

To cite this article:

Brzeń Katarzyna, Ciołek Lidia, Kołodziej Iwona, Kępiśy Magdalena: Zastosowanie materiału Biodentine jako alternatywy dla MTA w leczeniu stomatologicznym – przegląd piśmiennictwa. Use of Biodentine as an alternative to MTA in dental treatment – literature review. Nowa Stomatol 2022;27(3):105-114. DOI: 10.25121/NS.2022.27.3.105

To link to this article:

<https://doi.org/10.25121/NS.2022.27.3.105>

*KATARZYNA BRZEŃ¹, LIDIA CIOŁEK¹, IWONA KOŁODZIEJ², MAGDALENA KĘPIŚY²

Zastosowanie materiału Biodentine jako alternatywy dla MTA w leczeniu stomatologicznym – przegląd piśmiennictwa

Use of Biodentine as an alternative to MTA in dental treatment – literature review

¹Poradnia Stomatologii Dziecięcej, Uniwersytecka Klinika Stomatologiczna w Krakowie

²Zakład Stomatologii Dziecięcej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum w Krakowie

Kierownik Poradni i Zakładu Stomatologii Dziecięcej Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum: dr hab. n. med. Anna Jurczak

SŁOWA KLUCZOWE

Biodentine, MTA, ząb stały niedojrzały, rewaskularyzacja, resorpcja, uraz zęba

STRESZCZENIE

Biodentine to cement wapniowo-krzemowy o właściwościach biokompatybilnych i bioaktywnych, który może zastąpić zębinę komorową i korzeniową. W pracy zebrano piśmiennictwo dotyczące zastosowania, rokowania, obserwacji klinicznych i badań *in vitro* materiału Biodentine i porównano do powszechnie dotychczas stosowanego MTA.

Dokonano przeglądu bazy PubMed w przedziale lat 2006-2020. Kryterium wyszukiwania były frazy: „Biodentine”, „MTA”, „ząb niedojrzały”, „rewaskularyzacja”, „resorpcja”, „uraz”. Korzystano z piśmiennictwa dostępnego w bazach tekstowych biblioteki UJ. Wybrano 73 pozycje polskie i zagraniczne.

Biodentina jest materiałem szeroko wykorzystywanym w różnych dziedzinach stomatologii, a efekty jej działania zależą od wielu czynników, m.in.: właściwej kwalifikacji do zabiegu, techniki zabiegu, jałowości pola operacyjnego, szczelności wypełnienia.

Na podstawie piśmiennictwa porównano skuteczność stosowania materiału Biodentine do MTA. Porównanie to pozwoliło wywnioskować słuszność równorzędnego zastosowania obydwu preparatów w leczeniu stomatologicznym w określonych wskazaniach. Wybór pomiędzy zastosowaniem Biodentine a MTA powinien zostać uzależniony od indywidualnych aspektów konkretnego przypadku klinicznego i doświadczenia (preferencji) lekarza klinicysty. W literaturze najczęściej prezentowane są obserwacje krótkoterminowe (do 3 lat) i opisy pojedynczych przypadków, jednak duża ilość publikacji w tej tematyce z różnych ośrodków pozwala na zebranie ich wyników i głębsze spojrzenie na temat wyboru biodenty i skutków jej zastosowania.

KEYWORDS

Biodentine, MTA, immature permanent tooth, revascularization, resorption, trauma

SUMMARY

Biodentine is a calcium-silica cement with biocompatible and bioactive properties. It can replace both crown and root dentine while preserving the vital pulp. The study contains indications of use, prognosis, clinical observations and *in vitro* tests of the physical properties of Biodentine.

The PubMed database was reviewed in the period 2006-2020. The search criteria were: “Biodentine”, “MTA”, “permanent immature tooth”, “revascularization”, “resorption”, “den-

tal trauma". The literature available in the text databases of the Jagiellonian University library was used. 73 Polish and foreign items were selected.

Biodentine is a material widely used in various fields of dentistry. Long-term prognosis depends on many factors (including proper qualification for the procedure, technique of the procedure, sterility of the operating field, tightness of the filling).

Based on the data from the literature, Biodentine was compared to MTA. This comparison made it possible to conclude that both Biodentine and MTA are of equal use. Choice between Biodentine or MTA should be based on individual aspects of each clinical case and the experience (preferences) of the clinician. The literature most often presents short-term observations (up to 3 years) and descriptions of individual cases. However, a large number of publications on this subject from various research centers allows for the collection of their results and to take a deeper look at the selection of biodentin and its effects.

WSTĘP

Biodentine (biodentina) to cement wapniowo-krzemowy o właściwościach biokompatybilnych i bioaktywnych, który może zastąpić zębinę komorową i korzeniową, przy zachowanej żywej miazdze lub jej braku. Jego właściwości mechaniczne odpowiadają zdrowej zębinie. Preparat składa się z proszku i płynu. W proszku znajdują się: krzemian trójwapniowy (odpowiada za reakcję wiązania), węglan wapnia, wypełniacz (poprawia właściwości mechaniczne i zwiększa szybkość reakcji wiązania materiału), dwutlenek cyrkonu (odpowiada za kontrast rtg), krzemian dwuwapniowy, tlenek wapnia i tlenek żelaza, a w płynie – chlorek wapnia, polimer (rozpuszczalny w wodzie, redukuje lepkość cementu) i wodę.

Podczas pracy materiałem nie należy nadmiernie go kondensować i modelować, aby nie zniszczyć struktury kryształicznej (1). Czas wstępnego wiązania wynosi 12 minut, ale procesy chemiczne następujące po zmieszaniu składników trwają nawet 2 tygodnie (2). Konsystencja biodenty jest zbliżona do cementów fosforanowych, stąd powszechnie panująca opinia, że praca tym materiałem jest technicznie łatwiejsza. Stanowi to argument zachęcający do stosowania materiału w praktyce stomatologicznej przez mniej doświadczonych klinicystów i zmniejsza ryzyko błędów (3). Biodentine jest cementem o wysokim pH, który ma zdolność uwalniania jonów wapnia. W kontakcie ze szkliwem i zębiną dochodzi do alkalicznego wytrawienia i wytworzenia strefy infiltracji mineralnej, następują degeneracja kolagenu i wytworzenie porowatej struktury sprzyjającej przedostaniu się jonów Ca^{2+} , OH^- , CO_3^{2-} , co przyspiesza mineralizację tkanek twardych zęba. Materiał wnikając w kanaliki zębinowe, zapewnia odpowiednią szczelność brzeżną (1). Zarówno ilość, jak i głębokość inkorporacji jonów wapnia do zębiny kanału korzeniowego jest większa niż w przypadku MTA (4). Biodentina wykazuje właściwości odontotropowe – stymuluje tworzenie zębiny reakcyjnej i reparacyjnej (5). W badaniach doświadczalnych stwierdzono, że ścieralność tego materiału jest porównywalna do zębiny i cementu korzeniowego (3).

MTA (ang. *mineral trioxide aggregate*, konglomerat mineralnych trójtlenków) jest preparatem, którego pierwowzorem był cement portlandzki. Składa się z proszku i płynu (woda destylowana). Dwa główne składniki MTA

to tlenek wapnia i dwutlenek krzemu. Po ich zmieszaniu powstają: krzemian trójwapniowy, krzemian dwuwapniowy, glinian trójwapniowy, glikożelazian czterowapniowy i inne tlenki mineralne. Tlenek bizmutu pozwala uzyskać kontrast na zdjęciach radiologicznych. Po dodaniu wody cement uwadnia się, tworząc uwodniony żel krzemianowy. MTA uwalnia jony wapnia wykorzystywane do powstawania hydroksyapatytów. MTA jest preparatem biokompatybilnym, cechuje się dobrą szczelnością i jest wytrzymały na czynniki mechaniczne, chociaż nie wzmacnia mechanicznie struktury zęba tak jak biodentina. Wadami preparatu są wymagająca wprawy aplikacja i długi czas wiązania. Obserwowane są także przebarwienia tkanek m.in. ze względu na zawartość tlenków żelaza (1).

Zarówno biodentyne, jak i MTA używa się w leczeniu biologicznym do pokrycia bezpośredniego miazgi, amputacji przyżyciowej, pokrycia perforacji, w leczeniu apeksyfikacyjnym, a także do wypełniania wstecznego kanałów korzeniowych przy resekcjach.

CEL PRACY

Celem pracy jest przedstawienie właściwości fizykochemicznych oraz zastosowania biodenty na podstawie obserwacji klinicznych i badań *in vitro* autorów publikacji, jak również wykazanie możliwości jej zastosowania w leczeniu jako materiału alternatywnego dla MTA.

MATERIAŁ I METODY

Dokonano przeglądu bazy PubMed w przedziale lat 2006-2020. Kryterium wyszukiwania były frazy: „Biodentine”, „MTA”, „ząb niedojrzały”. Korzystano z piśmiennictwa dostępnego w bazach tekstowych biblioteki UJ. Wybrano 71 pozycji polskich i zagranicznych.

WYNIKI

Porównanie właściwości fizykochemicznych i mechanicznych preparatów Biodentine i MTA

Aby potwierdzić celowość zastosowania biodenty w stomatologii przeprowadzono badania właściwości tego preparatu. Mielko i Chafas (6) oceniali skład chemiczny i strukturę cementu w mikroskopie skaningowym (SEM) i za pomocą dyspersyjnej spektrometrii rentgenowskiej (EDS).

W obserwacjach tych biodentyna wykazywała budowę krystaliczną, składającą się z jasnych i ciemnych kryształów, z różną zawartością węgla, tlenu, krzemu, cyrkonu i wapnia, wskazującą, że wzorem w jej tworzeniu była zębina, której skład chemiczny (70% substancji nieorganicznej i 30% substancji organicznej) wpływa na jej unikatowe właściwości, takie jak elastyczność i sprężystość, zapobiegające urazom mechanicznym.

Podatność na złamanie

Badania Türker i wsp. (7) 96 zębów z zaopatrzonymi perforacjami w przypadku zastosowania Biodentine wykazały wyższą lub porównywalną do MTA odporność na złamanie. Podobne wnioski w odniesieniu do zębów niedojrzałych, wypełnionych Biodentine i wzmocnione wkładem z włókna, sformułowali Topçuoğlu i wsp. (8) oraz Atmeh i wsp. (4, 9, 10). Z kolei Zhabuawala i wsp. (11) badając odporność na złamanie w zębach z wypełnionymi kanałami korzeniowymi po leczeniu endodontycznym, stwierdzili, że po 3 miesiącach kanały wypełnione w całości biodentyną wypadły gorzej niż wypełnione tylko 4 mm w części przywierzchołkowej i dopełnione kompozytem lub gutaperką w części przykomorowej. Dlatego też wspomniani badacze nie rekomendują samej biodentyny do wypełniania kanałów zębów niedojrzałych z cienkimi ścianami.

Szczelność

Badania szczelności Biodentine i MTA we wstecznym wypełnieniu kanałów oceniane w mikroskopie elektronowym prowadzone były przez wielu autorów (12-17). W badaniu Wilkońskiego i wsp. nieznacznie lepsze wyniki uzyskano w grupie zębów z kanałami korzeniowymi wypełnionymi MTA niż biodentyną (18).

Hashem i wsp. (13) doszli do wniosku, że w celu uzyskania trwałości połączenia Biodentine-kompozyt najlepszym rozwiązaniem jest wykonanie ostatecznego wypełnienia po około 2 tygodniach od zastosowania biodentyny. Według badaczy to niezbędny czas do uzyskania wewnętrznej dojrzałości materiału, natomiast samo użycie materiału adhezyjnego uważają za mało istotne dla poprawy jakości połączenia. Informacje o konieczności trawienia biodentyny w piśmiennictwie są niejednoznaczne.

Kontrast w badaniach obrazowych

Ocena szczelności wypełnienia kanału korzeniowego opiera się na badaniu radiologicznym, które uwidoczni kontrast pomiędzy materiałem wypełniającym kanał korzeniowy i tkankami zęba wraz z otaczającą kością. Jest to związane z odmienną gęstością optyczną tych struktur i tym samym różnym stopniem pochłaniania promieniowania.

Możyńska i wsp. (16) badali gęstość optyczną wypełnień z MTA+ (Cerkamed) i Biodentine (Septodont), a także gutaperki z uszczelniaczem. Stwierdzili, że MTA+ (Cerkamed) i Biodentine (Septodont) są materiałami słabo kontrastującymi, jednak kontrast ten w przypadku MTA jest większy, a różnice były istotne statystycznie.

W celu uzyskania odpowiedniego kontrastu w obrazie RTG do MTA dodawany jest tlenek bizmutu, natomiast do biodentyny tlenek cyrkonu. Tlenek bizmutu działa toksycznie na miążgę zębów, oddziałuje z kolagenem zębiny, powoduje zmianę właściwości fizycznych, takich jak: wzrost porowatości, zmniejszenie wiązania wody, wzrost rozpuszczalności i niszczenia struktury. Natomiast tlenek cyrkonu w biodentynie cechuje się większą biokompatybilnością, ale wpływa na mniejszy kontrast na RTG niż MTA+ (19).

Twardość

Elnaghy w swojej pracy oraz wraz z Elsaka zaobserwowali, że w odniesieniu do MTA materiał Biodentine wykazuje mniejszą wrażliwość na kwaśne środowisko, większą twardość powierzchni i wytrzymałość na ściskanie oraz lepsze wiązanie do zębiny korzenia (12, 20).

Wiązanie z innymi materiałami do wypełnień

Zarean i wsp. (21) w badaniach *in vitro* sprawdzili wytrzymałość wiązania płynnego kompozytu i glassjonomeru z MTA i CEM Cement. Najlepszy wynik uzyskali dla połączenia Biodentine z kompozytem. Inne badanie połączenia Biodentine-kompozyt prowadzili Odebas i wsp. (17). Sprawdzali wytrzymałość tego połączenia po 12 minutach i 24 godzinach. Najlepsze wyniki uzyskali dla dwuelementowego systemu samotrawiącego po 24 godzinach, najniższe wartości odnotowano w systemie total-etch po 12 minutach. Autorzy nie stwierdzili statystycznie istotnych różnic między grupami po 12 minutach i 24 godzinach.

Z kolei w zależności od czasu aplikacji i rodzaju systemu adhezyjnego Krawczyk-Stuss i wsp. (22, 23) w dwóch badaniach z 2015 i 2019 roku stwierdzili, iż wytrzymałość połączenia biodentyny z materiałem kompozytowym zależy od rodzaju stosowanego systemu adhezyjnego, a najlepszy wynik osiągnięto dla systemu samotrawiącego aplikowanego natychmiast po związaniu biodentyny. W żadnym z przytoczonych badań nie potwierdzono uzyskania chemicznego połączenia między Biodentine a materiałem kompozytowym, zastosowanym do estetycznej odbudowy zęba.

Zastosowanie preparatów Biodentine i MTA w różnych procedurach terapeutycznych

Pokrycie bezpośrednie, pulpotomia, pulpektomia

W 1978 roku Miomir Cvek (24) w zabiegu pulpotomii zastosował $\text{Ca}(\text{OH})_2$, a blisko 20 lat później, w 1996 roku, Abedi i wsp. (25) wykorzystali MTA do przykrycia bezpośredniego miążgi. Od tego czasu w piśmiennictwie pojawiło się wiele doniesień opisujących pulpotomię, pulpektomię, endodontyczne zabiegi regeneracyjne lub pokrycie miążgi z zastosowaniem MTA (26). Publikacje odnośnie biodentyny, choć dokumentujące sukces terapeutyczny, do 2020 roku były nieliczne (27). Wytyczne Europejskiego Towarzystwa Endodontycznego stanowią, że pośrednie pokrycie miążgi to zabieg, w którym cement ochronny lub opatrunek nakłada się na cienką warstwę pozostałej zdrowej lub lekko

zdemineralizowanej zębiny, która po usunięciu mogłaby odsłonić miazgę. Z kolei o przykryciu bezpośrednim mówimy, gdy miejsce odsłonięcia miazgi przykrywa się opatrunkiem lub podkładem ochronnym, który chroni miazgę przed dodatkowymi urazami oraz umożliwia gojenie i naprawę (28, 29).

Pulpotomia całkowita, czyli całkowita amputacja miazgi koronowej, oraz pulpektomia (całkowite usunięcie miazgi z komory i korzenia) z użyciem Biodentine zostały opisane przez licznych autorów (30-36) zarówno w zębach niedojrzałych, jak i z zakończonym rozwojem u pacjentów w pulpopatiach odwracalnych bezobjawowych do 24 godzin od odsłonięcia do 1 mm² (33) lub przeciwnie z objawami pulpopatii nieodwracalnej, ale bez bólu na opukiwanie (37). Wolters i wsp. (38) zasugerowali, że w nieodwracalnym zapaleniu miazgi może występować niezainfekowana tkanka miazgowa i na tej podstawie w 2018 roku zaproponowali nową klasyfikację diagnostyki zapalenia miazgi oraz określili trzy stadia zapalne miazgi: stadium początkowe, łagodne i umiarkowane. Taha i wsp. (35) uzyskali w 95% pozytywny wynik leczenia próchnicowego obnażenia miazgi 20 zębów niedojrzałych (obserwacja 12 miesięcy). Na postawienie dobrej diagnozy ma wpływ prawidłowa ocena stanu miazgi na podstawie czasu i intensywności krwawienia podczas amputacji. W piśmiennictwie nie ma określonego czasu, w jakim należy uzyskać zatamowanie krwawienia z odciętej miazgi niezmienionej zapalnie, stąd autorzy uzyskiwali hemostazę, uciskając jałową bawełnianą kulka od 2 do 10 minut (33, 35, 39). Podobnie wyniki dotyczące efektywności zabiegu pulpotomii nie są jednoznaczne w przypadku zębów z zakończonym rozwojem korzenia (34).

Borkar i Ataide (31) opisali cztery przypadki pacjentów, u których kilka dni po urazie z odsłonięciem miazgi w zębach dojrzałych usunięto wiertłem diamentowym z chłodzeniem około 2 mm miazgi, po wcześniejszej dezynfekcji zębów chlorheksydyną. Po uzyskaniu hemostazy pokryto ranę biodentyną i odbudowano koronę na tej samej wizycie. Obserwacja 18-miesięczna wykazała zachowanie żywotności zębów.

Nowicka i wsp. (40, 41) badali efektywność pokrycia bezpośredniego miazgi biodentyną, wykorzystując 28 zdrowych trzonowców przeznaczonych do ekstrakcji ze względów ortodontycznych. Po 6 tygodniach od zabiegu usunięto zęby, zabarwiono hematoksyliną – eozyną, stwierdzając brak odpowiedzi zapalnej miazgi na materiał pokrywający oraz w większości przypadków powstanie mostu zębinowego. Nie stwierdzono statystycznych różnic między grupą, gdzie używano MTA, w porównaniu do grupy z wykorzystaniem biodentyny, jednakże biodentyna okazała się lepsza ze względu na możliwość leczenia jednowizytowego. W innym badaniu Nowicka i wsp. (39) wykorzystali Biodentine do pokrycia bezpośredniego w 32 przypadkach obnażenia lub zranienia miazgi u pacjentów w wieku 11-56 lat. Stosując rygorystyczne kryteria kwalifikacji do zabiegu (odsłonięcie miazgi do 2 mm, z krwawieniem, które można zatamować

w ciągu 10 minut uciskiem sterylnej, bawełnianej kulki z waty), uzyskano w rocznym okresie obserwacji sukces terapeutyczny.

Sokołowska i wsp. (1) przez 3 lata prowadzili obserwację pokrycia zębów Biodentine i u pacjentów z próchnicowym obnażeniem miazgi, mimo pierwotnie złego rokowania, zauważyli zachowanie żywotności miazgi zębów.

Rajasekharan i wsp. (3) wykorzystali w badaniu 44 zdrowe trzecie zęby trzonowe przeznaczone do ekstrakcji, wykonali pokrycie bezpośrednie z użyciem Ca(OH)₂, MTA, Biodentine i Single Bond Universal, uzyskując po 6 tygodniach mosty zębinowe. Po zastosowaniu MTA i Biodentine ich objętości były największe. Było to potwierdzone w badaniach CBCT i histologicznym.

Podobne badanie w 2019 roku wykonali Youssef i wsp. (42). We wnioskach z badania autorzy zauważyli, że MTA, Biodentine i Emdogain użyte w grupie kontrolnej mają podobne właściwości, a wyniki leczenia z ich użyciem mogą być lepsze niż Ca(OH)₂. Ponadto wskazali na potrzebę dalszych badań, aby ocenić wyniki kliniczne i porównać je z wynikami *in vitro*.

W kanadyjskim badaniu z 2020 roku z obserwacją dwuletnią 51 niedojrzałych zębów po urazach z wykonaną pulpotomią z zastosowaniem biodentyny uzyskano w 91% mosty zębinowe, w 17% niewielkie przebarwienia. Sukcesem było kształtowanie się wierzchołków korzeni i ich zamknięcie (32).

Ortarzewska i wsp. (43) w przeglądzie piśmiennictwa dotyczącego przykrycia bezpośredniego miazgi, szukając odpowiedzi na pytanie, który z preparatów w tej roli sprawdza się najlepiej, uwzględnili opisy nowych rozwiązań przykrycia miazgi, takich jak: acemannan, TDMP (ang. *treated dentin matrix paste*), PRP (ang. *platelet rich plasma*, osocze bogatopłytkowe), EMD (ang. *enamel matrix derivative*, Emdogain), melatonina (N-acetylo-5-metoksytryptamina) oraz wykorzystanie lasera CO₂ do zaopatrzenia po obnażeniu miazgi celem wspomagania leczenia biologicznego. Autorzy za najbardziej pożądaną cechę materiału uznają działanie odontotropowe, co wskazuje na kierunek poszukiwań w przyszłości alternatywy dla obecnie stosowanych MTA czy biodentyny.

Biodentine znajduje zastosowanie również w leczeniu zębów mlecznych, m.in. w przypadkach pourazowego obnażenia miazgi, pulpotomii czy przyżyciowej amputacji formokrezolowej, opisanej przez Gońda-Domin i wsp. (44, 45).

Apeksyfikacja, apeksogeneza

Apeksyfikacja z zastosowaniem Ca(OH)₂ jest najlepiej poznaną i od lat skutecznie stosowaną metodą leczenia zębów stałych niedojrzałych. Procedura ta jednak wiąże się z ryzykiem powikłań. Długotrwałe stosowanie wkładek z wodorotlenku wapnia zmniejsza wytrzymałość zębiny na złamanie, wydłuża okres leczenia i zwiększa ryzyko reinfekcji (46). Ponadto Ca(OH)₂ nie posiada właściwości bójczych w stosunku do *Enterococcus faecalis*, rozpuszcza się i nie przylega do zębiny, powodując mikropreciek (47).

Niektóre wady materiału udaje się wyeliminować, stosując biodentyne (48). Wykorzystanie Biodentine nie wyklucza zastosowania lasera niskoenergetycznego celem stymulacji gojenia tkanek okołowierzchołkowych (49). Mimo dokładnej przeprowadzonej procedury leczniczej, niezależnie od zastosowanego preparatu do wypełnienia kanału, w procesie apeksyfikacji nie uzyskuje się efektu pogrubienia ścian kanału, przez co ząb leczony w ten sposób wykazuje dużą podatność na złamanie korzenia – według piśmiennictwa nawet do 30% przypadków (50).

Rewaskularyzacja

Regeneracyjne zabiegi endodontyczne (ang. *regenerative endodontic procedures* – REPs) to biologiczne zabiegi mające na celu uzyskanie komórek w celu wyleczenia lub zastąpienia uszkodzonych struktur zęba, tj.: zębiny, miazgi, tkanki miazgopodobnej, kompleksu miazgowo-zębinowego (26).

Rewaskularyzacja miazgi (rewitalizacja) to jedna z metod w endodoncji regeneracyjnej, której celem jest uzyskanie tkanki miazgopodobnej, równoważnej pod względem funkcji zdrowej miazdy (51, 52). W przypadku nieukształtowanych wierzchołków korzeni zębów zachowanie żywotności miazgi sprzyja kontynuacji rozwoju korzenia, czyli wpływa na wzrost długości, grubości ścian i proces zamykania wierzchołka. Jak podsumowuje AAPD, dobre rokowanie i długoterminowa retencja zęba stałego wymagają korzystnego stosunku długości korony do korzenia, odpowiedniej grubości zębiny i żywotności miazgi (45, 53).

Zmiany okołowierzchołkowe nie stanowią przeciwwskazania do podjęcia leczenia metodą rewaskularyzacji, natomiast nie należy stosować tej metody u pacjentów obciążonych chorobami ogólnoustrojowymi i w przypadku zębów bardzo zniszczonych wymagających odbudowy z zastosowaniem wkładu koronowo-korzeniowego. W tych sytuacjach należy wykonać konwencjonalne leczenie endodontyczne (54).

Postępowanie w rewaskularyzacji zgodnie z zaleceniami AAE (American Association of Endodontists) obejmuje zastosowanie pasty dwu- lub trójantybiotykowej, względnie metoda zmodyfikowana mówi o wykorzystaniu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jako wkładki do kanału na pierwszej wizycie, płukaniu podchlorynem sodu (1,5-6% – zależnie od autorów) oraz wykorzystaniu 17% EDTA, którego celem jest stymulowanie uwolnienia czynników wzrostu, co wpływa na przekształcenie komórek macierzystych w komórki odontoblastopodobne. W piśmiennictwie wykazano, iż wysokie stężenie podchlorynu sodu zmniejsza przeżywalność komórek macierzystych brodawki wierzchołkowej (SCAP). Dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie 17% EDTA, który zwiększa przeżywalność SCAP i częściowo odwraca szkodliwe działanie NaOCl (51). Podczas kolejnej wizyty, po uzyskaniu krwawienia w kanale lub alternatywnie wykorzystaniu osocza bogatopłytkowego (PRP) lub fibryny bogatopłytkowej (PRF) i stabilizacji skrzepu, następuje umieszczenie materiału biologicznego – MTA lub biodentyne (52) i szczelne

leczenie odtwórcze, które jest istotnym czynnikiem gojenia zapalenia okołowierzchołkowego (55). W przypadku zastosowania biodentyne odbudowa zęba jest możliwa na tej samej wizycie, podczas gdy stosując MTA, konieczne jest umieszczenie w komorze wilgotnej watki i odroczenie ostatecznego wypełnienia (50). Według piśmiennictwa cofnięcie się zmian zapalnych obserwuje się po 6-12 miesiącach, a pogrubienie ścian korzenia po 12-24 miesiącach (52). Również opisywane jest leczenie ortodontyczne po rewasularyzacji zakończone sukcesem (56). W przytoczonych badaniach brak danych na temat porównania efektów leczenia MTA i biodentyne.

Urazy i powikłania pourazowe, resorpcje

Martwica miazgi jest jednym z najczęściej występujących powikłań pourazowych (57). Występuje najczęściej w ciągu 6-24 miesięcy od momentu urazu. Martens i wsp. (58, 59) przedstawili opis 5 przypadków pourazowego leczenia zębów niedojrzałych z martwą miazgą z zastosowaniem biodentyne. Obserwacje trwały 2-3 lata. Do sukcesu terapeutycznego przyczyniły się: obfite płukanie kanałów, minimalne mechaniczne opracowanie, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jako środek dezynfekcyjny i szczelne wypełnienie kanałów korzeniowych. Podobne obserwacje przedstawili Sharma i wsp. (60), opisując leczenie złamanego zęba siecznego niedojrzałego ze zmianą okołowierzchołkową, powikłane obecnością ciała obcego w miazdze, które autorzy ostatecznie przeprowadzili z zastosowaniem w okolicy przywierzchołkowej biodentyne i dopełniając kanał gutaperką.

Etiologia resorpcji korzeni zębów jest złożona, najczęściej mogą one być wynikiem urazu, leczenia ortodontycznego, wybielania wewnątrzkomorowego, leczenia chorób przyzębia oraz w 15% przypadków występować idiopatycznie (61). Klasyfikuje się je na podstawie cech morfologicznych oraz etiologii po to, aby ustalić najbardziej korzystny plan leczenia. Pierwsza klasyfikacja utworzona przez Andreasena dzieli resorpcje na wewnętrzne (zastępcze i zapalne) oraz zewnętrzne (powierzchnowe, zastępcze i zapalne). Klasyfikacja Heithersay rozróżnia 3 grupy resorpcji: pourazowe, wywołane infekcją oraz inwazyjną hiperplazję. Resorpcja zewnętrzna zapalna jest procesem postępującym, a główny czynnik za nią odpowiedzialny to martwa miazga, z której toksyny przedostają się przez kanaliki zębinowe w kierunku ozębnej, stymulują osteoklasty do działania (57, 62).

Wczesna diagnoza i odpowiednie leczenie minimalizują niekorzystne rokowanie związane z problemem resorpcji. Terapia z użyciem biodentyne – zależnie od rodzaju i umiejscowienia resorpcji, sprowadza się do zamknięcia perforacji lub wypełnienia kanału tym materiałem, aby korzystając z jego biozgodności i właściwości odontotropowych, ochronić tkanki przyzębia przed destrukcją.

W przypadku resorpcji wewnętrznej typu C Krajewski (63) wykorzystał biodentyne do zamknięcia perforacji korzenia, a cały kanał wypełnił gutaperką z uszczelniaczem i dodatkowo wzmocnił ząb wkładem z włókna szklanego,

uzyskując dzięki takiej metodzie dobry wynik leczenia. W piśmiennictwie opisano leczenie resorpcji zewnętrznej zapalnej przez chirurgiczne odsłonięcie korzenia, łyżeczowanie ziarniny i uzupełnienie powstałego ubytku tkanek biodentyną, która uwalniając jony Ca^{2+} , wzmacnia środowisko alkaliczne, pobudza osteoblasty, stymuluje pirofosfatazę alkaliczną i BMP-2, co wpływa na regenerację i wzrost mineralizacji (57, 61).

Podobną technikę odsłonięcia chirurgicznego fragmentu z resorpcją – w tym przypadku przyszyjkową – opisali Sobczak i Bednarczyk (61) oraz Kaczyński i wsp. (64). Autorzy nie dokonali jednak porównania z MTA, jedynie preferencyjnie wybrali do terapii materiał Biodentine.

Ciekawe zastosowanie biodentyny opisali Pruthi i wsp. (62), którzy leczyli zewnętrzną perforującą resorpcję korzenia zęba, usuwając ząb, wyłyżeczowali ziarninę, przepłukali jamę poresorpcyjną 90% kwasem trichlorooctowym, po czym zamknęli perforację biodentyną. Następnie replantowali ząb i unieruchomili na 2 tygodnie. Kontrole kliniczne i radiologiczne przez okres 18 miesięcy potwierdziły sukces terapeutyczny, chociaż sami autorzy opisali swoją metodę jako stosowaną w ostateczności, ze względu na ryzyko złamania korzenia, ankylozy i inne powikłania możliwe do wystąpienia w związku z ekstrakcją i replantacją.

W piśmiennictwie naukowym brak informacji o wpływie kwasu trichlorooctowego na wiązanie Biodentyny, a część autorów podkreśla jego wpływ na skurcz naczyń, co pogarsza unaczynienie tkanki w procesie martwicy koagulacyjnej (57, 64).

Perforacje

Kolejne z zastosowań biodentyny to możliwość pokrycia perforacji zarówno korony, jak i korzenia na różnych wysokościach. W takiej sytuacji istotne dla dobrego rokowania jest szybkie rozpoznanie powikłania i sprawne wdrożenie leczenia. Perforacja może zdarzyć się podczas wszystkich etapów leczenia endodontycznego, jak również przygotowania zęba pod uzupełnienie protetyczne. Z licznych opisów przypadków dostępnych w bazie artykułów, ciekawy przypadek perforacji korzenia w części koronowej kanału podniebiennego zęba 26, powstałej podczas usuwania gutaperki pod wkład koronowo-korzeniowy, opisali Lipski i wsp. (65). Ponadto niektórzy autorzy zwrócili uwagę na brak przebarwienia dziąsła brzeżnego po zastosowaniu biodentyny, co obserwowali, używając wcześniej MTA do zaopatrzenia perforacji w okolicy szyjki zęba (62).

Reendo, ząb wgłobiony, wsteczne wypełnienie kanałów

W sytuacji pourazowego lub jatrogennego zniszczenia wierzchołka zęba, podczas ponownego leczenia endodontycznego wielu operatorów opisywało zadowalające efekty po zastosowaniu biodentyny (14, 48, 53, 57, 66-68).

Brak przewężenia przyszytkowego korzenia obserwuje się nie tylko w przypadku jatrogennego zniszczenia otworu wierzchołkowego wskutek zbyt głęboko wprowadzanych narzędzi do kanału, ale także w zębach z niezakończonym

rozwojem, po resekcji wierzchołka korzenia i w przypadku jego resorpcji np. w ropnym czy ziarninowym zapaleniu tkanek okołowierzchołkowych (14).

Heigelmann i wsp. opracowali przegląd piśmiennictwa w tematyce wypełnienia wstecznego kanałów po resekcji wierzchołka (69). Dotychczasowe badania zebrane przez tych badaczy wykazały, że żaden z dostępnych materiałów nie spełnia wszystkich kryteriów materiału idealnego oraz że każda zastosowana metoda zabiegu ma swoje wady. Biodentyna ma dobrą twardość, szczelność i adhezję brzeżną, dużą gęstość i wytrzymałość na ściskanie i zgniatanie, małą porowatość, ale minusem jest słaby kontrast na RTG – mniejszy niż w przypadku MTA. Biodentyna również w porównaniu z MTA we wnioskach badaczy wydaje się lepsza pod względem konsystencji ułatwiającej aplikację i skrócenia czasu wiązania do kilku minut.

Ciekawe zastosowanie biodentyny przedstawili Kuchta i Emerich (70), opisując przypadek leczenia endodontycznego dodatkowego kanału z miazgą w stanie rozpadu zgorzelinowego w zębie wgłobionym typu III Oehlersa, z pozostawieniem żywej miazgi w kanale głównym. Biodentyną wypełniono cały kanał dodatkowy, ze względu na jego cienkie ściany. Autorzy po roku obserwacji uzyskali zadowalające efekty w postaci zachowania żywotności miazgi zęba w kanale głównym.

DYSKUSJA

Długoczasowe rokowanie po leczeniu biologicznym z zastosowaniem Biodentyny zależy od wielu czynników, m.in. właściwej kwalifikacji do zabiegu. Surowe kryteria diagnostyczne, technika zabiegu, jałowość pola operacyjnego, zastosowane leki, szczelność wypełnienia są to zmienne rzutujące na wynik leczenia, mogące zaburzać obserwację po terapii i prowadzić do błędnych wniosków, mimo że nie są zależne od użytego materiału – Biodentyny czy MTA. Protokół postępowania klinicznego może również wpływać na końcowy efekt i zaburzać ocenę skuteczności zastosowanego materiału do wypełnień kanału w danej sytuacji terapeutycznej. Część z przytoczonych badań była prowadzona na zębach usuniętych, stąd warunki uzyskane w laboratorium mogą nie do końca odzwierciedlać warunki panujące w jamie ustnej.

WNIOSKI

Biodentyna jest materiałem szeroko wykorzystywanym w stomatologii. Dotychczas ukazało się wiele publikacji, które wskazują na różnorodne wykorzystanie tego materiału w stomatologii zachowawczej, endodoncji czy chirurgii stomatologicznej (resekcja wierzchołka korzenia) (71). Niejednokrotnie według różnych autorów pretendowała do tytułu „złotego standardu” w leczeniu (7, 72). Wykazywano nawet jej lepsze parametry i korzystniejsze rokowanie po jej zastosowaniu, a tym samym wyższość nad MTA w niektórych badaniach przytoczonych w niniejszym przeglądzie (2-4, 28, 68, 69, 73). Nie zawsze jednak prezentowane wyniki

obserwacji różnych autorów dotyczyły bezpośredniego porównania obydwu tych materiałów. Nie sposób zakwalifikować biodentyne na wyłączność do leczenia określonego problemu klinicznego, jej wszechstronność pozwala porównać ją do MTA. Na podstawie wieloletnich badań lekarzy z różnych ośrodków, mających różnorodne doświadczenie

i zmagających się z wieloma problemami terapeutycznymi swoich pacjentów uznać należy równorzędność tych materiałów. Zasadność użycia Biodentine lub MTA powinna zostać uzależniona od indywidualnych aspektów przeprowadzanego zabiegu, indywidualnego podejścia do pacjenta i preferencji operatora.

KONFLIKT INTERESÓW

Brak konfliktu interesów

ADRES DO KORESPONDENCJI:

*Katarzyna Brzeń
Poradnia Stomatologii Dziecięcej
Uniwersytecka Klinika Stomatologiczna
w Krakowie
ul. Montelupich 4, 31-155 Kraków
tel.: 783-080-036
kasiapobi@gmail.com

PIŚMIENICTWO

1. Sokołowska K, Kochańska A, Łuczaj-Cepowicz E, Marczuk-Kolada G: Przykrycie bezpośrednie miazgi w zębach stałych z zastosowaniem materiału Biodentine – obserwacje 3-letnie. *Nowa Stom* 2017; 22(3): 112-119.
2. Tysiąc-Miśta M, Białożył E, Cieślak M: Biodentine – bioaktywny substytut zębiny utworzony na bazie cementu portlandzkiego. *TPS* 2014; (10): 78-80.
3. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP: Biodentine material characteristics and clinical applications: a 3-year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent* 2018; 19(1): 1-22.
4. Han L, Okiji T: Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J* 2011; 44: 1081-1087.
5. Zhang W, Yelick PC: Vital pulp therapy-current progress of dental pulp regeneration and revascularization. *Int J Dent* 2010; 2010: 856087.
6. Mielko E, Chałas R: Ocena preparatu Biodentine w badaniach mikrospektralnych. *Mag Stomatol* 2013; 23(7/8): 103-106.
7. Türker SA, Uzunoğlu E, Sungur DD, Tek V: Fracture Resistance of Teeth with Simulated Perforating Internal Resorption Cavities Repaired with Different Calcium Silicate-based Cements and Backfilling Materials. *Jour Endod* 2018; 44(5): 860-863.
8. Topçuoğlu HS, Kesim B, Düzgün S et al.: The effect of various backfilling techniques on the fracture resistance of simulated immature teeth performed apical plug with Biodentine. *Int J Paediatr Dent* 2015; 25(4): 248-254.
9. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G et al.: Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res* 2012; 91(5): 454-459.
10. Yasa E, Arslan H, Yasa B et al.: The force required to fracture endodontically roots restored with various materials as intra-orifice barriers. *Niger J Clin Pract* 2017; 20(10): 1237-1241.
11. Zhabuawala MS, Nadig RR, Pai VS, Gowda Y: Comparison of fracture resistance of simulated immature teeth with an open apex using Biodentine and composite resin: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2016; 34(4): 377-382.
12. Elnaghy AM: Influence of Acidic Environment on Properties of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate: A Comparative Study. *Jour Endod* 2014; 40: 953-957.
13. Hashem D, Foxton RM, Manoharan A et al.: The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mater* 2014; 30: 343-349.
14. Lipski M, Lichota D, Dura W et al.: Powtórne leczenie endodontyczne zęba z szerokim otworem wierzchołkowym. Opis przypadku. *Mag Stomat* 2015; 25(3): 67-69.
15. Marek E, Kot K, Bendyk-Szeffer M et al.: MTA i Biodentine jako materiały do wstecznego wypełnienia kanału korzeniowego. Badanie w elektronowym mikroskopie skaningowym. *Art Dent* 2017; 15(4): 230-234.
16. Możyńska J, Kaczor K, Metlerski M et al.: Ocena gęstości optycznej materiałów służących do wypełniania kanałów z szerokim otworem wierzchołkowym. *Dental Forum* 2015; 43(1): 23-28.
17. Odebas ME, Bani M, Tirali RE: Shear Bond Strengths of Different Adhesive Systems to Biodentine. *Sci World J* 2013; 2013: 626103.
18. Wilkoński W, Kwapińska H, Jamróz-Wilkońska L et al.: Porównanie szczelności wypełnień z materiałów MTA Angelus Grey, Tech Biosealer Apex oraz Biodentine w zębach z niezakończonym rozwojem wierzchołka. Badanie in vitro. *Mag Stomatol* 2012; 22(7/8): 90-95.
19. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J et al.: Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod* 2014; 40(8): 1235-1240.

20. Elnaghy AM, Elsaka SE: Fracture resistance of simulated immature teeth filled with Biodentine and white mineral trioxide aggregate – an in vitro study. *Dent Traumatol* 2016; 32(2): 116-120.
21. Zarean P, Roozbeh R, Zarean P et al.: In vitro comparison of shear bond strength of a flowable composite resin and a single-component glass-ionomer to three different pulp-capping agents. *Dent Med Probl* 2019; 56(3): 239-244.
22. Krawczyk-Stuss M, Nowak J, Bołtacz-Rzepkowska E: Bond strength of Biodentine to a resin-based composite at various acid etching times and with different adhesive strategies. *Dent Med Probl* 2019; 56(1): 39-44.
23. Krawczyk-Stuss M, Ostrowska A, Łapińska B et al.: Wytrzymałość połączenia Biodentine ze światłoutwardzalnym materiałem kompozytowym w zależności od czasu aplikacji i rodzaju systemu adhezyjnego. *Dent Med Probl* 2015; 52(4): 434-439.
24. Cvek M., A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod.* 1978 Aug;4(8):232-237.
25. Abedi H.R., Torabinejad M., Pitt Ford T.R., Bakland L.K., The use of mineral trioxide aggregate cement (MTA) as a direct pulp capping agent (Abstract). *J Endod.* 1996 Jan; 22:199;
26. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM: Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod* 2007; 33(4): 377-390.
27. Ambu E, Fimiani M, Vigna M et al.: Use of bioactive materials and limited FOV CBCT in the treatment of a replanted permanent tooth affected by inflammatory external root resorption: a case report. *Eur J Paediatr Dent* 2017; 18(1): 51-55.
28. European Society of Endodontology: Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 2006; 39(12): 921-930.
29. Hanna SN, Perez Alfayate R, Prichard J: Vital Pulp Therapy an Insight Over the Available Literature and Future Expectations. *Eur Endod J* 2020; 5(1): 46-53.
30. Abuelniel GM, Duggal MS, Kabel NA: Comparison of MTA and Biodentine as medicaments for pulpotomy in traumatized anterior immature permanent teeth: A randomized clinical trial. *Dent Traumatol* 2020; 36: 400-410.
31. Borkar SA, Ataide I: Biodentine pulpotomy several days after pulp exposure: Four case reports. *J Conserv Dent* 2015; 18(1): 73-78.
32. Haikal L, Ferraz Dos Santos B, Vu DD et al.: Biodentine Pulpotomies on Permanent Traumatized Teeth with Complicated Crown Fractures. *J Endod* 2020; 46(9): 1204-1209.
33. Katarzyńska-Konwa M, Obersztyn I: Co z biologicznym leczeniem miazgi? *TPS* 2015; (4): 30-34.
34. Siemińska A, Berczyński P, Bogusz M, Krawczuk-Mołęda E: Amputacja całkowita miazgi z zastosowaniem preparatu Biodentine w zębie stałym z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzeni. Opis przypadku. *Endod Prakt* 2018; (4): 19-22, 55-56.
35. Taha NA, Abdulkhader SZ: Full Pulpotomy with Biodentine in Symptomatic Young Permanent Teeth with Carious Exposure. *J Endod* 2018; 44(6): 932-937.
36. Wysoczańska-Jankowicz I, Postek-Stefańska L, Borkowski L et al.: Amputacja całkowita miazgi zębów stałych z zastosowaniem materiału na bazie krzemianu wapnia z dodatkiem chlorku wapnia – Biodentine. *Doniesienie wstępne. Nowa Stom* 2012; 17(4): 147-151.
37. Szymiec I, Ciszek A, Zawilska A: Leczenie martwych zębów stałych z niezakończonym rozwojem korzenia po urazie – przegląd piśmiennictwa. *Endod Prakt* 2018; (2): 29-34.
38. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL et al.: Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int Endod J* 2017; 50(9): 825-829.
39. Nowicka A, Lipski M, Postek-Stefańska L et al.: Pokrycie bezpośrednie miazgi zębów stałych z użyciem preparatu Biodentine – doniesienie wstępne. *Mag Stomatol* 2012; 22(4): 30-32, 34-37.
40. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M et al.: Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2013; 39(6): 743-747.

41. Nowicka A, Wilk G, Lipski M et al.: Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)₂, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth. *J Endod* 2015; 41(8): 1234-1240.
42. Youssef AR, Emara R, Taher MM et al.: Effects of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide, biodentine and Emdogain on osteogenesis, Odontogenesis, angiogenesis and cell viability of dental pulp stem cells. *BMC Oral Health* 2019; 19(1): 133.
43. Ortarzewska M, Morawska A, Nijakowski K: Nowe możliwości przykrycia bezpośrodkowego miazgi. *Przegląd piśmiennictwa. Mag Stomatol* 2020; (9): 40-45.
44. Gońda-Domin M, Jarząbek A, Wieczkowska I et al.: Traditional formocresol vital pulpotomy in primary teeth and pulpotomy using a novel, bioactive cement Biodentine. *Mag Stomatol* 2016; 26(11): 64-66, 68-69.
45. American Academy on Pediatric Dentistry Clinical Affairs Committee-Pulp Therapy subcommittee; American Academy on Pediatric Dentistry Council on Clinical Affairs: Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. *Pediatr Dent* 2008-2009; 30: 170-174.
46. Gmerek A, Młyniec M, Berczyński P, Oskwarek D: One-visit apexification using highly biocompatible materials – review of literature. *J Stomatol* 2016; 69(1): 109-116.
47. Sirén EK, Haapasalo MP, Waltimo TM, Ørstavik D: In vitro antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine or iodine potassium iodide on *Enterococcus faecalis*. *Eur J Oral Sci* 2004; 112(4): 326-331.
48. Vidal K, Martin G, Lozano O et al.: Apical Closure in Apexification: A Review and Case Report of Apexification Treatment of an Immature Permanent Tooth with Biodentine. *J Endod* 2016; 42(5): 730-734.
49. Wal-Adamczak A: Leczenie powikłania amputacji miazgi zęba z użyciem lasera niskoenerygetycznego – opis przypadku. *PSD* 2017; 2(1): 14-19.
50. Witek A, Nowicka A, Lipski M, Buczkowska-Radlińska J: Rewaskularyzacja miazgi – nowa metoda leczenia endodontycznego zębów stałych z niezakończonym rozwojem korzenia. *Przegląd piśmiennictwa. Mag Stomatol* 2012; 10: 122-124.
51. Kahler B, Chugal N, Lin LM: Alkaline materials and regenerative endodontics: A review. *Materials* 2017; 10(12): 1389.
52. Lipski M, Bogusz M, Krawczuk-Mołęda E, Nowicka A: Rewitalizacja miazgi z użyciem preparatu o dużej biogodności. *Opis przypadku. Mag Stomat* 2017; (9): 82-84, 86-88.
53. Songtrakul K, Azarpajouh T, Malek M et al.: Modified Apexification Procedure for Immature Permanent Teeth with a Necrotic Pulp/Apical Periodontitis: A Case Series. *J Endod* 2020; 46(1): 116-123.
54. Nijakowski K, Surdacka A: Leczenie endodontyczne zębów niedojrzałych z martwą miazgą. Omówienie wytycznych Europejskiego Towarzystwa Endodoncji dotyczących procedur rewitalizacyjnych. *Mag Stomatol* 2018; (11): 88-90.
55. Balto K: Root-filled teeth with adequate restorations and root canal treatment have better treatment outcomes. *Evid Based Dent* 2011; 12(3): 72-73.
56. Chaniotis A: Orthodontic Movement after Regenerative Endodontic Procedure: Case Report and Long-term Observations. *J Endod* 2018; 44(3): 432-437.
57. Agrawal VS, Kapoor S: Management of root canal stenosis and external inflammatory resorption by surgical root reconstruction using biodentine. *J Conserv Dent* 2020; 23(1): 102-106.
58. Martens LC, Rajasekharan S, Cauwels R: Endodontic treatment of trauma-induced necrotic immature teeth using a tricalcium silicate-based bioactive cement. A report of 3 cases with 24-month follow-up. *Eur J Paediatr Dent* 2016; 17(1): 24-28.
59. Martens LC, Rajasekharan S, Cauwels R: Pulp management after traumatic injuries with a tricalcium silicate-based cement (Biodentin): a report of two cases, up to 48 months follow-up. *Eur Arch Paediatr Dent* 2015; 16(6): 491-496.
60. Sharma V, Tanwar R, Gupta V et al.: Impacted stapler pin in fractured maxillary central incisor with open apex: Advanced endodontic management using Biodentine as innovative apical matrix. *Indian J Dent Res* 2015; 26(6): 637-640.
61. Sobczak M, Bednarczyk A: Leczenie zewnętrznej resorpcji przyszyjkowej w zębie siecznym bocznym w szczęcie – opis przypadku. *PSD* 2017; 2(4): 42-48.
62. Pruthi PJ, Dharmani U, Roongta R, Talwar S: Management of external perforating root resorption by intentional replantation followed by Biodentine restoration. *Dent Res J (Isfahan)* 2015; 12(5): 488-493.

63. Krajewski W: Leczenie endodontyczne zęba siecznego bocznego szczęki z resorpcją wewnętrzną typu C. Opis przypadku. *Mag Stomat* 2013; (2): 68-72.
64. Kaczyński T, Orzechowska A, Zagajewska A: Chirurgicalne leczenie idiopatycznej zewnętrznej resorpcji przyszyjkowej. Opis przypadku. *Mag Stomatol* 2016; 26(4): 18-22.
65. Lipski M, Tomasik M, Dura W: Zamknięcie perforacji zlokalizowanej w obrębie części koronowej korzenia zęba. Opis przypadku. *Mag Stomat* 2014; 24(9): 44-48.
66. Lipski M, Nowicka A, Górski M et al.: Porównanie szczelności preparatów MTA i Biodentine zastosowanych do wypełnienia wstecznego kanałów korzeniowych. *Mag Stomat* 2012; 22(6): 82-85.
67. Pandey P, Nandkeoliar T, Bains R, Singh D: Use of mineral trioxide aggregate for re-treatment of a tooth with large periapical lesion, wide-open apices and vertical root fracture. *BMJ Case Rep* 2018; 5.
68. Piesiak-Pańczyszyn D, Wrzyszczyk-Kowalczyk A, Kobierska-Brzoza J: A Comparison of Selected Regenerative Materials Used in the Management of Pulp Diseases – Review of the Literature. *Dent Med Probl* 2015; 52(4): 485-490.
69. Heigelmann M, Wędrychowicz-Welman A, Szafiński, Kuszczak T: Wypełnienie wsteczne kanałów korzeniowych po resekcji wierzchołka korzenia – przegląd piśmiennictwa. *Dental Forum* 2015; 43(2): 93-98.
70. Kuchta A, Emerich K: Leczenie endodontyczne zęba wgłobionego (DI) typu III z zastosowaniem materiału Biodentine – przypadek kliniczny. *PSD* 2019; 4(1): 38-45.
71. Janusiewicz J, Krawczuk A, Tanasiewicz M: Leczenie biologiczne miazgi. Możliwości i wskazania. *Endod Prakt* 2013; (3): 48-51.
72. Brzęcka DM, Staniowski T: Novel Bioceramic Root Repair Materials: Review of the Literature. *Dental and Medical Problems* 2016; 53(4): 551-558.
73. Chrzanowski B, Cieślak-Wegemund M, Żurek J: Zastosowanie materiałów MTA i Biodentine w stomatologii – przegląd piśmiennictwa. *Endod Prakt* 2013; (4): 38-41.

nadesłano:

8.08.2022

zaakceptowano do druku:

29.08.2022