

Filippo Cardinali¹, Davide Mancino^{2,3,4}, Naji Kharouf^{3,4}

Zastosowanie wstępnie zmieszanych uszczelniaczy bioceramicznych w technice wypełniania metodą hydraulicznej kondensacji na zimno w ramach codziennej praktyki endodontycznej

Praca recenzowana

Wysoka jakość wypełnienia kanału korzeniowego oraz utworzenie szczelnego uszczelnienia to aspekty kluczowe dla wyniku niechirurgicznego leczenia kanałowego i powtórnego leczenia kanałowego (1, 2). Większość niepowodzeń jest związana z niepełnym wypełnieniem kanału korzeniowego albo wypełnieniem niskiej jakości (3, 4).

Anatomia endodontyczna jest zróżnicowana; częstymi zjawiskami są anastomozy, cieśń międzykanałowa albo kanały dodatkowe (5), co utrudnia dezynfekcję (6); niemożność prawidłowego uszczelnienia tych przestrzeni może wpłynąć na wynik leczenia (7).

Jakość uszczelnienia zależy od właściwości użytych materiałów. Uszczelniacze kanałowe na bazie tlenku cynku z eugenolem i żywicy epoksydowej kurczą się podczas aplikacji, obniżając jakość samego uszczelnienia. Aby rozwiązać ten problem, w 1967 r. Schilder (8) wprowadził techniki wypełniania na ciepło: gutaperka stopiona przez źródło ciepła i wprowadzana za pomocą ręcznego pluggera całkowicie wypełnia ukształtowane i oczyszczone przestrzenie, ograniczając ilość uszczelniacza w kanale do bardzo cienkiej warstwy, aby zminimalizować zakres jego kurczenia.

Wstępnie zmieszane uszczelniacze hydrauliczne na bazie krzemianu wapnia pojawiły się na rynku w 2007 r.; ich zdolność uszczelniania, biokompatybilność i bioaktywność stanowią interesujące właściwości poprawiające jakość wypełnienia kanału korzeniowego, a wstępnie zmieszana forma pozwala na bezpośrednie wprowadzenie uszczelniacza do kanału, dzięki czemu procedura jest naprawdę ergonomiczna w warunkach klinicznych (9-11).

Skład chemiczny uszczelniacza jest naprawdę ważny, ponieważ zawartość procentowa krzemianów wapnia, które biorą udział w reakcji hydratacji, w największym stopniu wpływa na właściwości uszczelniacza. Chociaż brakuje dowodów na związek między bioaktywnością a ilością krzemianu trójwapniowego i dwuwapniowego, oczywiste jest, że produkty dostępne na rynku znacząco różnią się ich zawartością procentową, co może potencjalnie wpływać na ich skuteczność kliniczną (12, 13).

Właściwości uszczelniaczy bioceramicznych są całkowicie odmienne od właściwości uszczelniaczy na bazie tlenku cynku z eugenolem i żywicy epoksydowych: wysoka zdolność płynięcia i stabilność ►

TITLE: Use of premixed bioceramic sealers with the cold hydraulic condensation obturation technique in the daily endodontic practice

STRESZCZENIE: Wysoka jakość wypełnienia kanału korzeniowego oraz utworzenie szczelnego uszczelnienia to aspekty kluczowe dla wyniku niechirurgicznego

leczenia kanałowego i powtórnego leczenia kanałowego. Większość niepowodzeń jest związana z niepełnym wypełnieniem kanału korzeniowego albo wypełnieniem niskiej jakości.

SŁOWA KLUCZOWE: uszczelniacze bioceramiczne, wypełnienie kanału, metoda hydraulicznej kondensacji na zimno

SUMMARY: The quality of the root canal filling with the creation of a fluid-tight seal is a crucial step for the outcome of non-surgical canal treatment and retreatment. Most of the failures are associated with an incomplete or poor-quality root canal obturation.

KEYWORDS: bioceramic sealers, canal filling, cold hydraulic condensation method



Fot. 1. Wstępnie zmieszany uszczelniający bioceramiczny CeraSeal (Meta Biomed)

► wymiarowa umożliwiają stosowanie wstępnie zmieszanych uszczelniających bioceramicznych w ramach techniki wypełniania na zimno, nazywanej hydrauliczną kondensacją na zimno (*cold hydraulic condensation*, CHC), przy użyciu wstępnie zmieszanego uszczelniającego bioceramicznego i pojedynczego cwieka w przypadku kanałów o okrągłym kształcie; w przypadku kanałów o owalnym kształcie na cwieku głównym umieszczane są pasywnie dodatkowe cwieki (14). Ciśnienie hydrauliczne generowane podczas wypełniania umożliwia przepływ uszczelniającego nawet w cięśniach międzykanałowych i kanałach dodatkowych, zapewniając doskonałe trójwymiarowe wypełnienie (15).

CHC jest techniką wypełniania, która pozwala zaoszczędzić czas w porównaniu z tradycyjnymi technikami ciepłej gutaperki, a prawdopodobieństwo wystąpienia błędów proceduralnych jest ograniczone ze względu na prostotę techniki (16).

CeraSeal (CS; Meta Biomed Co., Cheongju, Korea) to hydrauliczny uszczelniający na bazie krzemianu wapnia, który jest dostępny na rynku od 2018 r. (fot. 1); zawiera dwutlenek cyrkonu, wysoką zawartość procentową krzemianów wapnia, glinianu trójwapniowego i środków zagęszczających (12).

CeraSeal wykazuje wiele właściwości pożądanych w praktyce klinicznej, takich jak biokompatybilność, bioaktywność, stabilność chemiczna, zdolność uszczelniania, właściwości przeciwbakteryjne, niska rozpuszczalność, zdolność płynięcia, penetracja kanałków zębinowych, brak skłonności do kurczenia się, uwalnianie jonów wapnia i tworzenie hydroksyapatytu (17-19). Te właściwości pozwalają na stosowanie CS w ramach techniki hydraulicznej kondensacji na zimno i poprawiają hermetyczne uszczelnienie kanału korzeniowego, zapobiegając ponownemu zakażeniu systemu kanałowego i sprzyjając gojeniu się zmian okołowierchołkowych.

Właściwości wstępnie zmieszanych uszczelniających hydraulicznych na bazie krzemianu wapnia i ich proste zastosowanie w ramach techniki CHC w warunkach klinicznych sprawiły, że ich połączenie jest coraz częściej stosowane na całym świecie zarówno przez stomatologów ogólnych, jak i specjalistów w zakresie niechirurgicznego leczenia kanałowego i powtórnego leczenia kanałowego (20).

Możliwość stosowania uszczelniających bioceramicznych w połączeniu z technikami wypełniania na ciepło była przedmiotem szeregu badań naukowych: nie wykazano korzyści pod względem jakości uszczelnienia i zwiększenia penetracji uszczelniającego do kanałków zębinowych; z drugiej strony zagadnienie to wymaga dalszego badania, ponieważ ogrzewanie uszczelniających bioceramicznych przez źródła ciepła może zmienić ich lepkość i czas wiązania.

Stosując technikę CHC i skrupulatnie przestrzegając protokołu krok po kroku, lekarz będzie uzyskiwać powtarzalne wyniki kliniczne i ograniczy liczbę możliwych błędów proceduralnych.

Przygotowanie do wypełnienia: suszenie kanału

Reakcja wiązania cementów bioceramicznych jest reakcją hydratacji, dlatego obecność wilgoci w kanale jest niezbędna do związania uszczelniającego bioceramicznego.

Z klinicznego punktu widzenia, aby uzyskać idealną wydajność uszczelniającego bioceramicznego, należy uwzględnić dwie kwestie: który roztwór będzie najlepszy do ostatniego płukania oraz jaką objętość roztworu należy pozostawić w kanale, aby sprzyjać reakcji wiązania polegającej na hydratacji uszczelniającego.

Jeśli chodzi o najlepszy roztwór do ostatniego płukania przed nałożeniem uszczelniającego bioceramicznego, piśmiennictwo nie wskazuje idealnego protokołu płukania, ale biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie konwencjonalnie stosowane roztwory do

płukania (podchloryn, EDTA, chlorheksydyna) mogą chemicznie zakłócać działanie uszczelniaczy bioceramicznych (21), do ostatniego płukania zaleca się używanie wody destylowanej albo jałowej.

Lekarz powinien ostrożnie regulować ilość wilgoci w kanale, ponieważ może ona wpływać na wiązanie uszczelniacza bioceramicznego.

Całkowite wysuszenie kanału albo stosowanie do ostatniego płukania roztworów alkoholowych, które odwadniają ściany kanału, jest zatem przeciwwskazane, ponieważ uniemożliwiłoby to utworzenie idealnego środowiska dla reakcji hydratacji uszczelniacza bioceramicznego z możliwym wydłużeniem czasu wiązania. Zaleca się zatem, aby nie przesuszać kanału w takim stopniu, jak jest to konieczne w przypadku stosowania uszczelniaczy na bazie tlenku cynku, eugenolu i żywicy epoksydowej.

Nadmiar wilgoci może jednak prowadzić do zmniejszenia mikrotwardości uszczelniacza bioceramicznego po związaniu.

Badania kliniczne i *in vitro* potwierdzają koncepcję, że wilgoć pochodząca z zębiny ściany kanału jest wystarczająca do rozpoczęcia reakcji wiązania uszczelniaczy bioceramicznych (15, 22), co sugeruje, że przed wprowadzeniem uszczelniacza bioceramicznego należy osuszyć kanał za pomocą sączków papierowych, ale go nie przesuszyć.

Przygotowanie do wypełnienia: wybór świeka gutaperkowego

Świek gutaperkowy odgrywa bardzo ważną rolę w technice CHC i dlatego przed przystąpieniem do wypełnienia należy go starannie dobrać.

Świek, który osiąga długość roboczą z dobrym zazębeniem na poziomie wierzchołka i którego stopień rozbieżności jest nieco niższy niż stopień rozbieżności ostatniego pilnika obrotowego użytego do kształtowania, pozwoli operatorowi na prawidłowe wypełnienie z dobrą kontrolą przepełnienia, które występuje w 47% przypadków zastosowania tej techniki (22).

Podczas wprowadzania do kanału świek działa jak kondensator, przepychając uszczelniacz bioceramiczny w kierunku wierzchołkowym i bocznym (fot. 2, 3).

Świek osiąga długość roboczą albo zbliża się do niej w celu ułatwienia powtórnego leczenia w przyszłości: jeśli świek jest krótki, a w ostatnich 2-3 mm kanału znajduje się tylko uszczelniacz bioceramiczny, powtórne leczenie jest bardzo trudne ze względu na twardość uszczelniacza po związaniu. Ponieważ obecnie na rynku nie są dostępne rozpuszczalniki do uszczelniaczy bioceramicznych, świek na długości



Fot. 2. Wstępnie zmieszany uszczelniacz bioceramiczny jest wprowadzany do jednej trzeciej środkowej i koronowej części kanału



Fot. 3. Podczas wprowadzania do kanału świek działa jak kondensator, przepychając uszczelniacz bioceramiczny w kierunku wierzchołkowym i bocznym

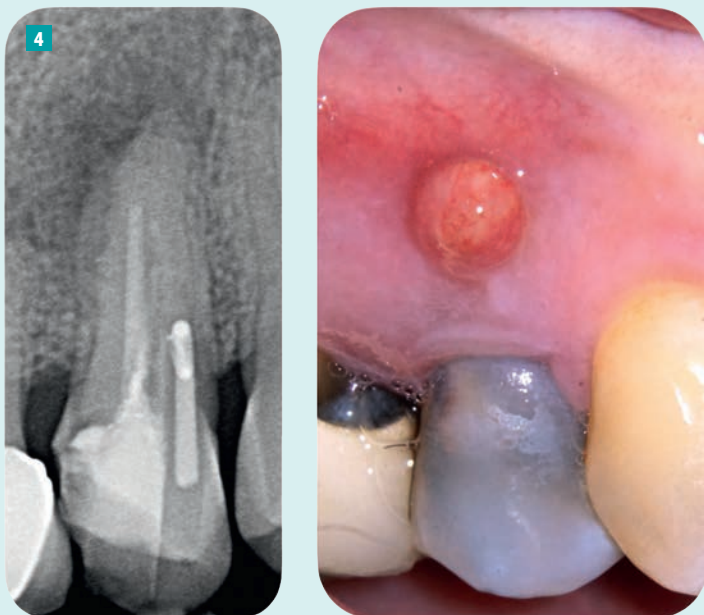
roboczej umożliwia proste powtórne leczenie, pomagając lekarzowi odzyskać drożność kanału.

Wprowadzanie uszczelniacza

Uszczelniacz bioceramiczny można wprowadzić do kanału na wiele sposobów: najbardziej ergonomicznym i funkcjonalnym dla techniki obturacji jest bezpośrednie wstrzyknięcie uszczelniacza do jednej trzeciej środkowej i koronowej części kanału za pomocą końcówek zwykle znajdujących się w zestawie uszczelniacza.

Ilość uszczelniacza wprowadzonego do kanału jest ważna dla prawidłowego przeprowadzenia obturacji przy zastosowaniu techniki CHC.

W celu prawidłowego zastosowania należy pamiętać, że możliwość użycia uszczelniaczy bioceramicznych z techniką CHC zależy od szczególnych ►



Fot. 4. Ząb 25: obecność zmiany okołowierzchołkowej i przetoki



Fot. 5. Po nałożeniu uszczelniacza do kanału wprowadzane są ćwieki



Fot. 6. Ćwieki są odcinane gorącym instrumentem na poziomie otworu

► właściwości uszczelniacza, który nie kurczy się albo wręcz nieznacznie rozszerza podczas wiązania, umożliwiając jego stosowanie nie tylko jako uszczelniacza, ale także jako wypełniacza kanałowego. Dlatego uszczelniacz bioceramiczny nie może być stosowany w małych ilościach, jak w przypadku technik ciepłej gutaperki, ale musi wypełniać jedną trzecią środkowej i koronowej części kanału.

Obturacyja przy użyciu techniki hydraulicznej kondensacji na zimno

Technika ta opiera się na zasadzie, że ciepły gutaperkowy podczas wprowadzania wytwarza ciśnienie hydrauliczne w kierunku wierzchołkowym i bocznym na uszczelniacz bioceramiczny, który dzięki swojej wysokiej płynności może poruszać się we wszystkich kierunkach, trójwymiarowo wypełniając i uszczelniając system kanałów korzeniowych. To uszczelniacz bioceramiczny wypełnia i uszczelnia kanał, podczas gdy ciepły ma funkcję bardziej podobną do kondensora, działając jako upychacz na uszczelniaczu bioceramicznym.

Technika CHC może być stosowana zarówno w kanałach okrągłych, jak i owalnych.

W kanale okrągłym technika CHC jest realizowana z użyciem pojedynczego ciepłego wybranego zgodnie z rozmiarem ostatniego pilnika rotacyjnego użytego do kształtowania. Ciepły jest wprowadzany powoli, po osiągnięciu długości roboczej należy odczekać kilka sekund, a następnie wyjąć go w celu sprawdzenia, czy końcówka ciepłego jest zabrudzona cementem: jeśli cement jest obecny na końcówce, ciepły jest ponownie wprowadzany do kanału, jeśli końcówka jest czysta, przed ponownym wprowadzeniem na końcówkę ciepłego dodaje się kolejną niewielką ilość uszczelniacza.

Po umieszczeniu ciepły jest odcinany gorącym instrumentem na poziomie otworu, a następnie jest wprowadzany na tym samym poziomie za pomocą metalowego upychacza o odpowiednim rozmiarze; w ten sposób ciśnienie hydrauliczne wewnątrz systemu kanałowego jest dalej zwiększane, sprzyjając obturacyi wtórnych anatomii, takich jak kanały dodatkowe, anastomozy, cieśnie międzykanałowe oraz penetracji cementu do kanalików zębinowych.

Ze względu na działanie metalowego upychacza pierwsze milimetry kanału są całkowicie wypełnione gutaperką. Jest to bardzo ważne w przypadku natychmiastowego zastosowania adhezyjnych uszczelniaczy koronowych, ponieważ uszczelniacz bioceramiczny jest hydrofilowy, a zatem łatwo usuwalny za pomocą wody: ten korek gutaperkowy na ►



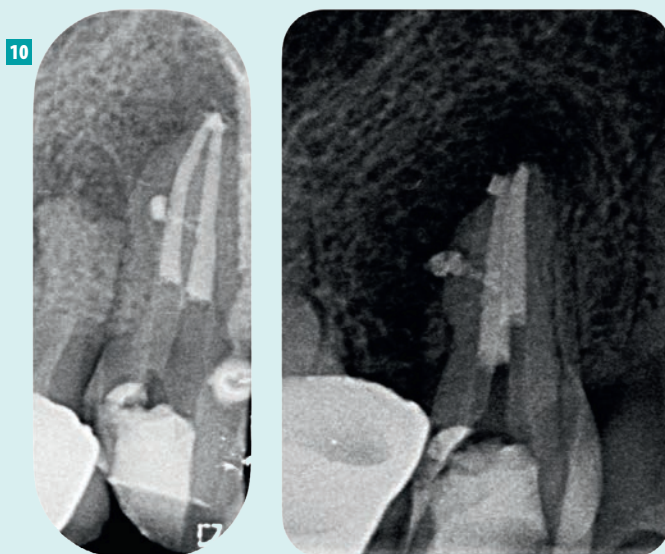
Fot. 7. Ćwieki są wprowadzane za pomocą metalowego upychacza o odpowiednim rozmiarze



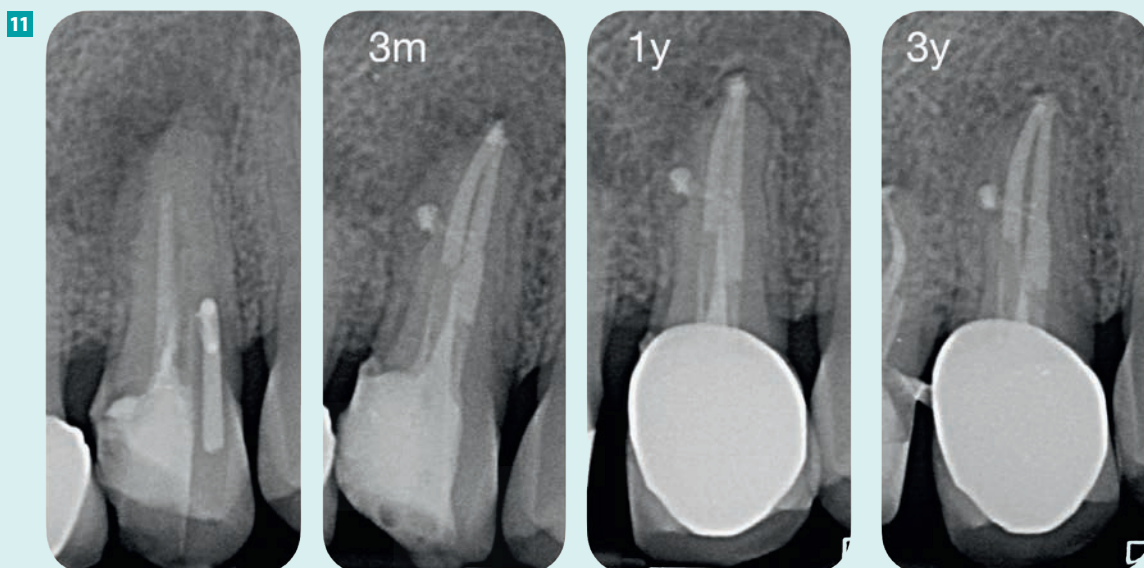
Fot. 8. Obraz kliniczny na końcu wypełnienia



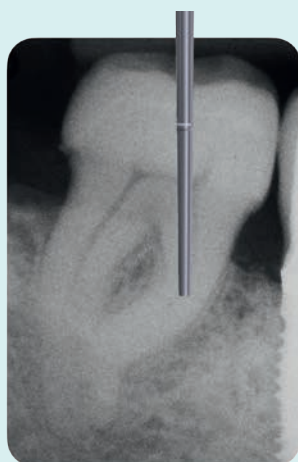
Fot. 9. Uszczelniając bioceramiczny obecny w komorze miazgi na końcu wypełnienia można łatwo usunąć strumieniem wody



Fot. 10. Radiogramy pooperacyjne: uszczelniając bioceramiczny przedostał się do kanału dodatkowego dzięki swojej zdolności płynięcia i ciśnieniu hydraulicznemu wytworzonemu podczas obturacji



Fot. 11. Całkowite zagojenie się zmiany w trakcie wizyt kontrolnych



Fot. 12. W tych dwóch zębach trzonowych krzywizna obecna w jednej trzeciej części koronowej uniemożliwia nośnikowi ciepła i małemu upychaczowi osiągnięcie głębokości niezbędnej do zmiękczenia i wprowadzenia gutaperki do jednej trzeciej części wierzchołkowej



Fot. 13. W przypadku tego typu budowy anatomicznej zaleca się stosowanie techniki CHC z uszczelniaczem bioceramicznym



Fot. 14. Ząb 37 jest objawowy i wymaga leczenia endodontycznego: obecność wielopłaszczyznowych krzywizn uniemożliwia osiągnięcie długości roboczej instrumentem rotacyjnym, ostatnie milimetry kanału są sondowane tylko małymi instrumentami ręcznymi

► poziomie otworu chroni uszczelniacz wewnątrz kanału przed działaniem płuczącym podczas procedur adhezyjnych.

W przypadku kanałów owalnych po umieszczeniu ćwieka głównego na wierzchołku pozostałe stożki gutaperkowe są pasywnie dodawane do kanału (bez ►



Fot. 15. Ćwiek gutaperkowy i sączki papierowe osiągną ten sam poziom (niebieska strzałka) co pilnik rotacyjny; do wypełnienia ostatniego milimetra stosuje się uszczelniacz bioceramiczny, na który nie ma wpływu wilgoć obecna z powodu niepełnego wysuszenia kanału



Fot. 16. Prawy drugi trzonowiec żuchwy z kanałem typu C



Fot. 17. Niekompletne usunięcie sklepienia komory uniemożliwiło prawidłowe ukształtowanie, oczyszczenie i wypełnienie kanałów

Fot. 18. Korekta dostępu do komory zapewnia idealną dostępność przestrzeni endodontycznej

Fot. 19. Usunięcie starego materiału wypełniającego

Fot. 20-21. Po nadaniu kształtu i oczyszczeniu powstają dwa główne kanały połączone cienką przestrzenią przypominającą wstążkę

- kondensacji bocznej): głównym celem nie jest zmniejszenie możliwości pozostawienia pustych przestrzeni, ale zamknięcie otworu kanału samą gutaperką w celu natychmiastowej odbudowy adhezyjnej.

Po zakończeniu wypełniania kanału korzeniowego nadmiar uszczelniacza bioceramicznego znajdującego się w komorze miazgi można łatwo usunąć za pomocą dmuchawki wodno-powietrznej albo strumienia wody turbiny podczas przygotowania ubytku do odbudowy. Zaletą hydrofilowości jest możliwość prostego usuwania uszczelniaczy bioceramicznych w sposób opisany powyżej, bez konieczności stosowania rozpuszczalników, które mogą tworzyć błonę na ścianach ubytku, zakłócając procedury adhezyjne (fot. 4-11).

Wskazania i przeciwwskazania

Technika obturacji CHC może być stosowana w przypadku każdej budowy anatomicznej kanału, w przeciwieństwie do technik gorących, których stosowanie jest wykluczone w przypadkach, gdy kształt kanału albo zmniejszona stożkowatość kształtowania uniemożliwiają nośnikowi ciepła i upychaczowi dotarcie do 5 mm długości roboczej, głębokości niezbędnej do podgrzania i zagęszczenia gutaperki w jednej trzeciej wierzchołkowej części kanału (fot. 12, 13). Uszczelniacz bioceramiczny jest również wskazany we wszystkich sytuacjach, w których nie jest możliwe całkowite osuszenie kanałów ze względu na złożoną budowę anatomiczną, jak w przypadku zębów z dilaceracją (fot. 14, 15) albo jak w przypadku wąskiej przestrzeni przypominającej wstążkę, która łączy kanały trzonowe typu C. Przestrzeń tę można oczyścić za pomocą irygatorów kanałowych, zwłaszcza jeśli są aktywowane, ale nie są dostępne dla instrumentów rotacyjnych ani sączków papierowych do suszenia i dlatego pozostaną wilgotne: w przeciwieństwie do uszczelniaczy na bazie tlenku cynku z eugenolem i żywicy epoksydowej, obecność wilgoci nie będzie miała niekorzystnego wpływu na uszczelniacz bioceramiczny; wręcz przeciwnie, będzie to korzystne dla rozpoczęcia reakcji hydratacji (fot. 16-21).

Wstępnie zmieszane uszczelniacze bioceramiczne nie nadają się do wypełniania zębów z nieukształtowanymi wierzchołkami ze względu na ich wysoką płynność, która bardzo utrudnia zatrzymanie cementu w przestrzeni endodontycznej: w takich przypadkach zaleca się stosowanie agregatów trójtlenków mineralnych (*mineral trioxide aggregates*, MTA) albo materiałów bioceramicznych w postaci kitu przeznaczonego do wypełniania zębów z nieukształtowa-

nymi wierzchołkami, perforacjami i do wypełniania wstecznego w chirurgii endodontycznej. ■

Piśmiennictwo

1. Ng Y.L., Mann V., Rahbaran S. i wsp.: *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature: part 2 – influence of clinical factors.* „Int Endod J”, 2008, 41, 6-31.
2. Ng Y.L., Mann V., Gulabivala K.: *Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature.* „Int Endod J”, 2008 Dec, 41 (12), 1026-46.
3. Nguyen T.N.: *Obturation in the root canal system.* [W:] Cohen S., Burns R.C. (red.): *Pathway of the pulp.* 5th ed. Mosby St. Louis Co, 1991, 219-271.
4. Hoen M.M., Pink F.E.: *Contemporary Endodontic Retreatments: An Analysis based on Clinical Treatment Findings.* „J Endodon”, 2002, 28, 834-836.
5. Estrela C., Rabelo L.E., de Souza J.B. i wsp.: *Frequency of root canal isthmi in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography.* „J Endod”, 2015, 41, 1535-9.
6. Villalta-Briones N., Baca P., Bravo M. i wsp.: *A laboratory study of root canal and isthmus disinfection in extracted teeth using various activation methods with a mixture of sodium hypochlorite and etidronic acid.* „Int Endod J”, 2021 Feb, 54 (2), 268-278.
7. Kim S., Jung H., Kim S. i wsp.: *The influence of an isthmus on the outcomes of surgically treated molars: a retrospective study.* „J Endod”, 2016, 42, 1029-34.
8. Schilder H.: *Filling root canals in three dimensions.* „Dental Clinics of North America”, 1967, 11, 723.
9. Camilleri J., Atmeh A., Li X. i wsp.: *Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use.* „Int Endod J”, 2022 May, 55, (Suppl 3), 710-777.
10. Zamparini F., Prati C., Taddei P. i wsp.: *Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers.* „Int J Mol Sci”, 2022 Nov, 11, 23 (22), 13914.
11. Debelian G., Trope M.: *The use of premixed bioceramic materials in endodontics.* „Giornale Italiano Di Endodonzia”, 2016, 30 (2), 70-80.
12. Cardinali F., Camilleri J.: *A critical review of the material properties guiding the clinician's choice of root canal sealers.* „Clin. Oral Investig”, 2023, 27, 4147-4155.
13. Raman V., Camilleri J.: *Characterization and Assessment of Physical Properties of 3 Single Syringe Hydraulic Cement-based Sealers.* „Journal of Endodontics”, 2024, 50, 3, 381-388.

Pełne piśmiennictwo dostępne na dentalmaster.pl.

-
- 1 Prywatna praktyka, Ankona, Włochy
 - 2 Pôle de Médecine et Chirurgie Bucco-Dentaire, Hôpital Civil, Hôpitaux Universitaire de Strasbourg, 67000 Strasbourg, Francja
 - 3 Wydział Biomateriałów i Bioinżynierii, INSERM UMR_S, Uniwersytet w Strasburgu, 67000 Strasbourg, Francja
 - 4 Zakład Endodoncji, Wydział Medycyny Stomatologicznej, Uniwersytet w Strasburgu, 67000 Strasbourg, Francja
-