

One-visit apexification using highly biocompatible materials – review of literature

Jednowizytowa apeksyfikacja z zastosowaniem materiałów o wysokiej biogodności – przegląd piśmiennictwa

Anna Gmerek¹, Maria Młyniec¹, Paweł Berczyński², Dorota Oskwarek²

¹ Zakład Stomatologii Zachowawczej Przedklinicznej i Endodoncji Przedklinicznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Polska
Department of Preclinical Conservative Dentistry and Preclinical Endodontics, Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland
Kierownik: prof. dr hab. M. Lipski

² Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Polska
Chair and Department of Conservative Dentistry and Endodontics, Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland
Head: prof. dr hab. J. Buczkowska-Radlińska

Abstract

Despite the development of new methods of diagnosis and treatment of dental caries, many immature permanent teeth require root canal treatment. Permanent teeth with open apices are often treated due to trauma that may lead to pulp exposure or pulp necrosis. Endodontic treatment of immature permanent teeth is a challenge for a dentist. In the case of irreversible pulpopathy, pulp necrosis or periodontitis, the apexification procedure – a process of stimulated root formation using antiseptic and odontotropic materials in the absence of vital pulp – needs to be implemented. Apexification involving application of calcium hydroxide is the most common and conventional method to induce apical closure. Recently, the disadvantages of this traditional method have been observed and therefore an alternative treatment option has been introduced, namely one-visit apexification with highly biocompatible materials. Mineral trioxide aggregate (MTA) and Biodentine have been proposed in this procedure and *in vitro* and clinical studies presented in the literature confirm its effectiveness.

Streszczenie

Pomimo stałego rozwoju metod diagnostyki i leczenia choroby próchnicowej zębów, w dalszym ciągu wiele zębów stałych z niezakończonym rozwojem korzenia wymaga przeprowadzenia leczenia endodontycznego. Często, a może nawet częściej zęby z niezakończonym rozwojem są leczone endodontycznie z powodu urazu, który prowadzi do odsłonięcia miazgi lub utraty jej żywotności. Leczenie endodontyczne zębów stałych niedojrzałych stanowi wyzwanie dla lekarza stomatologa. W przypadku pulpopatii nieodwracalnej całkowitej, martwicy miazgi lub zapalenia w obrębie tkanek okółwierzchołkowych niezbędne jest wdrożenie procesu apeksyfikacji, a więc stymulowanego formowania wierzchołków korzeni za pomocą preparatów odkażających i odontotropowych pod nieobecność żywej miazgi w kanale. Apeksyfikacja z zastosowaniem wodorotlenku wapnia jest najlepiej poznana i od lat stosowaną metodą leczenia zębów stałych niedojrzałych wymagających przeprowadzenia leczenia endodontycznego. W piśmiennictwie zauważa się jednak wady tej metody, dlatego naukowcy proponują alternatywę dla tradycyjnego postępowania w postaci tzw. jednowizytowej apeksyfikacji z użyciem materiałów o wysokiej biogodności. Agregat Mineralnych Trójtlenków (MTA) i Biodentine są materiałami stosowanymi w procedurze jednowizytowej apeksyfikacji, a przeprowadzone badania *in vitro* oraz kliniczne zaprezentowane w piśmiennictwie potwierdzają ich skuteczność.

KEYWORDS:

one-visit apexification, mineral trioxide aggregate MTA, Biodentine

HASŁA INDEKSOWE:

jednowizytowa apeksyfikacja, MTA, Biodentine

Calcium hydroxide is the most common and broadly used medicament to induce apexification in permanent immature teeth (teeth with open apices) which require root canal treatment. In this method, chemo-mechanical preparation of the root canal needs to be performed with subsequent application of intracanal dressing containing calcium hydroxide. Calcium hydroxide, due to its antiseptic and odontotropic properties, stimulates root apex formation in non-vital immature teeth. Recently, several disadvantages of the traditional method have been reported in the literature, namely long treatment time, chance of root canal reinfection, and increased risk of root fracture during treatment.^{1,2} Because of these drawbacks, an alternative option of one-visit apexification with application of highly biocompatible materials has been proposed. In immature teeth, such materials create a barrier at the root apex, which enables immediate apical sealing, canal obturation and reconstruction of the tooth.

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) is a biocompatible material described in specialist dental literature for the first time in 1993.³ This product is a powder whose composition is similar to Portland cement; it contains metal oxides which form aggregates: tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate and tetracalcium aluminoferrite. MTA is characterized by its high biocompatibility confirmed by numerous studies evaluating its influence on cellular growth and expression, reaction to subcutaneous and intraosseous implantation and direct contact with dental tissues.⁴

Biodentine is similar to MTA and its main component is calcium silicate. It is composed of powder and liquid, which need to be mixed to obtain gelatinous consistency. The material takes twelve minutes to set, so the setting time is much shorter than that for MTA. *Laurent et al.* report that Biodentine is non-toxic for fibroblasts, irrespective of the concentration and amount of the material.⁵ The advantage of the material is its easier and less time-consuming application in comparison with MTA.

The one-visit apexification procedure includes removal of the canal's content, which most often

Apeksyfikacja z zastosowaniem wodorotlenku wapnia jest najlepiej poznaną i od lat skutecznie stosowaną metodą leczenia zębów stałych niedojrzałych (zębów z szerokim otworem wierzchołkowym), wymagających leczenia endodontycznego. Metoda ta polega na chemomechanicznym opracowaniu kanału korzeniowego, a następnie na zastosowaniu wkładki dokanałowej zawierającej wodorotlenek wapnia. Preparat działając odkażająco i odontotropowo stymuluje zamknięcie otworu wierzchołkowego pod nieobecność żywej miazgi w kanale. W piśmiennictwie zauważa się jednak niedogodności związane z użyciem tego materiału: długotrwały proces leczenia, możliwość reinfekcji kanału korzeniowego oraz wzrost ryzyka złamania korzenia podczas leczenia.^{1,2} Ze względu na powyższe wady, zaproponowano alternatywę dla tradycyjnego postępowania w postaci tzw. jednowizytowej apeksyfikacji z użyciem materiałów o wysokiej biogodności. Wytworzenie bariery przy wierzchołku korzenia, za pomocą biogodnego materiału, umożliwia uszczelnienie okolicy wierzchołka korzenia, natychmiastowe wypełnienie kanału korzenia niedojrzałego zęba stałego oraz jego odbudowę.

Agregat Mineralnych Trójtlenków (MTA) jest biomateriałem opisanym po raz pierwszy w specjalistycznej literaturze stomatologicznej w 1993 roku.³ Materiał ma postać proszku, o składzie podobnym do cementu portlandzkiego – zawiera cząsteczki tlenków metali, które w połączeniu tworzą agregaty: krzemian trójwapniowy, krzemian dwuwapniowy, glinian trójwapniowy oraz glino-żelazian czterowapniowy. MTA charakteryzuje się wysoką biogodnością, potwierdzoną licznymi badaniami oceniającymi wpływ preparatu na wzrost i ekspresję komórkową, reakcje na implantację podskórną i wewnątrzcostną oraz bezpośredni kontakt z tkankami zęba.⁴

Materiałem podobnym do MTA jest Biodentine. Materiał ten zawiera przede wszystkim krzemian wapnia. Składa się z proszku i płynu, które należy zmieszać do uzyskania żelowej konsystencji. Czas wiązania preparatu jest znacznie krótszy, niż w przypadku MTA i wynosi około 12 minut. *Laurent i wsp.* donoszą, iż Biodentine jest materiałem nietoksycznym dla fibroblastów, bez względu na za-

is necrotic pulp, and conservative mechanical canal preparation with copious irrigation with consideration for working length of the canal. After final irrigation and drying of the root canal, intracanal calcium hydroxide dressing should be placed for at least one week to disinfect the canal's lumen. *Bidar et al.* claim that timely application of calcium hydroxide dressing also increases marginal adaptation of MTA in the apical area.⁶ At the next visit, after removal of calcium hydroxide paste, and another root canal irrigation, biomaterial should be placed in the apical area. It is recommended that the canal be filled 3-5 mm apically. MTA is difficult to apply because of its consistency, and so to place the material in the apical part of the canal a special carrier can be used. For condensation, hand pluggers, cotton balls or paper points can be used. *Alhaddad Alhamoui et al.*⁷ in an *in vitro* study did not confirm significant differences in marginal adaptation of ProRoot MTA material placed in the root apex with three different methods: with hand pluggers, paper points and ultrasonic tips. Proper material application should be confirmed radiographically. When the MTA is used, a moist cotton ball should be placed in the root canal, and then the cavity is sealed with a temporary filling for at least four hours to achieve the material's full setting. In that time, the material in the form of colloid gel sets into a hard structure.⁸ At the next visit, after checking that the material has set, the root canal should be obturated.⁹ *Giuliani et al.*¹⁰ point to advantages of this method in comparison with calcium hydroxide apexification technique. They stress shorter therapy duration, which may be beneficial for the level of patient's compliance, as well as lowered risk of canal re-infection since the operator is able to perform immediate, final obturation of the canals and hermetic coronal sealing.

Chala et al. conducted a meta-analysis of literature from 1966 to 2009, which concerned comparison of MTA and calcium hydroxide effectiveness in apexification procedure. Only two articles out of three hundred fulfilled the required criteria. The first of these studies was conducted in 2005 by *El Meligy and Avery*.¹¹ The authors instigated the apexification procedure

stosowane stężenie i ilość preparatu.⁵ Zaletą materiału jest łatwiejsza i mniej czasochłonna aplikacja materiału, w porównaniu do preparatu MTA.

Procedura jednowizytowej apeksyfikacji obejmuje usunięcie zawartości kanału, którą najczęściej jest martwa miazga, oszczędne mechaniczne opracowanie kanału, z obfitym jego płukaniem z uwzględnieniem długości roboczej kanału. Po ostatecznym wypłukaniu i osuszeniu kanału korzeniowego należy zastosować wkładkę dokanałową w postaci pasty wodorotlenkowo-wapniowej na okres jednego tygodnia, w celu dezynfekcji jego światła. *Bidar i wsp.* donoszą, że wcześniejsze zastosowanie wkładki z pasty wodorotlenkowo-wapniowej poprawia również adaptację brzeżną MTA w obszarze wierzchołkowym.⁶ Na następnej wizycie, po usunięciu pasty wodorotlenkowo-wapniowej i ponownej irygacji kanału korzeniowego należy zaaplikować biomateriał w obręb wierzchołkowej części kanału. Zaleca się wypełnić kanał na długości 3-5 mm. Materiał ze względu na swoją konsystencję jest trudny w aplikacji, dlatego aby umieścić go w obrębie wierzchołkowej części kanału, można posłużyć się specjalnymi przenośnikami oraz skondensować preparat z użyciem upychadła ręcznego, wacików względnie sączków papierowych. *Alhaddad Alhamoui i wsp.*⁷ w badaniu *in vitro* nie stwierdzili istotnych różnic w szczelności materiału ProRoot MTA umieszczonego w okolicy wierzchołka korzenia trzema różnymi metodami: za pomocą upychaczy ręcznych, ćwieków papierowych i końcówek ultradźwiękowych. Poprawne umiejscowienie materiału należy potwierdzić wykonując zdjęcie rentgenowskie. W przypadku stosowania preparatu MTA, w celu całkowitego jego związania, w kanale należy umieścić wilgotny wacik, a ubytek zamknąć wypełnieniem tymczasowym na minimum 4 godziny. W tym czasie materiał w postaci koloidalnego żelu ulega związaniu tworząc twardą strukturę.⁸ Na następnej wizycie po sprawdzeniu, czy materiał związał całkowicie, można przystąpić do wypełnienia kanału korzeniowego.⁹ *Giuliani i wsp.*¹⁰ zwracają uwagę na zalety powyższej metody w porównaniu z zastosowaniem wodorotlenku wapnia. Autorzy wskazują na krótszy czas terapii, co może korzystnie wpły-

in thirty immature permanent teeth. In a group of teeth where calcium hydroxide was used the therapeutic success was achieved in 87% of cases; two failures were observed due to widening of the periodontal fissure visible radiographically and there was presence of clinical symptoms in the periapical tissues. In the MTA group, no failures were observed. Statistical analysis, however, did not reveal any significant differences between the effectiveness of calcium hydroxide and MTA. The authors conclude that MTA is a suitable replacement for calcium hydroxide in the apexification procedure. The second study by Pradhan et al.¹² (2006) also concerned comparison of calcium hydroxide and MTA with regard to apexification. This study involved twenty immature permanent teeth which required root canal treatment due to trauma. In the group of patients in whom a single application of calcium hydroxide paste was performed, calcified barrier at the root apex was observed in every case, even if the root canal was slightly overfilled apically. The mean period of apexification in this group was 7 ± 2.5 months. In the MTA group, calcified barrier at the root apex was observed radiographically in seven out of ten treated teeth, and the average treatment time was 3 ± 2.9 months. In the remaining three teeth the material was slightly pushed beyond the apex. The authors attribute the absence of calcified barrier in these three cases to inadequate observation time and insufficient calcification of the barrier to be observable on radiographs. All cases in this study were considered as therapeutic success. In 2014, Bonte et al.¹³ conducted a randomized clinical study comparing MTA and calcium hydroxide with regard to apexification efficiency. The study involved thirty immature permanent teeth which were divided into two equal groups. Recall visits were planned after 3, 6, and 12 months. The authors did not observe significant differences between the studied materials; however, the MTA-treated teeth manifested slightly better results. It is worth observing that four teeth treated with calcium hydroxide sustained cervical fracture during therapy. The increased risk of root fractures if calcium hydroxide dressings are used was confirmed by laboratory studies of Batur

wać na poziom współpracy pacjenta, a także na mniejsze ryzyko reinfekcji kanału ze względu na możliwość natychmiastowego ostatecznego wypełnienia kanału oraz szczelnego wypełnienia w obrębie korony zęba.

Chala i wsp. przeprowadzili analizę piśmiennictwa z lat 1966-2009 dotyczącą porównania skuteczności MTA i wodorotlenku wapnia w procesie apeksyfikacji. Spośród 300 artykułów jedynie 2 doniesienia spełniły kryteria postawione przez autorów metaanalizy. Pierwsze z badań przeprowadzone zostało w 2005 r. przez El Meligy i Avery.¹¹ Badacze wdrożyli postępowanie apeksyfikacyjne u 15 pacjentów, obejmując badaniem 30 zębów stałych niedojrzałych. W grupie pacjentów, u których zastosowano wodorotlenek wapnia sukces terapeutyczny wyniósł 87% – zanotowano 2 niepowodzenia leczenia w postaci poszerzenia szpary ozębnej na zdjęciu rentgenowskim oraz objawów klinicznych ze strony tkanek okołowierzchołkowych. W grupie pacjentów, u których zastosowano MTA nie odnotowano żadnych niepowodzeń w leczeniu. Analiza statystyczna nie wykazała jednak statystycznie istotnej różnicy między skutecznością wodorotlenku wapnia a MTA; autorzy wnioskuje więc, że MTA może skutecznie zastąpić wodorotlenek wapnia w postępowaniu apeksyfikacyjnym. Drugie badanie przeprowadzone przez Pradhan i wsp.¹² w 2006 r. również dotyczyło porównania wodorotlenku wapnia i agregatu mineralnych trójtlenków (MTA) w procesie apeksyfikacji. Badaniem objęto 20 zębów stałych niedojrzałych wymagających leczenia endodontycznego z powodu urazu. W grupie, w której zastosowano jednorazową aplikację pasty z wodorotlenku wapnia, uformowanie bariery zaobserwowano w każdym przypadku, nawet tam, gdzie materiał został nieznacznie przepchnięty poza otwór wierzchołkowy. Średni czas potrzebny do zakończenia procesu apeksyfikacji w tej grupie wyniósł $7 \pm 2,5$ miesiąca. W grupie, w której zastosowano MTA obecność zmineralizowanej bariery w obrębie wierzchołka korzenia zaobserwowano na zdjęciach rentgenowskich w 7 spośród 10 badanych zębów, a średni czas leczenia w tej grupie wyniósł $3 \pm 2,9$ miesiąca. W pozostałych 3 zębach materiał został nieznacznie przepchnięty poza otwór wierz-

et al.¹⁴ who performed root canal treatment on 105 extracted human non-carious mandibular incisors. The teeth were divided into seven groups, with fifteen teeth per each group. Root canals were prepared with Ni-Ti rotary instruments (EndoSequence Rotary Files; Brasseler, Savannah, GA, USA) to ISO=30 size. Teeth in the control group were obturated immediately and tested for microtensile fracture strength using Instron testing machine. Teeth from experimental groups were prepared in the same way and dressed with calcium hydroxide for the period of 30, 90, 180, 270, 360 and 540 days. They were sealed with temporary filling and stored in sterile saline. On scheduled dates experimental teeth were obturated and tested for microtensile fracture strength in the same way as the controls. Authors report that long-term calcium hydroxide treatment decreases microtensile fracture strength in teeth. The results show statistically significant differences between groups 2 and 7 (40% reduction of dentine fracture strength), and between groups 3 and 7 (31% reduction of dentine fracture strength).

The effectiveness of MTA and calcium hydroxide was also the subject of a study by Lee et al.¹⁵ In this research, comparison of two methods of canal filing (ultrasonic and hand files) was also undertaken. The best results were achieved for one-visit apexification method with ultrasonic canal filing. The apexification process in this group took 5.4 months. In root canals prepared with hand files the apexification process took 7.8 months. Despite shorter treatment time in the MTA group, higher root length elongation was observed in the calcium hydroxide group (3.5 mm). To compare, the average root length elongation in the MTA group was 2.1 mm. Mente et al.¹⁶ conducted a study on a larger sample (221 patients) and achieved therapeutic success in 90% of patients. Patients were monitored for twenty-one months, with 21% of patients followed for longer periods (over four years). Basing on the obtained results, the authors also assessed the presence of periapical inflammatory lesions, which constitute an essential factor affecting therapeutic outcome.

One-visit apexification with Biodentine is a less frequently reported procedure. Cases

chołkowy. Brak zmineralizowanej bariery w tych przypadkach autorzy argumentują zbyt krótkim czasem obserwacji oraz zbyt małym wysyceniem nowo powstałej bariery wierzchołkowej, aby była ona widoczna na zdjęciu rentgenowskim. Badacze odnotowali powodzenie leczenia we wszystkich przypadkach. W 2014 r. Bonte i wsp.¹³ przeprowadzili randomizowane badanie kliniczne porównujące skuteczność MTA i wodorotlenku wapnia w procesie apeksyfikacji. Badaniem objęto 30 zębów stałych niedojrzałych, podzielonych na dwie równoliczne grupy. Badania kontrolne odbywały się co 3, 6 i 12 miesięcy. Autorzy nie stwierdzili statystycznie istotnej różnicy pomiędzy skutecznością opisywanych materiałów w procesie apeksyfikacji, uznając jednak, że nieco bardziej korzystne wyniki uzyskano w grupie zębów leczonych z użyciem MTA. Istotny jest fakt, że 4 zęby leczone z użyciem wodorotlenku wapnia uległy złamaniu w okolicy szyjki zęba podczas trwania terapii. Wskazuje to na większe ryzyko złamań korzenia podczas leczenia wkładkami z wodorotlenku wapnia, co zostało potwierdzone badaniami laboratoryjnymi.¹⁴ W badaniu tym Batur i wsp. przeprowadzili leczenie kanałowe 105 ludzkich zębów siecznych dolnych, wolnych od próchnicy. Materiał badawczy został podzielony na 7 grup, po 15 zębów w każdej z nich. Kanały wszystkich zębów, zostały opracowane rotacyjnymi narzędziami maszynowymi Ni-Ti (EndoSequence Rotary Files; Brasseler, Savannah, GA, USA) do rozmiaru ISO=30. Zęby z grupy kontrolnej niezwłocznie wypełniono oraz poddano badaniu odporności na złamanie za pomocą aparatu Instron. W zębach w grupach badanych poddanych takiemu samemu przygotowaniu, stosowano wkładkę z wodorotlenku wapnia założoną odpowiednio na 30, 90, 180, 270, 360 oraz 540 dni. Zęby zabezpieczone wypełnieniem tymczasowym, były przechowywane w sterylnym roztworze soli fizjologicznej. Po upływie określonego wcześniej czasu, poszczególne grupy zostały poddawane temu samemu badaniu co grupa kontrolna. Autorzy podają, że długoterminowe stosowanie wkładek z wodorotlenku wapnia obniża wytrzymałość zębiny na złamanie. Istotna statystycznie różnica w odporności na złamanie podczas rozciągania próbek, zo-

presented in literature indicate advantages of this material in comparison with MTA such as easier application and shorter setting time. *Khetarpal et al.*¹⁷ used Biodentine in a 15-year-old patient in whom chronic apical periodontitis in maxillary immature incisor was diagnosed. The authors confirmed calcified barrier at the root apex at three months of Biodentine application. After eighteen months of observation the patient did not report any subjective complaints. Similarly, successful treatment outcome was achieved by *Nayak and Hasan*.¹⁸ Complete healing of inflammatory lesions and calcified barrier formation at the apex was confirmed radiographically one year after completion of treatment. The authors proposed that Biodentine was a suitable alternative to MTA in a one-visit apexification procedure, although more clinical studies are necessary. *Felippe et al.*¹⁹ conducted a study on twenty immature dog's teeth with regard to using a calcium hydroxide canal dressing before MTA application in the apexification procedure. The researchers concluded that MTA sealing properties are enough to achieve proper apexification and healing of periapical tissues. Such a protocol would shorten the course of treatment but there is a need for further research.

One-visit apexification induced by highly biocompatible materials is an alternative to traditional procedure. Hitherto results confirm therapeutic effectiveness of this method but long-term observation is essential for its ultimate assessment.

stała zanotowana pomiędzy grupą drugą a siódmą (40% redukcja odporności zębiny na złamanie) oraz trzecią a siódmą (31% redukcji odporności zębiny na złamanie).

Skuteczność MTA i wodorotlenku wapnia była również przedmiotem badań *Lee i wsp.*¹⁵ W cytowanym badaniu dodatkowo porównano dwie metody opracowania kanałów korzeniowych: za pomocą pilników ręcznych oraz ultradźwiękowych. Najlepsze wyniki zanotowano dla zębów leczonych metodą jednowizytowej apeksyfikacji z MTA z ultradźwiękowym opracowaniem kanałów. Czas apeksyfikacji w tej grupie badawczej wyniósł średnio 5,4 miesiąca. Nieco dłużej proces przebiegał w grupie, w której kanały opracowane zostały za pomocą pilników ręcznych (7,8 miesiąca). Pomimo skrócenia czasu trwania procesu apeksyfikacji podczas zastosowania MTA, większy przyrost długości korzenia odnotowano w grupie zębów leczonych wodorotlenkiem wapnia (3,5 mm). Średni przyrost długości korzenia w grupie zębów leczonych za pomocą MTA wyniósł 2,1 mm. Badanie na większej grupie pacjentów (221 osób) przeprowadzili *Mente i wsp.*,¹⁶ którzy pozytywny wynik leczenia uzyskali u 90% pacjentów. Pacjenci kontrolowani byli średnio w ciągu 21 miesięcy, z czego 21% pacjentów było poddanych długoterminowej obserwacji (powyżej 4 lat). Autorzy cytowanego badania na podstawie uzyskanych wyników ocenili również obecność wierzchołkowych zmian zapalnych jako istotny czynnik mający wpływ na powodzenie leczenia.

Znacznie mniej doniesień dotyczy jednowizytowej apeksyfikacji z zastosowaniem materiału Biodentine. Prezentowane w piśmiennictwie opisy przypadków wskazują na korzystne działanie tego preparatu, a autorzy zwracają uwagę na zalety materiału w porównaniu z preparatem MTA, tj. na łatwiejszą aplikację oraz krótszy czas wiązania materiału. *Khetarpal i wsp.*¹⁷ zastosowali Biodentine u 15-letniego pacjenta, u którego rozpoznano przewlekłe zaostre zapalenie tkanek okołowierzchołkowych zęba siecznego szczęki z nieuformowanym wierzchołkiem korzenia. Autorzy zaobserwowali uformowanie bariery wierzchołkowej po 3 miesiącach od zakońzonego leczenia. Po 18 miesiącach obserwacji

pacjenta, kontrolne zdjęcie rentgenowskie wykazało całkowitą regenerację tkanki kostnej, a pacjent nie zgłaszał subiektywnych dolegliwości. Sukces terapeutyczny po zastosowaniu preparatu Biodentine w procesie apeksyfikacji uzyskali również *Nayak* i *Hasan*.¹⁸ Całkowite wygojenie zmian zapalnych oraz obecność zmineralizowanej bariery w obrębie wierzchołka korzenia potwierdzone zostało zdjęciem rentgenowskim wykonanym podczas wizyty kontrolnej w rok po zakończeniu leczenia. Cytowani autorzy proponują stosowanie materiału Biodentine, jako alternatywę dla MTA w procedurze jednowizytowej apeksyfikacji, jednak należy zauważyć, iż potrzeba większej liczby badań potwierdzających skuteczność powyższej metody. *Felippe* i wsp.¹⁹ przeprowadzili badania na zębach stałych niedojrzałych u psów, dotyczące konieczności stosowania wkładki z wodorotlenku wapnia przed zastosowaniem preparatu MTA w procesie apeksyfikacji. Badacze wnioskują, iż uszczelnienie wierzchołkowej części kanału za pomocą MTA jest wystarczające do prawidłowego przebiegu procesu apeksyfikacji oraz gojenia tkanek okołowierzchołkowych. Takie postępowanie pozwoliłoby na skrócenie przebiegu leczenia, ale niezbędne jest potwierdzenie powyższych wyników kolejnymi badaniami.

Jednowizytowa apeksyfikacja z zastosowaniem materiałów o wysokiej biogodności stanowi alternatywę dla tradycyjnego postępowania. Dotychczasowe wyniki badań potwierdzają skuteczność tej metody, ale pełna ocena wymaga jednak obserwacji długoterminowych.

References

1. *Mohammadi Z*: Strategies to manage permanent non-vital teeth with open apices: a clinical update. *Int Dent J* 2011; 61: 25-30.
2. *Andreasen J, Farik B, Munksgaard E*: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002; 18: 134-137.
3. *Lee S, Monsef M, Torabinejad M*: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19: 541-544.
4. *Camilleri J, Pitt Ford T*: Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006; 10: 747-754.
5. *Laurent P, Camps J, de Meo M, Dejou J, About I*: Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅ based posterior restorative material. *Dent Mater* 2008; 24: 1486-1494.
6. *Bidar M, Disfani R, Gharagozloo S, Khoyneshad S, Rouhani A*: Medication with calcium hydroxide

- improved marginal adaptation of mineral trioxide aggregate apical barrier. *J Endod* 2010; 36: 1679-1682.
7. *Alhaddad Alhamoui F, Steffen H, Splieth CH*: The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. *Quintessence Int* 2014; 45: 821-827.
 8. *Roberts H, Toth J, Berzins D, Charlton D*: Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mater* 2008; 24: 149-164.
 9. *Yazdizadeh M, Bouzarjomehri Z, Khalighinejad N, Sadri L*: Evaluation of apical microleakage in open apex teeth using MTA apical plug in different sessions. *ISRN Dentistry* 2013; Article ID 959813.
 10. *Giuliani V, Baccetti T, Pace R, Pagavino G*: The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices. *Dent Traumatol* 2002; 18: 217-221.
 11. *El Meligy OA, Avery DR*: Comparison of apexification with Mineral Trioxide Aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr Dent* 2006; 28: 248-253.
 12. *Pradhan D, Chawla H, Gauba K, Goyal A*: Comparative evaluation of endodontic management of teeth with unformed apices with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *J Dent Child* 2006; 73: 79-85.
 13. *Bonte E, Beslot A, Boukpepsi T, Lasfargues J*: MTA versus Ca(OH)₂ in apexification of non-vital immature permanent teeth: a randomized clinical trial comparison. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 1381-1388.
 14. *Batur Y, Erdemir U, Sancakli H*: The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol* 2013; 29: 461-464.
 15. *Lee L, Hsieh S, Lin Y, Huang C, Hsiao S, Hung W*: Comparison of clinical outcomes for 40 necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis. *J Formos Med Assoc* 2015; 114: 139-146.
 16. *Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J*: Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J Endod* 2013; 39: 20-26.
 17. *Khetarpal A, Chaudhary S, Talwar S, Verma M*: Endodontic management of open apex using Biodentine as a novel apical matrix. *Indian J Dent Res* 2014; 25: 513-516.
 18. *Nayak G, Hasan M*: Biodentine – a novel dental substitute for single visit apexification. *Restor Dent Endod* 2014; 39: 120-125.
 19. *Felippe W, Felipe M, Rocha M*: The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006; 39: 2-9.

Address: 70-111 Szczecin, ul. Powstańców Wlkp. 72

Tel.: +4891 4661801

e-mail: ania@gmerek.eu

Received: 30th January 2016

Accepted: 9th March 2016