

Preparaty do płukania kanałów korzeniowych o właściwościach chelatujących oraz dezynfekujących — przegląd piśmiennictwa

Intracanal irrigating solutions with chelating and disinfecting properties — literature review

Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej Przedklinicznej i Endodoncji Przedklinicznej
Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

DOI: <http://dx.doi.org/10.20883/df.2018.17>

STRESZCZENIE

Warstwa mazista powstaje na powierzchni ścian kanału po ich mechanicznym opracowaniu za pomocą narzędzi ręcznych, rotacyjnych, a także ultradźwiękowych. Obecnie zaleca się usuwanie tej warstwy, ponieważ uważa się, że jej pozostawienie może prowadzić do niepowodzenia leczenia. W tym celu stosuje się związki chelatujące, których działanie dezynfekujące jest mierne. Dlatego w przypadku kanałów zainfekowanych, po usunięciu warstwy mazistej i odsłonięciu kanalików zębinowych, zaleca się użycie roztworów dezynfekujących. Aby uprościć procedurę ostatecznego płukania kanału korzeniowego wyprodukowano ostatnio preparaty chelatujące posiadające również działanie dezynfekujące. Użycie tych preparatów płuczących zapewnia usunięcie warstwy mazistej z jednoczesną dezynfekcją kanału korzeniowego i nie wymaga, w związku z tym, dodatkowego stosowania środków o działaniu przeciwbakteryjnym/przeciwgrzybiczym. Artykuł stanowi przegląd piśmiennictwa dotyczącego preparatów złożonych stosowanych do płukania kanałów korzeniowych podczas leczenia endodontycznego. W artykule uwzględniono skuteczność wybranych preparatów w usuwaniu warstwy mazistej, aktywność przeciwbakteryjną/przeciwgrzybiczą, problem erozji kanalików zębinowych oraz interakcji występujących pomiędzy środkami płuczącymi jak i innych działań niepożądanych.

Słowa kluczowe: warstwa mazista, płukanie kanałów korzeniowych, dezynfekcja kanałów korzeniowych, leczenie endodontyczne.

ABSTRACT

Smear layer is produced on the root canal dentine surface whenever dentine is cut with hand, rotary or ultrasonic instruments. Nowadays removal of the smear layer is highly recommend, because presence of the smear layer can lead to the treatment failure. In order to completely remove the smear layer, chelating agents are used. Disinfecting properties of these chelating fluids are insufficient. In the infected root canals it is necessary to use disinfecting solutions after smear layer removal. In order to simplify the procedure of final root canal irrigation new intracanal irrigants were produced. Using these novel irrigants ensures smear layer removal and canal disinfection at the same time. This article presents a review of endodontic irrigants with both antibacterial and smear layer removal abilities. The aim of this paper is to review chelating and antimicrobial/ antifungal properties of specific solutions, problem of root dentine erosion, interactions between the irrigants and other side effects.

Keywords: smear layer, root canal irrigation, root canal disinfection, endodontic treatment.

Wstęp

Dokładne chemo-mechaniczne opracowanie ścian kanału korzeniowego jest główną procedurą prawidłowego leczenia endodontycznego. Warstwa mazista powstaje na powierzchni ścian kanału po ich mechanicznym opracowaniu za pomocą narzędzi ręcznych, rotacyjnych, a także ultradźwiękowych. Warstwa mazista nie tylko pokrywa powierzchnię kanału korzeniowego zamykając ujścia kanalików zębinowych, ale również, na skutek me-

chanicznego opracowania kanału korzeniowego zostaje wprowadzona do światła kanalików zębinowych [1]. Skład warstwy mazistej stanowi woda, opiłki zębiny, resztki miazgi oraz drobnoustroje [2]. Pozostawienie warstwy mazistej podczas leczenia endodontycznego może prowadzić do niepowodzenia leczenia w następstwie utraty szczelności wypełnienia kanałowego na skutek dehydratacji i zmian objętości warstwy mazistej i ostatecznie reinfekcji kanału [3]. Biorąc ten fakt pod uwagę za-

leca się zatem usuwanie tej warstwy. Ze względu na to, iż warstwa mazista składa się zarówno z warstwy organicznej jak i nieorganicznej nie może być ona usunięta w całości żadnym z obecnie dostępnych płynów płuczających. Z tego względu niezbędne jest przeprowadzenie ostatecznego płukania kanału korzeniowego kilkoma roztworami w odpowiedniej kolejności. Organiczną część warstwy mazistej usuwa stosowany od wielu lat podchloryn sodu. Właściwości rozpuszczające tkankę organiczną tego związku zostały potwierdzone licznymi badaniami [4–7]. Natomiast w celu usunięcia części nieorganicznej warstwy mazistej niezbędne jest zastosowanie środka chelatującego [8]. Wśród preparatów o udowodnionej skuteczności wobec nieorganicznej części warstwy mazistej znajdują się roztwory EDTA i kwasu cytrynowego. W piśmiennictwie pojawiają się również badania dowodzące

usunięcie warstwy mazistej i jednoczesną dezynfekcję kanału korzeniowego przez conie wymaga, w związku z powyższym, dodatkowego stosowania środków dezynfekujących.

Skuteczność preparatów złożonych w usuwaniu warstwy mazistej

Preparaty złożone były przedmiotem wielu badań. Najczęściej oceniano skuteczność usuwania warstwy mazistej, w porównaniu z preparatami chelatującymi niezawierającymi związków dezynfekujących [12–17]. Torabinejad i wsp. [12] ocenili skuteczność usuwania warstwy mazistej z użyciem preparatu BioPure MTAD używając w tym celu 48 jednokanałowych, usuniętych zębów ludzkich. Materiał badawczy podzielono na 4 grupy po 12 zębów w każdej z nich. Zęby z grupy kontrolnej płukane były wodą destylowaną zarówno podczas

Tabela 1. Preparaty o działaniu chelatującym zawierające w swoim składzie związek o działaniu dezynfekującym

Table 1. Chelating agents containing disinfectants

| Nazwa preparatu (producent) | Skład preparatu |
|---|---|
| Biopure MTAD (Dentsply, Tulsa Dental) | 4,25% kwas cytrynowy, doksycyklina 100 mg/ml, Tween-80, 4,25% |
| TetraClean (Ogna Laboratori Farmaceutici) | Doksycyklina 50 mg/ml, detergent, cetrymid |
| QMix 2in1 (Dentsply, Tulsa Dental) | EDTA, chlorheksydyna, detergent |
| SmearOFF 2-in-1 (Vista Dental Products, Racine) | 18% EDTA, <1% chlorheksydyna |
| Endoxal (Chema-Elektromet) | 15% EDTA, chlorheksydyna |

skuteczności kwasu nadoctowego, kwasu maleinowego, kwasu etidronowego i kwasu borowego w usuwaniu tej struktury [9, 10]. W przypadku ich zastosowania, w kanałach zainfekowanych konieczne jest dodatkowe, końcowe płukanie kanału środkiem dezynfekującym. Aby uprościć tę procedurę (ograniczyć liczbę etapów) wyprodukowano ostatnio preparaty chelatujące o jednoczesnym działaniu dezynfekującym. Preparatem, który jako pierwszy został wprowadzony na rynek stomatologiczny jest BioPure MTAD zawierający kwas cytrynowy oraz izomer tetracykliny (doksycyklinę), a także detergent [11]. Preparat TetraClean, o bardzo zbliżonym składzie również zawiera antybiotyk- doksycyklinę, jednak w mniejszym o połowę stężeniu. Kolejnymi preparatami złożonymi są QMix 2in1 oraz SmearOFF, w których antybiotyk zastąpiono innym środkiem dezynfekującym — chlorheksydyną. Obecnie dostępny jest również preparat Endoxal produkowany w Polsce, w którego skład również wchodzi EDTA i chlorheksydyna. Użycie tych preparatów płuczających umożliwia

oraz po opracowaniu mechanicznym kanałów korzeniowych. Pozostałe 36 zębów w trakcie opracowywania płukano 5,25% roztworem podchlorynu sodu. Ostateczne płukanie w grupie B wykonano 5,25% roztworem podchlorynu sodu, w grupie C — 17% roztworem EDTA, a w grupie D — preparatem BioPure MTAD. Czas ostatecznego płukania wyniósł po 4 minuty dla każdej próbki. Oceny skuteczności usuwania warstwy mazistej dokonano w elektronowym mikroskopie skaningowym stosując 3-stopniową skalę. W grupie kontrolnej oraz w grupie B (5,25% roztwór podchlorynu sodu) grubo warstwa mazista pokrywała całe powierzchnie kanałów badanych zębów. Ujścia kanalików zębinowych były w tych zębach niewidoczne. W grupie C (17% roztwór EDTA) powierzchnia kanałów była wolna od warstwy mazistej, ale w obrębie kanalików zębinowych, w części wierzchołkowej kanału obserwowano umiarkowaną ilość zanieczyszczeń. W grupie D (preparat BioPure MTAD) zarówno powierzchnia kanału, jak i światło kanalików zębinowych nie zawierały warstwy mazistej.

Różnica w czystości wierzchołkowej części kanału płukanej za pomocą BioPure MTAD, a roztworem EDTA była istotna statystycznie. Yadav i wsp. [13] również porównali skuteczność usuwania warstwy mazistej za pomocą preparatu BioPure MTAD, 9% i 18% roztworu kwasu etidronowego oraz preparatu SmearClear zawierającego 17% roztwór EDTA oraz surfaktant kationowy i anionowy. Ostateczne płukanie kanałów po ich mechanicznym opracowaniu wykonano z użyciem 5 ml płynu płuczącego (w zależności od grupy badanej) w ciągu 5 minut. Analiza obrazów z mikroskopu elektronowego wykazała, że ostateczne płukanie kanału preparatem SmearClear skutkowało najmniejszą ilością warstwy mazistej. Natomiast preparat BioPure MTAD wykazał się mniejszą skutecznością w usuwaniu warstwy mazistej niż SmearClear, ale wyższą skutecznością, niż roztwory kwasu etidronowego. Dai i wsp. [14] w badaniu *in vitro* porównali aktywność preparatów QMix (pH = 8), QMix (pH = 7,5), BioPure MTAD oraz 17% EDTA wobec warstwy mazistej pokrywającej powierzchnie kanałów korzeniowych. Obserwacje w mikroskopie elektronowym wykazały, że BioPure MTAD okazał się najskuteczniejszy wobec warstwy mazistej w każdej części kanału korzeniowego, a obie wersje preparatu QMix były równie skuteczne, co 17% roztwór EDTA w usuwaniu warstwy mazistej z całej powierzchni kanału korzeniowego. Porównywalną skuteczność preparatu QMix oraz 17% roztworu EDTA po 5 minutach płukania badanych próbek udowodnili również Stojcic i wsp. [15]. Oceny dokonano na podstawie obserwacji powierzchni zębiny korzeniowej w mikroskopie elektronowym analizując liczbę otwartych i zamkniętych kanalików zębinowych. Ballal i wsp. [16] porównali natomiast skuteczność preparatu QMix, 17% roztworu EDTA oraz 7% roztworu kwasu maleinowego. Oceny skuteczności dokonano także podstawie obserwacji w SEM. Analiza statystyczna nie wykazała różnic w skuteczności płynów w usuwaniu warstwy mazistej z koronowej i środkowej części kanału. Obserwacje wierzchołkowych części kanałów wykazały najlepszą efektywność kwasu maleinowego w usuwaniu warstwy mazistej spośród wszystkich badanych płynów, a preparat QMix okazał się być skuteczniejszy niż 17% roztwór EDTA w oczyszczaniu wierzchołkowej części kanału. Większą efektywność preparatu QMix w usuwaniu warstwy mazistej z wierzchołkowej części kanału w porównaniu do EDTA i BioPure MTAD wykazali także Vemuri i wsp. [17]. W doświadczeniu, do ostatecznego płukania kanałów korzeniowych użyto preparatów QMix, BioPure MTAD oraz EDTA. Kot i wsp. [18] w badaniu *in vitro*

porównali skuteczność preparatu Endoxal (Chema-Elektomet) oraz preparatu Endosal (Chema-Elektromet) zawierającego w składzie 15% EDTA w usuwaniu warstwy mazistej. W badaniu użyto 20 jednokanałowych usuniętych zębów ludzkich. Podczas opracowywania kanałów korzeniowych za pomocą pilników maszynowych, do płukania zastosowano 2% podchloryn sodu. Do ostatecznego płukania użyto 2 ml preparatu Endoxal (grupa 1) lub Endosal (grupa 2). Oceny skuteczności usuwania warstwy mazistej dokonano w elektronowym mikroskopie skaningowym stosując 4-stopniową skalę. Zarówno w przypadku grupy zębów, których kanały płukano Endoxalem, jak i zębów, w których użyto Endosalu, najgorzej została oczyszczona część wierzchołkowa kanału. Gdy porównano skuteczność obu ocenianych roztworów w usuwaniu warstwy mazistej, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic.

Erozja kanalików zębinowych po zastosowaniu preparatów złożonych

Naprzemienne płukanie kanałów korzeniowych środkami o działaniu litycznym w stosunku do substancji organicznej oraz płynami o działaniu chelatującym może być przyczyną erozji zębiny. Qian i wsp. [19] zauważyli, że znaczne erozje zębiny okołokanalikowej i wewnątrzkanalikowej występują po zastosowaniu roztworu podchlorynu sodu po uprzednim usunięciu warstwy mazistej przez związek chelatujący (EDTA, EGTA, kwas cytrynowy). Fernandez i wsp. [20] w warunkach *in vitro* do ostatecznego płukania kanałów korzeniowych zastosowali 3 ml 17% roztworu EDTA, a następnie 5 ml 5,25% roztworu podchlorynu sodu. Obserwacji dokonano w elektronowym mikroskopie skaningowym. W 75% badanych próbek stwierdzono erozję zębiny w środkowej części kanału korzeniowego, a w 57,5% próbek erozję zębiny zaobserwowano w wierzchołkowej części kanału korzeniowego. Z kolei Niu i wsp. [21] do ostatecznego płukania kanałów korzeniowych użyli 15% roztworu EDTA oraz 6% roztworu podchlorynu sodu wykazując, że do erozji kanalików zębinowych dochodzi jedynie w przypadku gdy płukanie roztworem EDTA było połączone z końcowym płukaniem kanału podchlorynem sodu. De-Deus G i wsp. [22] w przeprowadzonym doświadczeniu *in vitro* ocenili potencjał erozyjny 17% roztworu EDTA, 5% roztworu kwasu cytrynowego oraz preparatu BioPure MTAD. Autorzy obserwowali powierzchnię zębiny poddaną działaniu badanych płynów w zależności od czasu działania. Zauważono, że w przypadku preparatu BioPure MTAD po 30 sekundach następuje samo-

Tabela 2. Zalety i wady preparatów do płukania kanałów korzeniowych o właściwościach chelatujących i dezynfekujących
Table 2. Advantages and disadvantages of root canal irrigation agents with chelating and disinfecting activity

| Autor | Oceniany preparat | Zalety preparatu | Wady preparatu |
|-------------------------|-------------------|--|---|
| Torabinejad i wsp. [12] | BioPure MTAD | Większa skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej i zanieczyszczeń z powierzchni kanału korzeniowego w porównaniu do 17% roztworu EDTA. Mniejsza erozja kanalików zębinowych w koronowej i środkowej części kanału po zastosowaniu preparatu, w porównaniu do 17% roztworu EDTA. | |
| Yadav i wsp. [13] | BioPure MTAD | Większa skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z powierzchni kanału korzeniowego w porównaniu do 9% i 18% roztworu kwasu etidronowego. | Mniejsza skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z powierzchni kanału korzeniowego w porównaniu z preparatem SmearClear (17% EDTA z surfaktantem). |
| Dai i wsp. [14] | BioPure MTAD | Większa skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z powierzchni kanału korzeniowego w porównaniu z preparatem QMix oraz 17% roztworem EDTA. | |
| Dai i wsp. [14] | QMix | Skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej porównywalna do 17% roztworu EDTA. | Mniejsza skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z powierzchni kanału korzeniowego w porównaniu do preparatu BioPure MTAD. |
| Ballal i wsp. [16] | QMix | Większa skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z wierzchołkowej części kanału korzeniowego w porównaniu do 17% roztworu EDTA. | |
| Stojcic i wsp. [15] | QMix | Porównywalna skuteczność preparatu w usuwaniu warstwy mazistej w porównaniu z 17% roztworem EDTA. Większa skuteczność przeciwbakteryjna wobec <i>E.faecalis</i> i biofilmu bakteryjnego w porównaniu z preparatem BioPure MTAD, 2% roztworem chlorheksydyny, 1% oraz 2% roztworem podchlorynu sodu. | |
| Vemuri i wsp. [17] | QMix | Większa skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej z wierzchołkowej części kanału korzeniowego w porównaniu do 17% roztworu EDTA i preparatu BioPure MTAD. | |
| Kot i wsp. [18] | Endoxal | Porównywalna skuteczność w usuwaniu warstwy mazistej w porównaniu z preparatem Endosal (15% EDTA). | |
| Aksel i wsp. [23] | QMix | Mniejsza erozja kanalików zębinowych po zastosowaniu preparatu, w porównaniu do 17% roztworu EDTA. | |
| Kolosowski i wsp. [29] | QMix | Brak precypitatów na powierzchni zębiny i wewnątrz kanalików zębinowych po ostatecznym płukaniu kanału preparatem QMix, po uprzednim płukaniu kanału podchlorynem sodu. | |
| Arslan i wsp. [30] | QMix | | Wytrącanie brązowego precypitatu na ścianie kanału korzeniowego w ponad 50% badanych próbek po naprzemiennym płukaniu podchlorynem sodu i preparatem QMix. Wytrącony precypitat nie zawiera toksycznej parachloroaniliny. |
| Tay i wsp. [31] | BioPure MTAD | | Wytrącanie żółtego precypitatu po połączeniu preparatu z roztworem podchlorynu sodu. Możliwość przebarwienia tkanek zęba. |
| Wang i wsp. [33] [34] | QMix | Bardzo dobra skuteczność przeciwbakteryjna porównywalna z 6% roztworem podchlorynu sodu. | |
| Torabinejad i wsp. [35] | BioPure MTAD | Bardzo dobra skuteczność przeciwbakteryjna porównywalna z 5,25% roztworem podchlorynu sodu. | |

cd. tabeli 2

Table 2 continued

| | | | |
|--------------------------|--------------|--|--|
| Giardino i wsp. [36] | BioPure MTAD | Bardzo dobra skuteczność przeciwbakteryjna wobec <i>E. faecalis</i> . | Mniejsza skuteczność przeciwbakteryjna wobec <i>Porphyromonas gingivalis</i> i <i>Prevotella intermedia</i> w porównaniu do 5,25% roztworu podchlorynu sodu. |
| Ruff i wsp. [41] | BioPure MTAD | | Mniejszą aktywność wobec <i>C. albicans</i> , w porównaniu do chlorheksydyny i podchlorynu sodu. |
| Mohammadi i wsp. [42] | Tetra-Clean | Lepszą aktywność przeciwgrzybiczą w porównaniu z preparatem BioPure MTAD. | Mniejszą aktywność wobec <i>C. albicans</i> , w porównaniu do chlorheksydyny i podchlorynu sodu. |
| Kalyoncuoglu i wsp. [44] | QMix | Identyczna skuteczność preparatu wobec <i>C. albicans</i> w porównaniu z 5 25% roztworem podchlorynu sodu i 2% roztworem chlorheksydyny. | |

ograniczenie procesu demineralizacji. Torabinejad i wsp. [12] w cytowanym wcześniej badaniu oprócz oceny skuteczności płynów płuczących w usuwaniu warstwy mazistej ocenili również stopień erozji kanałków zębinowych na skutek płukania kanałów: 5,25% podchlorynem sodu, 17% roztworem EDTA oraz preparatem BioPure MTAD. Stopień erozji kanałków zębinowych w części koronowej oraz środkowej kanału był wyższy w grupie, w której kanały ostateczne płukano 17% roztworem EDTA, niż w grupie, gdzie zastosowano preparat BioPure MTAD. W wierzchołkowych częściach kanałów obserwacje w mikroskopie elektronowym wykazały podobny stopień erozji kanałków zębinowych w obu grupach badanych. W badaniu przeprowadzonym przez Aksel i wsp. [23] płukanie kanałków korzeniowych roztworem podchlorynu sodu, a następnie preparatem QMix spowodowało znacznie mniejsze erozje i odwapnienia zębiny w porównaniu do kanałków korzeniowych płukanych roztworem podchlorynu sodu, a następnie 17% EDTA.

Interakcje pomiędzy roztworami

Ze względu na wysokie ryzyko erozji kanałków zębinowych niektórzy autorzy nie zalecają ostatecznego płukania kanałków korzeniowych roztworem podchlorynu sodu w celu dezynfekcji kanału korzeniowego [19, 20]. Usunięcie mikroorganizmów z kanałków zębinowych jest jednak niezbędne do uzyskania sukcesu terapeutycznego. W tym celu można użyć m. in. chlorheksydyny [24, 25], która charakteryzuje się długotrwałymi właściwościami przeciwbakteryjnymi i przeciwgrzybiczymi oraz niewielką toksycznością. Stosowanie różnych środków do płukania wiąże się jednak z ryzykiem interakcji, np. przy naprzemiennym płukaniu kanałków

chlorheksydyną i podchlorynem sodu wytrąca się toksyczny precypitat parachloroaniliny [26–28]. Kolosowski i wsp. [29] przeprowadzili doświadczenie, w którym próbki tkanki zębinowej płukane były w roztworze podchlorynu sodu, a następnie w soli fizjologicznej. Ostateczne płukanie wykonano z użyciem chlorheksydyny (grupa 1) lub preparatu QMix (grupa 2). Celem badania było zaobserwowanie, czy powyższa kolejność zastosowanych środków płuczających powoduje formowanie się precypitatów. Analizy dokonano metodą spektrometrii mas jonów wtórnych z analizatorem czasu przelotu (TOF-SIMS). Wyniki badania potwierdziły formowanie się precypitatów parachloroaniliny na powierzchni oraz wewnątrz kanałków zębinowych, w próbkach, w których ostateczne płukanie wykonano za pomocą chlorheksydyny. W grupie 2 (QMix) nie wykryto żadnych precypitatów na powierzchni zębiny, ani wewnątrz kanałków zębinowych. Arslan i wsp. [30] również przeprowadzili doświadczenie dotyczące interakcji pomiędzy preparatem QMix, a podchlorynem sodu. W badaniu kanały korzeniowe użytych zębów zostały opracowane narzędziami maszynowymi, a podczas preparacji do płukania stosowano 2,5% roztwór podchlorynu sodu. Tak przygotowane zęby podzielono na 3 grupy. Ostateczne płukanie przeprowadzono z użyciem 2,5 ml roztworu płuczającego w zależności od grupy badanej: wodą destylowaną (grupa 1), 2% chlorheksydyną (grupa 2) i preparatem QMix (grupa 3). Badane zęby zostały następnie przecięte wzdłuż, w celu zaobserwowania obecności precypitatów powstałych na powierzchni zębiny korzeniowej. Obserwacje przeprowadzono w 15-krotnym powiększeniu stereomikroskopu. W grupie, w której płukanie wykonano z użyciem

chlorheksydyny tylko 5% próbek było wolnych od brązowego precipitatu, natomiast w grupie, w której zastosowano preparat QMiX, 49% próbek nie zawierało brązowego precipitatu. W cytowanym badaniu sprawdzono również obecność parachloroaniliny w powstałych precipitatach. W tym celu połączono 2,5 ml podchlorynu sodu z 5 ml 2% chlorheksydyny oraz z 5 ml preparatu QMiX w dwóch osobnych probówkach. Wytrącenie się brązowego osadu zaobserwowano w każdej z próbek. Analiza osadów za pomocą spektroskopii NMR wykazała obecność parachloroaniliny jedynie w mieszaninie podchlorynu sodu i chlorheksydyny. Istotnych obserwacji dokonali Tay i wsp. [31] badając reakcję wynikającą z połączenia podchlorynu sodu oraz preparatu BioPure MTAD. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują, iż łącznie powyższych środków płuczających prowadzi do powstania żółtego precipitatu, który po ekspozycji na światło zmienia barwę na pomarańczową. W doświadczeniu dokonano również symulacji buferującego działania zębiny na kwasowy odczyn preparatu BioPure MTAD poprzez dodanie do roztworu kropli NaOH. Powyższe działanie doprowadziło do powstania czerwono purpurowego precipitatu. W opisywanym badaniu zbadano również jaki wpływ ma powyższa reakcja na kolor tkanek zęba. Kanały korzeniowe podczas preparacji płukane były 1,5% roztworem podchlorynu sodu. Ostateczne płukanie przeprowadzono za pomocą preparatu BioPure MTAD bez uprzedniego osuszenia kanałów po zastosowaniu podchlorynu sodu. Kanały zostały następnie osuszone i wypełnione gutaperką. Tuż po wypełnieniu kanałów kolor zębiny korzeniowej pozostał bez zmian, ale po dwóch godzinach ekspozycji próbek na światło zębina otaczająca wypełnienie z gutaperki uległa przebarwieniu na brunatno- czerwony kolor. Krishnan i wsp. [32] przeprowadzili badanie dotyczące redukcji stężenia wolnego chloru powstałej po połączeniu roztworu podchlorynu sodu z innymi środkami płuczającymi. Efekt terapeutyczny podchlorynu sodu jest uzależniony właśnie od poziomu aktywnego wolnego chloru. W doświadczeniu roztwór podchlorynu sodu zmieszano z 0,1% roztworem oktenidyny, preparatem SmearOFF, roztworami chlorheksydyny oraz 17% roztworem EDTA w różnych proporcjach. Poziom wolnego chloru mierzono w roztworze podchlorynu sodu tuż przed połączeniem z innym preparatem oraz natychmiastowo po zmieszaniu roztworów. Autorzy badania na podstawie zebranych wyników stwierdzili, iż oktenidyna w najmniejszym stopniu redukuje poziom wolnego chloru, może być więc

stosowana jednocześnie z podchlorynem sodu. Wyższe stężenia chlorheksydyny (5%) powodują znaczny spadek stężenia wolnego chloru dlatego też powinno się unikać łącznego stosowania tych roztworów. Badacze nie zalecają łącznego stosowania preparatu SmearOFF z podchlorynem sodu oraz EDTA z podchlorynem sodu, gdyż połączenia te w znacznym stopniu powodują redukcję poziomu aktywnego chloru.

Właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze

Warstwa mazista pokrywająca ujścia kanalików zębinowych stanowi barierę uniemożliwiającą penetrację środków dezynfekujących w obręb kanalików zębinowych. W związku z tym pożądane jest po usunięciu warstwy mazistej zastosowanie środka o działaniu dezynfekującym. Wang i wsp. [33, 34] udowodnili wyższą skuteczność przeciwbakteryjną środków płuczających w przypadku braku warstwy mazistej na powierzchni kanałów. W przypadku stosowania pojedynczego środka dezynfekującego najbardziej skuteczny okazał się być preparat QMiX oraz 6% roztwór podchlorynu sodu. Badacze udowodnili, że zastosowanie kilku środków płuczających (podchloryn sodu + QMiX lub podchloryn sodu + EDTA + chlorheksydyna) skutkuje dodatkowym wzrostem aktywności wobec bakterii. W cytowanym badaniu preparat QMiX w połączeniu z 6% roztworem podchlorynu sodu w ciągu 3 minut w największym stopniu usunęły bakterie z zainfekowanego kanału korzeniowego. Stojcic i wsp. [15] przeprowadzili badanie dotyczące przeciwbakteryjnych właściwości preparatu QMiX, a także jego skuteczności w usuwaniu warstwy mazistej. Skuteczność preparatu porównana została z preparatem BioPure MTAD, 2% roztworem chlorheksydyny, 1% oraz 2% roztworem podchlorynu sodu. Preparat QMiX oraz roztwory podchlorynu sodu okazały się być skuteczne wobec bakterii *E. faecalis* już po 5 sekundach działania, podczas gdy 2% roztwór chlorheksydyny oraz BioPure MTAD nie wyeliminowały wszystkich bakterii nawet po 3 minutach ekspozycji. Również w przypadku usuwania biofilmu bakteryjnego preparat QMiX i podchloryn sodu wykazały się największą efektywnością. Torabinejad i wsp. [35] w badaniu *in vitro* porównali aktywność przeciwbakteryjną 5,25% podchlorynu sodu, 17% EDTA oraz BioPure MTAD wobec bakterii *E. faecalis*. W cytowanym badaniu zmierzono obszary inhibicji powstałe na koloniach bakteryjnych wskutek działania badanych roztworów. Preparat BioPure MTAD oraz 5,25% roztwór podchlorynu sodu spowodowały

powstanie obszarów inhibicji na badanych płytkach o porównywalnej wielkości. Roztwór EDTA wywołał o połowę mniejszy obszar inhibicji. Drugą część doświadczenia stanowiło badanie skuteczności opisywanych roztworów w przypadku ich 5- i 10-krotnego rozcieńczenia. Analiza statystyczna wykazała statystycznie istotną różnicę pomiędzy pomiarami obszarów inhibicji rozcieńczonych i nierozcieńczonych roztworów podchlorynu sodu i BioPure MTAD, wskazując na wyższą efektywność tych roztworów w przypadku braku ich rozcieńczenia. Roztwór EDTA nie wykazał żadnych właściwości przeciwbakteryjnych, gdy został rozcieńczony 5- i 10-krotnie. Podobną metodę badawczą zastosowali Giardino i wsp. [36] w celu porównania aktywności preparatów BioPure MTAD, TetraClean, Cloreximid i 5,25% roztworu podchlorynu sodu. BioPure MTAD i TetraClean wykazały największą aktywność przeciwbakteryjną spośród badanych roztworów wobec bakterii *Enterococcus faecalis*, natomiast podchloryn sodu okazał się być najskuteczniejszy wobec bakterii *Porphyromonas gingivalis* i *Prevotella intermedia*. Preparat Cloreximid zawierający w składzie chlorheksydynę oraz cetrymid wykazał najmniejszą skuteczność przeciwbakteryjną. Wysoką skuteczność przeciwbakteryjną preparatu BioPure MTAD wobec *E. faecalis* opisali również Davis i wsp. [37] oraz Newberry i wsp. [38], choć Kho i wsp. [39] stwierdzili, iż nie ma żadnej różnicy w skuteczności przeciwbakteryjnej pomiędzy 5,25% podchlorynem sodu zastosowanym wraz z 17% EDTA, a 1,3% podchlorynem sodu użytym wraz z preparatem BioPure MTAD. Badanie dotyczyło wierzchołkowej części kanału zainfekowanej *E. faecalis*. Wang i wsp. [340] opisali niedawno działanie DJK-5- kationowego peptydu przeciwbakteryjnego na 3-dniowy i 3-tygodniowy biofilm *E. faecalis*. Skuteczność peptydu w różnych stężeniach porównana została z 8,5% roztworem EDTA, 2% chlorheksydyną, a także z mieszaniną 8,5% EDTA i DJK-5. Obserwacji dokonano za pomocą mikroskopu konfokalnego. Autorzy badania stwierdzili, że peptyd DJK-5 wykazuje największą skuteczność wobec bakterii w biofilmach, a różnica pomiędzy skutecznością badanych roztworów jest istotna statystycznie. Połączenie peptydu z 8,5% EDTA nie zmieniło jego właściwości przeciwbakteryjnych, w związku z tym badacze proponują zastosowanie powyższej mieszaniny jako skutecznego płynu chelatującego o właściwościach dezynfekujących do ostatecznego płukania kanałów korzeniowych. Ruff i wsp. [41] oraz Mohammadi i wsp. [42] przeprowadzili podobne doświadczenie dotyczące przeciwwgrzybiczych właściwości środków płucz-

cych. W obydwu badaniach najbardziej skutecznymi środkami wobec *Candida albicans* okazały się chlorheksydyna oraz podchloryn sodu. Ruff i wsp. [41] porównali również skuteczność preparatu BioPure MTAD oraz 17% roztworu EDTA. Opisywane środki płuczające wykazały się znacznie mniejszą aktywnością wobec *C. albicans*, w porównaniu do chlorheksydyny i podchlorynu sodu, jednak preparat BioPure MTAD okazał się być skuteczniejszy niż EDTA. Mohammadi i wsp. [42] do porównania włączyli również preparat TetraClean. Wyniki tego doświadczenia wskazują, iż preparat TetraClean wykazuje lepszą aktywność przeciwwgrzybiczą niż BioPure MTAD (różnica istotna statystycznie). W kolejnym doświadczeniu Mohammadi i Asgary [43] do badania włączyli dodatkowo preparaty Hypoclean (5,25% podchloryn sodu i detergent) i Chlor Xtra (6% podchloryn sodu i surfaktant). Wyniki badania potwierdziły obserwacje z poprzedniego doświadczenia. Preparaty zawierające podchloryn sodu oraz chlorheksydynę wykazały najwyższą skuteczność przeciw *C. albicans* istotnie różniąc się skutecznością w porównaniu do preparatów BioPure MTAD oraz TetraClean, przy czym TetraClean był skuteczniejszy niż BioPure MTAD. Przeciwwgrzybicze właściwości preparatu QMix ocenili również Kalyoncuoglu i wsp. [44]. W badaniu z użyciem 90 usuniętych zębów ludzkich ocenie poddano skuteczność preparatu QMix przeciw grzybom z rodzaju *C. albicans* i porównano z przeciwwgrzybiczymi właściwościami 5,25% podchlorynu sodu, 2% chlorheksydyną i 17% EDTA. Płukanie zainfekowanych kanałów wykonano z użyciem 3 ml środka płuczającego w ciągu 1 minuty. W powyższym badaniu wykazano identyczną skuteczność 5,25% podchlorynu sodu, 2% chlorheksydyny oraz preparatu QMix wobec *C. albicans*. Po zastosowaniu tych środków płuczających nie wykryto formowania się kolonii grzybów po wykonaniu posiewów z kanałów korzeniowych.

Podsumowanie

Skuteczność chemomechanicznego opracowania kanału w dużej mierze zależy od zastosowania odpowiednich środków płuczających. Podczas, gdy narzędzia usuwają zainfekowaną zębinę z głównego kanału korzeniowego, preparaty do płukania kanałów korzeniowych są niezbędne w miejscach niedostępnych dla narzędzi kanałowych (kanały dodatkowe, kanały boczne, zachyłki kanału). Jednym z najważniejszych kryteriów idealnego płynu płuczającego jest jego aktywność przeciwbakteryjna. Pożądane są również właściwości chelatujące oraz rozpuszczające tkankę organiczną. Niezmier-

nie ważny jest również brak toksycznego wpływu na tkanki. Wprowadzone niedawno preparaty złożone usuwające warstwę mazistą i jednocześnie dezynfekujące światło kanału i kanaliki zębinowe pozwalają skrócić czas leczenia endodontycznego. Liczne badania dowodzą skuteczności tych preparatów, a także wskazują na dodatkowe zalety, w porównaniu z konwencjonalnymi płynami płuczającymi. Zalety i wady opisywanych preparatów zebrano w **tabeli 2**. Pomimo wprowadzenia nowych preparatów, żaden z obecnie dostępnych roztworów nie spełnia jednak wszystkich kryteriów idealnego roztworu płuczającego.

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów w autorstwie oraz publikacji pracy.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

- [1] Mader C, Baumgartner J, Peters D. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477–483.
- [2] McComb D, Smith D. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1:238–242.
- [3] Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics— a review. *Int Endod J.* 2010;43:2–15.
- [4] Okino L, Siqueira E, Santos M, Bombana A, et al. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine diglucanate and chlorhexidine diglucanate gel. *Int Endod J.* 2004;37:38–41.
- [5] Arslan D, Guneser M, Kustarci A, Er K, Siso S. Pulp dissolution capacity of QMiX 2in1 irrigation solution. *Eur J Dent.* 2015;9:423–427.
- [6] Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004;30:785–787.
- [7] Clarkson R, Moule A, Podlich H, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J.* 2006;51:245–251.
- [8] Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36:810–830.
- [9] Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42:335–343.
- [10] De-Deus G, Souza E, Marins J, Reis C, Paciornik S, Zehnder M. Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J.* 2011;44:485–490.
- [11] Srikumar G, Sekhar K, Nischith K. Mixture tetracycline citric acid and detergent — a root canal irrigant. A review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2012:1–5.
- [12] Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson W, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003;29(3):170–175.
- [13] Yadav H, Yadav R, Chandra A, Tikku A. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of etidronic acid, SmearClear and MTAD in removing the intracanal smear layer. *J Dent.* 2017;18(2):118–126.
- [14] Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine B, Wimmer C, Gutmann J, Pashley D, Tay F. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011;37(1):80–84.
- [15] Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J.* 2012;45:363–371.
- [16] Ballal N, Jain I, Tayb F. Evaluation of the smear layer removal and decalcification effect of QMix, maleic acid and EDTA on root canal dentine. *J Dent.* 2016;51:62–68.
- [17] Vemuri S, Kolanu S, Varri S, Pabbati R, Penumaka R, Bolla N. Effect of different final irrigating solutions on smear layer removal in apical third of root canal: a scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2016;19:87–90.
- [18] Kot K, Nowicka A, Reszka P, Drożdżik A, Lipski M. Comparison of effectiveness of Endoxal and Endosal in removal of smear layer from root canal dentine surface: a SEM Study. *Dent Med Probl.* 2016;53(4):483–489.
- [19] Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;3(10):1437–1441.
- [20] Fernández M, Pérez G, Villagómez M, Villagómez G, Báez T, Lara G. *In vitro* study of erosion caused by EDTA on root canal dentin. *Revista Odontológica Mexicana.* 2012;16(1):8–13.
- [21] Niu, W, Yoshioka, T, Kobayashi, C, Suda, H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J.* 2002;35:934–939.
- [22] De-Deus G, Reis C, Fidel S, Fidel R, Paciornik S. Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD. A longitudinal and quantitative assessment. *J Endod.* 2007;11(33):1364–1368.
- [23] Aksel H, Serper A, Kalayci S, Somer G, Eriskan C. Effects of QMix and ethylenediaminetetraacetic acid on decalcification and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2016;79(11):1056–1061.
- [24] Mohammadi Z, Abbott P. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009;42(4):288–302.
- [25] Kanisavaran Z. Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008;58(5):247–257.
- [26] Basrani B, Manek S, Sodhi R, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod.* 2007;33(8):966–969.
- [27] Krishnamurthy S, Sudhakaran S. Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod.* 2010;36:7, 1154–1157.

- [28] Bui T, Baumgartner J, Mitchell J. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod.* 2008;34(2):181–185.
- [29] Kolosowski K, Sodhi R, Kishen A, Basrani B. Qualitative analysis of precipitate formation on the surface and in the tubules of dentin irrigated with sodium hypochlorite and a final rinse of chlorhexidine or QMiX. *J Endod.* 2014;40(12):2036–2040.
- [30] Arslan H, Uygun A, Keskin A, Karatas E, Seçkin F, Yildirim A. Evaluation of orange-brown precipitate formed in root canals after irrigation with chlorhexidine and QMix and spectroscopic analysis of precipitates produced by a mixture of chlorhexidine/NaOCl and QMix/NaOCl. *Int Endod J.* 2015;48:1199–1203.
- [31] Tay F, Pashley D. Ultrastructure of smear layer covered intraradicular dentin after irrigation with Biopure MTAD. *J Endod.* 2006;32:18–21.
- [32] Krishnan U, Saji S, Clarkson R, Lalloo R, Moule A. Free active chlorine in sodium hypochlorite solutions admixed with octenidine, SmearOFF, chlorhexidine and EDTA. *J Endod.* 2017;43(8):1354–1359.
- [33] Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod.* 2012;38:1376–1379.
- [34] Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. *J Endod.* 2013;39:1395–1400.
- [35] Torabinejad M, Shabahang S, Apereo R, Kettering J. The antimicrobial effect of MTAD an *in vitro* investigation. *J Endod.* 2003;29:400–403.
- [36] Giardino L, Savoldi E, Ambu E, Rimondini R, Palezona A, Debbia E. Antimicrobial effect of MTAD, Tetraclean, Cloreximid, and sodium hypochlorite on three common endodontic pathogens. *Indian J Dent Res.* 2009;20(3):391.
- [37] Davis J, Maki J, Bahcall J. An *in vitro* comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2007;33:567–569.
- [38] Newberry B, Shabahang S, Johnson N, Apereo R, Torabinejad M. The antimicrobial effect of Biopure MTAD on eight strains of *Enterococcus faecalis*: an *in vitro* investigation. *J Endod.* 2007;33:1352–1354.
- [39] Kho P, Baumgartner J. A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD verses NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2006;32:652–655.
- [40] Wang D, Shen Y, Ma J, Hancock R, Haapasalo M. Antibiofilm effect of D-enantiomeric Peptide alone and combined with EDTA *in vitro*. *J Endod.* 2017;23:S0099–2399;17:30851–8.
- [41] Ruff M, McClanahan S. *In vitro* antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. *J Endod.* 2006;32:331–333.
- [42] Mohammadi Z, Giardino L, Palazzi F. Evaluation of the antifungal activity of four solutions used as a final rinse *in vitro*. *Aust Endod J.* 2013;39:31–34.
- [43] Mohammadi Z, Asgary S. A Comparative study of antifungal activity of endodontic irrigants. *Iran Endod J.* 2015;10(2):144–147.
- [44] Kalyoncuoglu E, Tunc E, Ozer S, Keskin C, Bilgin K, Birinci A. Evaluation of antifungal efficacy of QMix 2in1 as a final irrigant: an *in vitro* study. *Niger J Clin Pract.* 2016;19(6):807–810.

Zaakceptowano do edycji: 2018-05-10
Zaakceptowano do publikacji: 2018-05-20

Adres do korespondencji:

Anna Gmerek
ul. Janickiego 16A/12, 71-27 Szczecin
tel.: 668 188 335
e-mail: ania@gmerek.eu