

# Zastosowanie MTA w zębach stałych niedojrzałych – przegląd piśmiennictwa

Katarzyna Ćwiklak<sup>1</sup>, \*Joanna Szczepańska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Studia doktoranckie, Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi  
Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. prof. nadzw. Joanna Szczepańska

<sup>2</sup>Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi  
Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. prof. nadzw. Joanna Szczepańska

## THE USE OF MTA IN IMMATURE PERMANENT TEETH – A REVIEW OF THE LITERATURE

### Summary

**Introduction:** The success of the biological treatment in dentistry depends, among other things: on the choice of a proper method, on technique of carried out interventions and on a suitable material. In the latest years more and more commonly MTA is used for this aim. At present mineral trioxide aggregate (MTA) unit is used in direct pulp capping or amputated the pulp, in repair the perforation of roots, in filling dentin, cement and bone cavities, in a retrograde root-end filling after apicectomy and filling canals in permanent teeth with incomplete root formation.

**Aim of the study:** The aim of the study was the review of the writing concerning the MTA application in biological treatment of the pulp of immature permanent teeth.

**Conclusions:** MTA is characterized by many desired features of material applied in biological treatment of the pulp, and the clinical research confirms its high effectiveness.

**Key words:** MTA, apexification, direct pulp capping

### WSTĘP

Leczenie biologiczne zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołka ma na celu zachowanie żywej miazgi, która w głównej mierze odpowiada za prawidłowy rozwój korzenia – apeksogenezę. Apeksogeneza jest to fizjologiczny rozwój korzenia stymulowany przez komórki tkanki miazgowej, pochewkę Hertwiga, brodawkę zębową, cement korzeniowy oraz ozębną (1). W przypadku utraty żywotności miazgi zębów niedojrzałych należy zainicjować proces apeksyfikacji. Metoda apeksyfikacji polega na jatrogennym pobudzeniu tkanki mieszanej miazgowo-ozębnowej do procesów reparacyjnych w obrębie korzenia, stymulowanych materiałami biologicznymi. W okolicy szczytu kanału dochodzi do powstania bariery zbudowanej z tkanki twardej lub do dalszego wzrostu korzenia (2).

### CEL PRACY

Celem pracy było przedstawienie właściwości fizycznych i chemicznych oraz zastosowania materiału MTA (ang. *Mineral Trioxide Aggregate*) w różnych przypadkach klinicznych w stomatologii.

### MATERIAŁ I METODY

Na podstawie piśmiennictwa omówiono leczenie biologiczne zębów stałych niedojrzałych z wykorzystaniem mineralnego agregatu trójtlenkowego (MTA).

### LECZENIE BIOLOGICZNE MIAZGI ZĘBÓW STAŁYCH NIEDOJRZAŁYCH

Korzeń zęba stałego formuje się jeszcze przez 3 lata od czasu pojawienia się korony w jamie ustnej dlatego, aby procesy wzrostowe przebiegały prawidłowo, powinno się kłaść szczególny nacisk na leczenie biologiczne zębów. U młodych pacjentów naprawie pojawiających się zmian zapalnych w tkance miazgowej i okołokorzeniowej sprzyjają bardziej efektywnie przebiegające reakcje obronne i reparacyjne. Wynika to z bogatokomórkowej budowy miazgi, dobrego jej unaczynienia oraz szerokiego połączenia z ozębną (3).

Do metod biologicznych zalicza się: 1. przykrycie pośrednie, 2. przykrycie bezpośrednie, 3. amputację przyżyciową częściową (*pulpotomia partialis*) oraz 4. amputację przyżyciową całkowitą miazgi (*pulpotomia totalis*). Opatrunek biologiczny zastosowany do pokrycia miazgi ma chronić ją przed działaniem czynników chorobotwórczych, chemicznych, termicznych i mechanicznych, które mogłyby doprowadzić do jej martwicy. Wybór metody leczenia zależy od stanu klinicznego miazgi.

Bezpośrednie pokrycie polega na zaopatrzeniu odsłoniętej, żywej miazgi preparatem odontotropowym. Wskazaniami do wykonania przykrycia bezpośredniego są:

1. przypadkowe obnażenie lub zranienie miazgi podczas opracowywania ubytku, o powierzchni mniejszej niż 1 mm<sup>2</sup>,

2. pourazowe odstąpienie miazgi, jeśli pacjent zgłosi się do 24 godzin od zdarzenia (4).

Amputacja przyżyciowa częściowa (*pulpotomia partialis*) polega na usunięciu zmienionej zapalnie części miazgi komorowej na głębokość 2-3 mm. Wskazaniami do wykonania zabiegu są:

1. przypadkowe obnażenie miazgi o powierzchni większej niż 1 mm<sup>2</sup>, powstałe podczas opracowywania ubytku próchnicowego,
2. przypadkowe głębokie zranienie miazgi,
3. pourazowe, małe do 1 mm<sup>2</sup> odstąpienie miazgi, jeśli pacjent zgłosi się po 24 godzinach do 5 dni od urazu,
4. urazowe odstąpienie miazgi o powierzchni większej niż 1 mm<sup>2</sup>, ale rana zostanie zaopatrzona do 24 godzin od wypadku (5).

Amputacja przyżyciowa całkowita (*pulpotomia totalis*) polega na usunięciu całej tkanki miazgowej z komory zęba z pozostawieniem zdrowej miazgi korzeniowej lub częściowo korzeniowej także w przypadku amputacji głębokiej. Wskazaniami do wykonania amputacji całkowitej są:

1. próchnicowe obnażenie miazgi, bez objawów bólowych,
2. urazowe odstąpienie miazgi, jeśli pacjent zgłosi się celem leczenia po 5. do 7. dniach od zdarzenia (6).

Pulpopatie nieodwracalne lub martwica miazgi są wskazaniami do wykonania ekstyrpacji miazgi koronowej i korzeniowej oraz szczelnego wypełnienia kanałów materiałem zdolnym do stymulacji apeksyfikacji.

Zabiegi na odstąpiętej miazdze powinny być przeprowadzane w warunkach aseptycznych ze szczególną ostrożnością, celem eliminacji jatrogennych podrażnień. Niezależnie od wyboru metody do przemywania rany należy stosować środki obojętne dla tkanki miazgowej. Mogą to być: fizjologiczny roztwór soli, woda destylowana lub 3% woda utleniona. Ze względu na bezpośredni kontakt opatrunku z miazgą, w leczeniu biologicznym wymaga się, aby stosowane materiały były biokompatybilne, szczelnie przylegały do tkanek zęba, były trwałe i nierozpuszczalne w wodzie oraz nie przebarwiały tkanek.

Najbardziej zbliżony do ideału jest MTA. Nie wykazuje toksyczności wobec komórek miazgi, działa odontotropowo, nie ulega resorpcji, działa antybakteryjnie i przeciwgrzybiczo, jest hydrofilny, ma dobrą wytrzymałość mechaniczną i szczelność oraz daje kontrast na zdjęciu rtg (7, 8). W porównaniu z innymi materiałami stosowanymi w leczeniu miazgi, zaobserwowano najrzadsze występowanie powikłań w postaci zapalenia miazgi lub tkanek okołowierzchołkowych (3, 4, 9, 10). Opisane właściwości skłoniły lekarzy stomatologów do poszerzania zakresu zastosowania MTA.

#### WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE MTA

MTA przypomina składem cement portlandzki, z tą różnicą, że MTA zawiera znacznie mniej metali ciężkich

oraz o połowę mniej gipsu, dzięki czemu czas wiązania został wydłużony. Zestawy składają się z proszku i wody. W skład proszku wchodzi: krzemian trójwapienny, krzemian dwuwapienny, aluminian trójwapienny, aluminożelazian czterowapienny, uwodniony siarczan wapnia, siarczan sodu, tlenek bizmutu (jako środek kontrastujący), hydrofilne cząsteczki tlenków metali oraz znikome ilości metali ciężkich (11).

Na rynku konglomerat trójtlenków metali dostępny jest w dwóch postaciach: 1. ProRoot MTA firmy Dentsply oraz 2. MTA-Angelus firmy Angelus (1, 12). MTA występuje w dwóch odmianach: białej (WMTA – *White Mineral Trioxide Agregate*) i szarej (GMTA – *Grey Mineral Trioxide Agregate*) (13). Szary MTA ze względu na znaczną zawartość żelaza może przebarwiać tkanki zęba. Właściwości fizykochemiczne obydwu form preparatu nieznacznie się różnią, mianowicie WMTA ze względu na kolor jest bardziej estetyczny i po związaniu tworzy mniejsze kryształy, a GMTA charakteryzuje się większą wytrzymałością mechaniczną oraz silniej hamuje wzrost *Enterococcus faecalis* (14). Cardoso-Silva i wsp. (15) po uprzedniej pulpotomii zastosowali MTA w 210 mlecznych zębach trzonowych dzieci. 74 zęby były leczone za pomocą *Grey mineral trioxide aggregate*, a w 136 zębach zastosowano *White mineral trioxide aggregate*. Następnie prowadzili obserwacje kliniczne i radiologiczne w obu grupach w ciągu 84 miesięcy. Analiza porównawcza wykazała znacznie większy odsetek powstałych mostów zębinowych po zastosowaniu GMTA niż WMTA.

W leczeniu endodontycznym z wykorzystaniem MTA należy brać pod uwagę rezygnację ze stosowania glukonianu chlorheksydyny, ponieważ zaburza wiązanie MTA (16). Nandini i wsp. (17) badając *in vitro* wpływ środków wykorzystywanych do płukania kanałów korzeniowych na właściwości konglomeratu trójtlenków metali, wykazali, że glukonian chlorheksydyny znacznie zmniejsza twardość oraz zwiększa porowatość materiału, rozpuszczając jego powierzchnię, szczególnie w pierwszej dobie od zastosowania. Jednocześnie potwierdzili brak niekorzystnych wpływów podchlorynu sodu na właściwości fizyczne i chemiczne MTA.

MTA po około 3-4 godzinach po zmieszaniu proszku z wodą twardnieje. Jako materiał biozgodny z tkankami oraz zbudowany z hydrofilowych cząsteczek tlenków metali, wiąże w obecności płynów organicznych np. płynu tkankowego, krwi i śliny (18). Mineralny agregat trójtlenkowy ma niską rozpuszczalność w płynach tkankowych, mniejszą niż 3%, dlatego nie ulega w nich resorpcji (19). MTA dzięki 20% zawartości tlenku bizmutu daje kontrast rentgenowski. Z badań Song i wsp. (12) wynika, że nieprzepuszczalność promieni RTG jest wyższa dla MTA niż dla zębiny i kości, a porównywalna z gutaperką.

#### BADANIA IMMUNOLOGICZNE I MOLEKULARNE NAD MTA – MECHANIZMY DZIAŁANIA

Materiał MTA jest silnie zasadowym preparatem, bezpośrednio po związaniu jego pH wynosi 10,2 i po kil-

ku godzinach wzrasta do ok. 12,5 (18, 20). Dzięki temu konglomerat trójtlenków metali skutecznie hamuje rozwój drobnoustrojów i procesy zapalne w żywej miazdze oraz stymuluje procesy mineralizacyjne.

Już w 1997 roku Koh i wsp. (21) wykazali w badaniach *in vitro*, przeprowadzanych na komórkach kościotwórczych, że MTA pobudza do produkcji interleukiny, które są mediatorami metabolizmu tkanki kostnej. Reyes-Carmona i wsp. (22) w badaniach wpływu MTA na procesy biochemiczne przebiegające w żywych tkankach zwierzęcych, tłumaczą jego zdolności biomineralizacyjne i regeneracyjne. Z usuniętych zębów ludzkich wypreparowane próbki zębiny, wypełnione materiałem MTA, wodorotlenkiem wapnia lub pozostawione puste, wszczepiano podskórnice w grzbiety myszy. W pobranych z tej okolicy tkankach autorzy wykazali nadekspresję cytokin prozapalnych i cytokin przeciwzapalnych – interleukiny-10. Ponadto wzrosła ekspresja mieloperoksydazy działającej silnie bakterioobójczo, czynnika jądrowego kappa B (NF- $\kappa$ B) biorącego udział w immunologicznym mechanizmie kontroli procesu zapalnego, cyklooksygenazy-2 (COX-2) oraz czynnika wzrostu śródbłonki naczyniowego (ang. *Vascular Endothelial Growth Factor* – VEGF). Poziomy poziom czynników były najwyższe w pierwszym dniu ostrej fazy zapalnej po zastosowaniu obydwu preparatów. Na podstawie tych badań stwierdzono, że MTA stwarza środowisko sprzyjające zdrowieniu tkanek (22).

Cytokiny prozapalne, takie jak interleukina-1b (IL-1b), czynnik martwicy nowotworu alfa (TNF- $\alpha$ ) i prostaglandyny (PG) spełniają istotną rolę w dojrzewaniu, różnicowaniu i aktywacji komórek. Biorą udział w inicjacji kaskady procesów regeneracyjnych tkanki miazgowej. TNF- $\alpha$  ma zdolność aktywacji komórek układu odpornościowego. W przebiegu reakcji odpornościowej indukuje syntezę cytokin prozapalnych, m.in. IL-1b. Główną rolą IL-1b w reakcji zapalnej jest indukcja syntezy COX-2. Ostatnie dowody wskazują, że COX-2 indukuje ekspresję czynnika wzrostu śródbłonki naczyniowego (VEGF), a tym samym angiogenezę (23, 24). Zdolność inicjacji tworzenia zębiny reparacyjnej i cementogenezy przez MTA Reyes-Carmona i wsp. (22) tłumaczą alkalicznością materiału oraz wytrącaniem apatytów przez MTA w ostrej fazie zapalenia. Może to powodować zmiany w ekspresji genów różnych typów komórek, przyczyniając się do naprawy i mineralizacji tkanek zębów.

Al-Rabeah i wsp. (25) zaobserwowali w mikroskopie elektronowym, że ludzkie komórki kości ulegają adhezji do materiału MTA oraz proliferacji na jego powierzchni w ciągu 24 godzin. Autorzy potwierdzili tymi badaniami dobrą biogodność MTA z tkanką kostną oraz jego zdolność do stymulacji osteogenezy, co umożliwia zastosowanie tego materiału w chirurgii, periodontologii, jak również w ortopedii.

#### MTA A BADANIA BAKTERIOLOGICZNE

Dzięki dobremu przyleganiu brzeżnemu i dobrym właściwościom uszczelniającym, lepszym niż pionowo

skondensowana gutaperka z uszczelniaczem, MTA stanowi odpowiednią barierę ochronną przeciwko inwazji drobnoustrojów (4, 26). Mineralny agregat trójtlenkowy ma działanie przeciwbakteryjne (również przeciwko bez-tlenowcom i *Enterococcus faecalis*) oraz przeciwgrzybicze. Ferk i wsp. (27) metodą dyfuzji bakterii na płytce z agarem udowodnili najsilniejsze działanie MTA przeciwko *Streptococcus mutans*, a następnie *Streptococcus mitis* i *Lactobacillus acidophilus*. Strefa hamowania wzrostu dla *Enterococcus faecalis* była najmniejsza, natomiast nie zaobserwowano działania bakterioobójczego przeciwko *Staphylococcus aureus*. Al-Kahtani i wsp. (28) oceniali zależność pomiędzy grubością warstwy mineralnego agregatu trójtlenkowego a przeciekami bakteryjnymi. Z doświadczeń tych wynika, że tylko warstwa MTA równa lub większa niż 5 mm zapewnia 100% szczelność przed infekcją *Actinomyces viscosus* i *Staphylococcus* sp. Według badań Yildirim i wsp. (29) warstwa maziasta nie wpływa negatywnie na szczelność MTA, stąd brak konieczności jej usuwania przed zastosowaniem konglomeratu trójtlenków metali.

#### ZASTOSOWANIA MTA W STOMATOLOGII

MTA (ang. *Mineral Trioxide Aggregate*) – konglomerat trójtlenków metali po raz pierwszy został zastosowany w 1993 roku do przywierzchołkowego wypełniania kanałów, celem szybkiego zamknięcia wierzchołków korzeni (30).

Obecnie materiał MTA znajduje szerokie wykorzystanie w stomatologii zachowawczej i endodoncji w leczeniu biologicznym miazgi obnażonej, amputowanej częściowo lub całkowicie (6), jak również do wypełniania kanałów korzeniowych w zębach z niezakończonym rozwojem wierzchołka korzenia celem inicjacji apeksyfikacji (10, 31). Z uwagi na znikomą neurotoksyczność i cytotoxyczność stosuje się go do przywierzchołkowego wypełniania kanałów korzeniowych, prowadząc do stymulacji gojenia zmienionych zapalnie tkanek okołowierzchołkowych (9, 20).

Ponieważ MTA indukuje cementogenezę, osteogenezę oraz regenerację przyzębia, powszechnie jest stosowany w zamykaniu perforacji korzeni na całej długości, niezależnie od lokalizacji. Stanowiąc biogodne biologicznie podłoże, wykorzystywany jest w leczeniu postępujących resorpcji zewnętrznych i wewnętrznych, jak również do chirurgicznego wypełnienia ubytków kości oraz odbudowy włókien ozębnej (21, 32). MTA wyparł dotychczas stosowane materiały do wstecznego wypełniania kanałów korzeniowych po resekcji wierzchołka, ponieważ De Bruyne i wsp. (33) udowodnili jego lepszą szczelność, zbliżoną do gutaperki. Rzadziej stosowany jest do wypełniania ubytków twardych tkanek zęba – zębiny i cementu.

#### LECZENIE BIOLOGICZNE ZA POMOCĄ MTA ZĘBÓW STAŁYCH NIEDOJRZAŁYCH

MTA zaliczany jest do grupy leków jednoczasowych, tzn. że w trakcie długoczasowego leczenia nie wymaga wielokrotnej wymiany podczas kolejnych wizyt. Ograni-

czenie liczby wizyt minimalizuje wystąpienie powikłań jatrogennych w postaci nadmiernego usunięcia twardych tkanek zęba spowodowanego częstą wymianą opatrunków tymczasowych, reinfekcji związanej z wielokrotną ingerencją lub uszkodzenia zęba (perforacje, złamania, osłabienie ścian) (34).

MTA indukuje apeksyfikację, a powstające w wyniku tego procesu tkanki twarde charakteryzują się większą gęstością niż tkanki wytworzone po zastosowaniu wodorotlenku wapnia. Z badań zębów z niezakończonym rozwojem wierzchołka korzenia, w których dokonano apeksyfikacji za pomocą MTA, wynika, że są mniej podatne na złamania niż zęby, w których zastosowano wodorotlenek wapnia (31). Postek-Stefańska i wsp. (35) stosując MTA w zębach siecznych szczęki po urazach z obnażeniem miazgi, stwierdzili po 12. miesiącach prawidłowy rozwój wierzchołka korzenia oraz brak zmian okołowierzchołkowych. Qudeimat i wsp. (36) po bezpośrednim zastosowaniu MTA na uprzednio częściowo amputowaną miazgę w próchnicowo zniszczonych zębach stałych niedojrzałych, uzyskali pozytywne wyniki leczenia miazgi w 93% przypadków, gdzie w 79% doszło do zamknięcia wierzchołka korzenia. Farsi i wsp. (37) zastosowali materiał MTA do bezpośredniego pokrycia próchnicowo obnażonej miazgi zębów stałych niedojrzałych u 30 pacjentów w wieku rozwojowym. Badania kontrolne prowadzili po 6, 12, 18 i 24 miesiącach. Po 2 latach w 28 przypadkach obserwowali prawidłowe reakcje leczonych zębów na testy diagnostyczne oraz w 91% przypadków doszło do zamknięcia wierzchołka korzenia. Zarówno w tkankach okołowierzchołkowych, jak i w tkance miazgowej zębów leczonych preparatem MTA nie stwierdzili żadnych nieprawidłowości w postaci zapalenia, martwicy lub resorpcji wewnętrznych i zewnętrznych.

MTA wykazuje najsilniejsze właściwości odontotropowe, a jego zdolność stymulowania tworzenia mostu zębinowego po bezpośrednim przykryciu miazgi materiałem MTA jest największa spośród aktualnie stosowanych materiałów odontotropowych. W badaniach histologicznych mostów zębinowych powstałych po zastosowaniu MTA Accorinte Mde i wsp. (38) wykazali, że są one grubsze i lepiej widoczne na zdjęciach rtg niż po użyciu wodorotlenku wapnia, a powstała zębina naprawcza charakteryzuje się budową kanalikową o regularnym przebiegu. Tabarsi i wsp. (39) przeprowadzili pulpotomię w 36 dwukorzeniowych zębach psów, a następnie zaopatrzyli miazgę trzema różnymi materiałami biologicznymi (wodorotlenkiem wapnia, MTA i CEM cementem). Efekty leczenia oceniano po 8 tygodniach na podstawie stanu miazgi oraz grubości mostu zębinowego. Z oceny porównawczej wpływu trzech różnych preparatów na tkankę miazgową wynika, że użycie MTA i CEM cementu spowodowało w większości przypadków zachowanie żywej miazgi (odpowiednio: 72,7% i 77,3%), co wskazuje na znacznie lepszą ich skuteczność niż wodorotlenek wapnia (38,1%). Jednocześnie największą grubość mostu zębinowego (0,24 mm) obserwowano po zastosowaniu mineralnego agregatu trójtlenków metali. Torabinejad i wsp. (40) w badaniach

kontrolnych po 4 latach od przykrycia bezpośredniego tkanki miazgowej mineralnym agregatem trójtlenkowym zaobserwowali powstanie mostu zębinowego oraz wykazali prawidłowe reakcje na testy diagnostyczne we wszystkich badanych przypadkach.

Hegde i wsp. (41) wykorzystali MTA w czterech różnych przypadkach klinicznych, celem leczenia perforacji, inicjacji apeksyfikacji i apeksogenezy oraz do zaopatrzenia miazgi po jej amputacji. U 13-letniego chłopca obserwowano szczelne zamknięcie wierzchołka korzenia zęba 11, brak zmian okołowierzchołkowych oraz brak dolegliwości bólowych już po 6 miesiącach od rozpoczęcia leczenia. U 9-letniej dziewczynki, u której doszło do urazu 3 klasy wg Ellisa zęba 11 wykorzystano MTA celem inicjacji apeksogenezy, uzyskując pozytywne wyniki leczenia. W pozostałych dwóch przypadkach również odniesiono sukces, tj. u 4-letniego chłopca zachowano żywotność pozostałej miazgi korzeniowej po wykonanej pulpotomii całkowitej oraz skutecznie zamknięto perforację lewego siekacza przyśrodkowego u 13-letniej dziewczynki, obserwując dalszy rozwój korzenia.

## PODSUMOWANIE

MTA jest to materiał, który daje wiele możliwości terapii tkanki miazgowej. Dotychczasowe badania *in vitro*, doświadczalne na zwierzętach i kliniczne wskazują na wysoką skuteczność materiału MTA w leczeniu stanów zapalnych miazgi oraz jej powikłań w zębach stałych i mlecznych. Mineralny agregat trójtlenkowy posiada wiele cech idealnego preparatu, stanowiącego alternatywę dla wodorotlenku wapnia, do stosowania w zębach stałych niedojrzałych. Badania molekularne nad tym preparatem będą służyły dalszemu wyjaśnianiu mechanizmów jego działania w różnych sytuacjach klinicznych. □

## Piśmiennictwo

1. Piesiak-Parczyszyn D, Pregiel B, Fita K: Leczenie endodontyczne zębów stałych z niezakończonym rozwojem korzeni w zależności od zastosowanych materiałów. *Implantoprotetyka* 2010; 11, 1: 38-43.
2. Błaszczek E, Łęski M: Leczenie zębów stałych niedojrzałych – przegląd piśmiennictwa. *Twój Przegl Stomatol* 2007; 7/8: 34, 37-38, 40.
3. Olszewska A, Daktera-Micker A: Zastosowanie preparatu MTA u pacjentów w wieku rozwojowym. *Mag Stomatol* 2006; 7-8, 174: 32-35.
4. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS: Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2003; 36: 225-231.
5. Barrieshi-Nusair KM, Qudeimat MA: A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously expose permanent teeth. *J Endod* 2006; 32: 731-735.
6. Aeinehchi M, Dadvand S, Bayat-Movahed S: Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. *Int Endod J* 2007; 40: 261-267.
7. Bader-Orłowska D, Skalecka-Sądel A, Grzesiak I et al.: Preparat ProRoot MTA: budowa chemiczna, właściwości i zastosowanie. *Przegląd piśmiennictwa. Rocznik PAM* 2009; 53 supl. 3: 13-16.
8. Hilt A, Szydłowska-Walendowska B: Bezpośrednie pokrycie miazgi zębów stałych preparatem MTA u pacjentów w wieku rozwojowym. *e-Dentico* 2011; 1, 29: 86-93.
9. Łuczaj-Cepowicz E, Marczuk-Kolada G, Waszkiel D: Możliwości zastosowania klinicznego nowego materiału mineral trioxide

- aggregate (MTA) – przegląd piśmiennictwa. *Nowa Pediatr* 2008; 12, 4: 62-66. **10.** Holden DT, Schwarz SA, Kirkpatrick TC, Schindler WG: Clinical outcomes of artificial root-end-barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *J Endod* 2008; 34: 812-817. **11.** Damaschke T, Gerth H, Zuchner H, Schafer E: Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005; 21: 731-38. **12.** Song JS, Mante FK, Romanow WJ, Synnkung K: Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and grey MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 809-815. **13.** Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S et al.: Human Saliva Penetration of Root Canals Obturated with Two Types of Mineral Trioxide Aggregate Cements. *J Endod* 2005; 31, 6: 453-456. **14.** Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F: Chemical differences between white and grey mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31, 2: 101-104. **15.** Cardoso-Silva C, Barberia E, Maroto M, Garcia-Godoy F: Clinical study of Mineral Trioxide Aggregate in primary molars. Comparison between Grey and White MTA – A long term follow-up (84 months). *J Dent* 2011; 39: 187-193. **16.** Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG: Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of literature. *Dent Mater* 2008; 24: 149-164. **17.** Nandini S, Natanasabapathy V, Shivanna S: Effect of Various Chemicals as Solvents on the Dissolution of Set White Mineral Trioxide Aggregate: An In Vitro Study. *J Endod* 2010; 36, 1: 135-138. **18.** Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR: Dye leakage of four root end filling materials: effects of blond contamination. *J Endod* 1994; 20: 159-163. **19.** da Silva WJ, Couto Souza PH, Ribeiro Rosa EA et al.: Mineral trioxide aggregate as root canal filling material: comparative study of physical properties. *Rev Odontol Ciência* 2010; 25, 4: 386-390. **20.** Mente J: Mineral Trioxide Aggregate. Wskazania i praktyczne zastosowanie kliniczne na podstawie konkretnych przypadków. *Endodoncja.pl* 2009; 4: 229-241. **21.** Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR et al.: Mineral Trioxide Aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res* 1997; 37: 432-439. **22.** Reyes-Carmona JF, Santos ARS, Figueiredo CP et al.: *In Vivo* Host Interactions with Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide: Inflammatory Molecular Signaling Assessment. *J Endod* 2011; 37, 9: 1225-1235. **23.** Balkowiec-Iskra E: Rola układu odpornościowego w patofizjologii bólu zapalnego. *Pol Merk Lek* 2010; XXIX, 174: 395-399. **24.** Dzielska-Olczak M: Inhibitory cyklooksygenaz i inne związki o potencjale przeciwpalnym w chorobie zwyrodnieniowej stawów (osteoartrozie – OA) – część I. *Pol Merk Lek* 2011; XXX, 175: 75-81. **25.** AL-Rabeah E, Perinpanayagam H, MacFarland D: Human Alveolar Bone Cells Interact with ProRoot and Tooth-Colored MTA. *J Endod* 2006; 32, 9: 872-875. **26.** Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD: Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod* 2002; 28: 5-7. **27.** Ferk S, Simeon P, Matijević J et al.: Antibacterial Effect of Mineral Trioxide Aggregate and Amalgam. *Acta Stomatol Croat* 2011; 45, 1: 8-12. **28.** Al-Kahtani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S: *In vitro* evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endod* 2005; 31: 117-119. **29.** Yildirim T, Er K, Taşdemir T et al.: Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: A bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109, 1: 67-72. **30.** Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root and filling material. *J Endod* 1993; 19: 591-595. **31.** Blome B, Sobarzo V: Sukces i niepowodzenie po zamknięciu wierzchołka preparatem MTA. *Endodoncja.pl* 2009; 2: 86-93. **32.** Ghoddsi J, Kanaan A, Shahrami F: Clinical and radiographic evaluation of root perforation repair using MTA. *NY State Dent J* 2007; 73: 46-49. **33.** De Bruyne MAA, De Bruyne RJE, Rosiers L, De Moor RJG: Longitudinal study on microleakage of three root – end filling material by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *Int Endod J* 2005; 38: 129-136. **34.** Andreasen JO, Fabric B, Munksgaard EC: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002; 18: 134-137. **35.** Postek-Stefańska L, Jodłowska A, Wysockańska-Jankowicz I: Application of the Mineral Trioxide Aggregate in Apexification – Case Reports. *Dent Med Probl* 2009; 46, 2: 247-251. **36.** Qudeimat MA, Barrieshi-Nusair KM, Owais AI: Calcium hydroxide vs. Mineral Trioxide Aggregates for Partial Pulpotomy of Permanent Molars with Deep Caries. *European Archives Pediatr Dent* 2007; 8, 2: 99-104. **37.** Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Al Mushayt A: Clinical Assessment of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as Direct Pulp Capping in Young Permanent Teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2006; 31, 2: 72-76. **38.** Accorinte Mde L, Holland R, Reis A et al.: Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as pulp-capping agents in human teeth. *J Endod* 2008; 43: 1-6. **39.** Tabarsi B, Parirokh M, Eghbal MJ et al.: A comparative study of dental pulp response to several pulpotomy agents. *J Endod* 2010; 43: 565-571. **40.** Torabinejad M, Chiwian N: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999; 3: 197-205. **41.** Hegde R, Battepati PM: Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate: Report of Four Cases. *Int J Clin Pediatr Dent* 2010; 3, 1: 43-50.

nadesłano: 10.01.2012

zaakceptowano do druku: 02.02.2012

Adres do korespondencji:

\*Joanna Szczepańska

Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego UM

ul. Pomorska 251, 92-213 Łódź

tel.: +48 (42) 675 75 16

e-mail: joanna.szczepanska@umed.lodz.pl