curved root canal walls after hand instrumentation with stainless steel and nickel-titanium files. An *in vitro* scanning electron microscope study. *Czas. Stomat.* 2001, 54, 295–301 [in Polish].
- [21] LIPSKI M., LICHOTA D., GÓRSKI M., DURA W., DROŹDZIK A.: Cleanliness of the walls of root canals in teeth with incomplete development of root, rinsed with 2% chlorhexidine. A SEM study. *Ann. Acad. Med. Stet.* 2013, 59, 81–85 [in Polish].
- [22] LICHOTA D., NOWICKA A., WOŹNIAK K., LIPSKI M.: Cleanliness of the walls of root canals after preparation with MTwo rotary nickel-titanium instruments: A SEM study. *Ann. Acad. Med. Stet.* 2008, 54, 58–62 [in Polish].
- [23] PAQUÉ F., LUDER H.U., SENER B., ZEHNDER M.: Tubular sclerosis rather than smear layer impedes dye penetration into the dentin of endodontically instrumented root canals. *Int. Endod. J.* 2006, 39, 18–25.
- [24] TORABINEJAD M., KHADEMI A.A., BABAGOLI J., CHO Y., JOHNSON W.B., BOZHILOV K., KIM J., SHABAHANGQ S.: A new solution for the removal of the smear layer. *J. Endod.* 2003, 29, 170–175.
- [25] ÇALT S., SERPER A.: Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J. Endod.* 2002, 28, 17–19.
- [26] GOLDBERG F., SPIELBERG C.: The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1982, 53, 74–77.
- [27] SCELZA M.F., SCELZA V.P., PEREIRA M.: Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA and citric acid on smear layer removal. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2004, 98, 499–503.
- [28] BAUMGARTNER J.C., BROWN C.M., PETERS D.D., SHULMAN J.D.: A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J. Endod.* 1984, 10, 521–531.

- [29] SALMA F.S., ABDELMEGID F.Y.: Six percent citric acid better than hydrogen peroxide in removing smear layer: An *in vitro* pilot study. *Pediatr. Dent.* 1994, 16, 424–426.
- [30] CARVALHO A.S., CAMARGO C.H., VALERA M.C., CAMARGO S.E., MANCINI M.N.: Smear layer removal by auxiliary chemical substances in biomechanical preparation: A scanning electron microscope study. *J. Endod.* 2008, 34, 1396–1400.
- [31] PITONI C.M., FIGUIREDO M.C., ARAUJO F.B., SOUZA M.A.: Ethylenediaminetetraacetic acid and citric solutions for smear layer removal in primary tooth root canals. *J. Dent. Child.* 2011, 78, 131–137.
- [32] LUI J.N., KUAH H.G., CHEN N.N.: Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonic on removal of smear layer. *J. Endod.* 2007, 33, 472–475.
- [33] BALLAL N.V., KANDIAN S., MALA K., BHAT K.S., ACHARYA S.: Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: A scanning electron microscopic study. *J. Endod.* 2009, 35, 1573–1576.
- [34] HASHEMINIA S.M., BIRANG R., FEIZIANFARD M., NASOURI M.: A comparative study of the removal of smear layer by two endodontic irrigants and Nd:YAG laser: A scanning electron microscopic study. *ISRN Dent.* 2012: 620951.
- [35] KOÇAK S., ÇIÇEK E., SAĞLAM B.C., KOÇAK M.M., TÜRKER S.A.: Influence of diode laser application on the efficiency of QMix and EDTA solutions in removing smear layer. *Photomed. Laser Surg.* 2015, 33, 564–567.
- [36] MA J., WANG Z., SHEN Y., HAAPASALO M.: A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J. Endod.* 2011, 37, 1380–1385.
- [37] STOJICIC S., SHEN Y., QIAN W., JOHANSON B., HAAPASALO M.: Antibacterial and smear layer removal ability of novel irrigant, QMix. *Int. Endod. J.* 2012, 45, 363–371.
- [38] ELAKANTI S., CHERUKURIR G., RAO V.G., CHANDRASEKHAR V., RAO A.S., TUMMALA M.: Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of QMix™ 2 in 1, sodium hypochlorite, and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *J. Conserv. Dent.* 2015, 18, 128–131.

### Adres do korespondencji:

Katarzyna Kot  
Zakład Stomatologii Zachowawczej Przedklinicznej i Endodoncji Przedklinicznej  
Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie  
Al. Powstańców Wlkp. 72  
70-111 Szczecin  
e-mail: fantom@pum.edu.pl

Konflikt interesów: nie występuje

Praca wpłynęła do Redakcji: 1.06.2016 r.  
Po recenzji: 13.06.2016 r.  
Zaakceptowano do druku: 28.06.2016 r.

Received: 1.06.2016  
Revised: 13.06.2016  
Accepted: 28.06.2016