

Wypełnienie wsteczne kanałów korzeniowych po resekcji wierzchołka korzenia – przegląd piśmiennictwa

Retrograde root canal filling after apicoectomy – a literature review

Katedra i Klinika Stomatologii Zachowawczej i Periodontologii
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Streszczenie

Nowoczesne techniki endodontyczne i zaawansowane biotechnologicznie materiały do wypełnień kanałów korzeniowych znacznie ograniczyły liczbę zabiegów resekcji wierzchołka korzeniowego. Jednak okołowierzchołkowe stany zapalne, niekorzystne warunki anatomiczne, resorpcje i poziome złamania korzeni oraz nieprawidłowe leczenie endodontyczne (niedopełnienie kanału, przepchnięcie wypełnienia, perforacja korzenia, złamanie narzędzia), wymagają zastosowania tej procedury. Kanały korzeniowe wypełniane są najczęściej rdzeniem gutaperkowym z uszczelniaczem (żywice epoksydowe). Dobór materiału do wstecznego wypełnienia jest trudniejszy, ponieważ powinien on spełniać kryterium wysokiej biokompatybilności, szczelności, przylegania, dawać kontrast w rtg, i jednocześnie nie powinien być toksyczny, aktywny elektrochemicznie, kurczyć się, ulegać resorpcji, korozji i przebarwiać zębów. Na kolejnych etapach rozwoju endodoncji, do wstecznego wypełniania kanałów korzeniowych, stosowano: amalgamat srebra, złoto, gutaperkę, tlenek cynku z eugenolem, wodorotlenek wapnia, materiały złożone, śruby tytanowe, cementy, szkło-jonomerowe, cermety, kompomery, cementy kostne Intermediate Restorative Material (IRM), Super Ethoxybezoic Acid (Super EBA) i Mineral Trioxide Aggregate (MTA) – zmodyfikowany cement Portlandzki oraz Biodentine. Wprawdzie zarówno MTA jak i Biodentine spełniają najwięcej wymaganych kryteriów, jednak nadal nie są idealnymi materiałami.

Słowa kluczowe: resekcja wierzchołka korzenia, wsteczne zamykanie kanału korzeniowego, materiały do wstecznego wypełnienia wierzchołka korzenia.

Abstract

Modern endodontic techniques and advanced biotechnological materials for root canals filling, have significantly reduced the number of the root apex resections. However, periapical inflammation, abnormal anatomical conditions, resorption and horizontal root fractures and inadequate endodontic treatment (incomplete filling, push-out filling, root perforation and broken tools) require the use of this procedure. Root canals are obturated mostly with gutta-percha core and sealer (epoxide resins). The selection of retrograde root-end filling material is more difficult, because it should meet the criteria of high biocompatibility, tightness, adhesion, provide contrast for X-ray imaging, and should not be toxic, electrochemically active shrinkable. They should not undergo resorption and corrosion, or cause teeth discoloration. In subsequent stages of endodontics development the following materials were used for retrograde root canal obturation: silver amalgam, gold, gutta-percha, zinc oxide eugenol, calcium hydroxide, composite materials, titanium screws, cements, glass ionomer cermets, compomers, bone cements Intermediate Restorative Material (IRM), Super Ethoxybezoic Acid (Super EBA) and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) – a modified Portland cement and also Biodentine. Although both MTA and Biodentine meet most of the required criteria, they are still far from being ideal materials.

Keywords: root apex resection, retrograde root canals obturation, retrograde apical filling materials.

Wstęp

Zabieg chirurgiczny odcięcia wierzchołka korzenia ma na celu usunięcie zmian okołowierzchołkowych i całkowite odseparowanie przestrzeni kanałów korzeniowych od otaczających tkanek, poprzez szczelne ich wypełnienie. Rozwój współczesnej endodoncji, polegający na wprowadzeniu nowych technik z wykorzystaniem mikroskopu endodontycznego [1, 2], endometru do precyzyjnego elektronicznego pomiaru długości roboczej kanałów korzeniowych [3–7], zastosowanie urządzeń ultradźwiękowych, w tym końcówek do preparacji metodą wsteczną [8–11], jak również upowszech-

nienie biotechnologicznie zaawansowanych materiałów do wypełnień kanałów korzeniowych, sprawia, że resekcja wierzchołka korzenia jest coraz rzadziej stosowanym zabiegiem.

Nadal jednak istnieją takie sytuacje kliniczne, w których jedyną metodą umożliwiającą zachowanie własnego zęba w jamie ustnej jest zabieg zachowawczo-chirurgiczny resekcji. Wskazaniami do przeprowadzenia takiej procedury mogą być przyczyny pierwotne – związane z aktualnym stanem uzębienia oraz przyczyny wtórne, wynikające z niepowodzeń we wcześniejszym leczeniu endodontycznym. Pierwotnymi przyczynami są: (1)

przewlekłe stany zapalne tkanek okołowierzchołkowych prowadzące do powstania ziarniniaków, przetok i torbieli korzeniowych; (2) warunki anatomiczne – zakrzywienie kanałów korzeniowych w ich częściach przyszczytowych, zwyrodnienia wapniowe, zębiniaki; (3) zewnętrzne i wewnętrzne resorpcje korzeniowe; (4) poziome złamania korzeni w 1/3 przywierzchołkowej. Do wtórnych przyczyn należą: (1) nieprawidłowo wypełnione kanały korzeniowe podczas leczenia endodontycznego, których ponowne leczenie endodontyczne nie jest możliwe; (2) złamane narzędzia podczas opracowania kanałów; (3) perforacja ściany kanału korzeniowego; (4) niedopełnienie kanałów korzeniowych; (5) przepchnięcie uszczelnacza lub ćwieka gutaperkowego poza otwór wierzchołka korzenia lub (6) nieudane zamknięcie nieukształtowanego wierzchołka korzenia [4, 12–14]. Najczęstszą przyczyną wykonywanych zabiegów resekcji wierzchołka korzenia zęba są ziarniniaki i torbiele powstałe na tle przewlekłych okołowierzchołkowych stanów zapalnych, co potwierdzają wyniki statystycznych analiz materiału klinicznego [15–16].

Prawidłowo przeprowadzony zabieg resekcji powinien być poprzedzony szczelnym wypełnieniem jam zęba, a po odcięciu wierzchołka korzenia uzupełniony wstecznym wypełnieniem kanału korzeniowego. Niektórzy autorzy uważają, że w przypadku szczelnego zamknięcia kanału w jednokorzeniowych zębach podczas resekcji można z niego zrezygnować [17–18].

Celem pracy jest przegląd zagadnień dotyczących skuteczności i bezpieczeństwa materiałów stosowanych w endodoncji dawniej i obecnie, ze szczególnym uwzględnieniem ich przydatności do wypełnień wstecznych kanałów korzeniowych po resekcji wierzchołka korzenia.

Wyniki badań dotyczących materiałów do wstecznych wypełnień kanałów korzeniowych po resekcji, przeprowadzanych zarówno *in vivo* jak i *in vitro*, nie są tak jednoznaczne [19–20]. Optymalny materiał powinien charakteryzować się wysoką biogodnością, brakiem toksyczności, szczelnością i właściwą adhezją, a także dawać kontrast w obrazowaniu radiologicznym. Natomiast nie powinien kurczyć się, ulegać resorpcji, korozji, przebarwiać zębów ani wykazywać aktywności elektrochemicznej. Z klinicznego punktu widzenia materiał taki powinien minimalizować liczbę resekcji z wydłużonym czasem gojenia i kończących się niepowodzeniem [21–22]. Dotychczasowe badania wykazały, że żaden z dostępnych obecnie materiałów nie spełnia jednocześnie wszystkich wyżej wymienionych kryteriów i każda metoda wstecznego wypełniania kanałów korzeniowych ma swoje wady, co budzi liczne kontrowersje zarówno wśród autorów badań *in vitro*, jak i wśród klinicystów [23–24].

Na poszczególnych etapach rozwoju endodoncji, do wstecznego wypełniania kanałów ko-

zeniowych stosowane były lub są nadal z różną częstością i różnym powodzeniem: amalgamat srebra, złoto, gutaperka, tlenek cynku z eugenolem, wodorotlenek wapnia, materiały złożone, śruby tytanowe, cementy szkło-jonomerowe niemodyfikowane lub modyfikowane żywicą, cermetry i kompomery, oraz cementy kostne Intermediate Restorative Material (IRM) i Super Ethoxybezoic Acid (Super EBA), a także Mineral Trioxide Aggregate (MTA) i Biodentine do leczenia powikłanych przypadków endodontycznych [20–23, 24–29].

Materiały stosowane w przeszłości

Do lat 90. XX wieku, najczęściej stosowanym materiałem do wstecznych wypełnień resekowanych kanałów korzeniowych był amalgamat srebra [28–30]. Długoterminowe skutki zastosowania amalgamatu i wyniki badań nad nowymi materiałami spowodowały, że wielu autorów uznało, że ze względu na liczne wady nie jest on dobrym materiałem do wypełniania wierzchołka korzeniowego, a klinicyści rezygnowali na rzecz bardziej korzystnych technicznie i terapeutycznie materiałów. Największe wady amalgamatu to: niedostateczna szczelność będąca przyczyną mikroprzecieków, znaczna porowatość prowadząca do korozji i elektrolizy z uwalnianiem rtęci, trudności techniczne podczas wypełniania kanału, powodowanie przebarwienia tkanek, wywoływanie nacieku zapalnego na granicy tkanek przylegających i brak regeneracji tkanek okołowierzchołkowych [23, 25, 31–35].

W latach 50. i 60. XX wieku prowadzane były badania laboratoryjne i kliniczne nad zastosowaniem złota do wypełnień wstecznych po resekcji wierzchołków korzeni. Badania te potwierdziły bardzo dobre przyleganie brzeżne i szczelność oraz dobrą tolerancję tkankową, a także niski odsetek niepowodzeń wynoszący – według danych Kopp i Kresberg – 4,5% [36], a w badaniach Waikakula i Punwutikorna – 2,6% [31] oraz szybsze i lepsze gojenie po zabiegu w porównaniu z innymi materiałami, np. amalgamatem [37].

W latach 90. XX wieku Guldener i Langeland [za 38] nadal proponowali złoto, jako najbardziej odpowiedni materiał do wypełnień wstecznych po resekcji wierzchołka korzenia. Jedynym problemem była wrażliwość złota na wilgoć, który został rozwiązany przez zastosowanie oryginalnego urządzenia do tamowania krwawienia – U-kształtną taśmę ze stali szlachetnej wyścieloną od strony kości kolagenem lub utlenowaną celulozą, którą umieszczano w jamie operacyjnej [38].

Najczęściej stosowanym materiałem z wyboru do wypełniania kanałów w leczeniu endodontycznym są ćwieki gutaperkowe. Gutaperka jest łatwa w użyciu ze względu na termiczną plastyczność, nietoksyczna, o wysokiej biogodności i daje możliwość powtórnego leczenia. Jednak nie hamuje koronowego mikroprzecieku, ponieważ nie łączy się adhezyjnie z twardymi tkankami zęba, co

może być przyczyną rozprzestrzeniania się bakterii z części koronowej do części wierzchołkowej kanału korzeniowego w przypadku niewłaściwego zaopatrzenia korony zęba po terapii endodontycznej. Dlatego wypełnienie kanałowe stanowi ćwiek gutaperkowy lub wykonany z innego materiału, w połączeniu z preparatami uszczelniającymi. Liczne badania porównawcze różnych rodzajów ćwieków i uszczelniaczy wykazały, że najlepsze wyniki uzyskuje się stosując rdzenie gutaperkowe z uszczelniaczem na bazie żywic epoksydowych, np. AH Plus [39–41].

Materiały stosowane obecnie

Aktualnie najczęściej stosowanymi materiałami, zwłaszcza do powikłanych przypadków endodontycznych, w tym także wypełnień wstecznych kanałów korzeni po resekcji, są Mineral Trioxide Aggregate (MTA) i Biodentine. MTA jest hydrofilnym proszkiem będącym mieszanką: krzemianu trójwapniowego, tlenku bizmutu, krzemianu dwuwapniowego, aluminium trójwapniowego, aluminonozelazianu czterowapniowego oraz uwodnionego siarczanu wapnia, a także nierozpuszczalną krzemionki krystalicznej i śladowych ilości tlenku magnezu, potasu i siarczanu sodu [42]. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) – cement Portlandzki, w celu uwidocznienia na radiogramach, zmodyfikowany przez dodanie tlenku bizmutu (ok. 20%), po raz pierwszy został użyty przez prof. Torabinejadę z Uniwersytetu Loma Linda (California USA), a pierwsze publikacje na ten temat pochodzą z 1993 roku [43–44]. Autorzy uznali, że MTA posiada wiele pożądaných właściwości: jest nie drażniący, nieporowaty i nieprzepuszczający wilgoci, łatwy w klinicznym zastosowaniu, odporny na działanie płynów tkankowych, nierozpuszczalny, nieprzepuszczający promieniowania rtg, łatwy w zastosowaniu klinicznym. Następnie Torabinejad, w eksperymentalnych badaniach na psach i małpach, potwierdził większą przydatność MTA niż amalgamatu do wypełnień końcowych kanałów korzeniowych [32, 45] i wspólnie z Whitem opatentowali metodę i nowy materiał do wypełnień zębów [45–46]. Liczne badania wykazują, że MTA nie tylko wykazuje dobrą zdolność uszczelniania, doskonałe długoterminowe rokowanie, względną łatwość manipulacji i dobrą biokompatybilność, ale także sprzyja regeneracji tkanek [41, 46–50]. MTA ma dobre właściwości fizyczne i chemiczne oraz przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne, a ponadto dobrze uszczelnia i jest wysoce biokompatybilny oraz bioaktywny w stosunku do otaczających tkanek [52–53]. Dzięki tym właściwościom MTA jest obiecującym materiałem do wypełnień kanałowych, naprawy perforacji ścian kanałów korzeniowych, leczenia żywej miazgi, w tym pokrycia bezpośredniego i amputacji miazgi oraz tworzenia wierzchołkowej bariery dla zębów z martwiczymi masami i otwartymi wierzchołkami korzeniowymi,

a także do wstecznych wypełnień w przypadku amputacji szczytów korzeni. Jednak jak twierdzą sami wynalazcy i propagatorzy stosowania zmodyfikowanego cementu Portlandzkiego, materiał ten ma również pewne wady, takie jak: długi czas wiązania (5–6 godzin), wysokie koszty i możliwość wystąpienia przebarwień. Gdy MTA wchodzi w kontakt z płynami tkankowymi, tworzą się kryształy hydroksyapatytu, co może prowadzić do powstania ognisk zwapniałych struktur w zabiegach endodontycznych [54].

Biodentine jest jednym z najnowszych bioaktywnych cementów, którego głównym składnikiem jest również krzemian trójwapniowy, a więc preparat tego samego typu i o podobnym składzie jak MTA, lecz o nieco innych właściwościach fizykochemicznych. Preparat ten charakteryzuje się bowiem dobrą twardością, dużą gęstością i małą porowatością, a także dużą wytrzymałością na ściskanie i zginanie [55–57]. Badania Biodentine pod względem mikroprzecieków potwierdziły, że preparat wykazuje dobrą szczelność [58, 56] i adhezję brzegową [59], a także doskonałe właściwości biologiczne, jednak kontrastowość na zdjęciach radiologicznych budzi zastrzeżenia [55, 60–63]. Ponadto, modyfikacja składu preparatu przez dodanie środków zmiękczających i przyspieszających wiązanie spowodowała uzyskanie konsystencji ułatwiającej aplikację i krótkiego kilkunastominutowego czasu wiązania [64].

Analiza porównawcza dostępnych wypełnień

W badaniach nad biogodnością trzech rodzajów wypełnień końcowych korzeni: ProRootMTA – zmodyfikowanego cementu portlandzkiego (Mineral Trioxide Aggregate), Retroplast – kompozytu bisfenolu-metakrylan glicydyli z dimetakrylanem glikolu trójetylenowego (BisGMA/TEGDMA) oraz Bioaggregate – cementu ceramicznego składającego się głównie z krzemianu wapnia, hydroksyapatytu i wodorotlenku wapnia, poprzez ocenę żywotności i jakości mocowania fibroblastów ludzkich dziąseł do tych materiałów, uzyskano lepsze wyniki dla materiałów Retroplast i Bioaggregate w porównaniu z ProRootMTA. Ostatecznie zalecany jest przez autorów cement ceramiczny Bioaggregate, ponieważ jest również odporny na wilgoć [65].

Z kolei z badań porównawczych nad biokompatybilnością i przyleganiem materiałów ProRoot MTA, MTA Angelus i Super-EBA [66], wynika, że najbardziej biokompatybilnym materiałem jest ProRoot MTA, natomiast super-EBA – najbardziej cytotoksycznym, hamującym proliferację komórek i najmniej adhezyjnym. Ponadto stwierdzono, że materiał MTA Angelus jest bardziej cytotoksyczny niż ProRoot MTA, ale posiada doskonałe właściwości przylegania do rusztowania agregatów komórkowych.

W kontrolowanych badaniach randomizowanych, oceniających kliniczne wyniki zastosowania materiałów MTA i SuperEBA, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w ogólnym wskaźniku sukcesu leczniczego, który wynosił odpowiednio dla MTA i SuperEBA 95,6% i 94,3% [67].

Analiza porównawcza wpływu różnych materiałów do wstecznych wypełnień na leczenie tkanek okołowierzchołkowych (hybrydowy glasonomer Geristore, IRM i ProRoot MTA), w świetle metod radiologicznych i histologicznych, w eksperymentalnych badaniach na psach nie wykazała różnic między analizowanymi preparatami w obrazowaniu radiologicznym, jednak cement glasonomero- wy Geristore okazał się najmniej korzystnym leczniczo w ocenie histologicznej [68]. Podobne wyniki w histologicznej ocenie odpowiedzi tkankowej, po zastosowaniu różnego rodzaju wstecznych wypełnień, również w badaniach na psach uzyskali Wälivaara i wsp. [69]. IRM i MTA okazały się korzystniejsze dla regeneracji tkanek okołowierzchołkowych (tworzenie nowego cementu korzeniowego) i powodowały mniejszy naciek zapalny niż gutaperka i Super-EBA, natomiast do tworzenia nowych tkanek twardych dochodziło tylko bezpośrednio na powierzchni MTA.

W przeglądach piśmiennictwa dotyczących biokompatybilności różnych materiałów stosowanych do wstecznego wypełniania kanałów korzeniowych Bodrumlu [23] oraz Hauman i Love [24] podsumowali wyniki badań eksperymentalnych i klinicznych, sugerując, że żaden z dostępnych materiałów nie jest wystarczająco dobry. I tak amalgamat, ze względu na wysoką toksyczność i przepuszczalność, nie jest już materiałem z wyboru do wypełnień wstecznych, podobnie gutaperka jest coraz rzadziej używana do wstecznych wypełnień ze względu na porowatą strukturę absorbującą płyny tkankowe. Z kolei SuperEBA jest bardziej preferowana niż IRM mimo dobrej biokompatybilności i szczelności obu preparatów, ponieważ wykazuje lepsze przyleganie do struktur tkankowych. Najpopularniejszym materiałem stosowanym do wstecznych wypełnień wydaje się być MTA, ze względu na niższą toksyczność niż wszystkie pozostałe oraz aktywację osteoblastów i niewrażliwość na wilgoć [23–24].

Porównanie dwóch preparatów o tym samym składniku podstawowym MTA i Biodentine wskazuje na ich dobrą biokompatybilność i bioaktywność oraz dobre długotrwałe rokowania, a różnice dotyczą właściwości fizykochemicznych. Biodentine charakteryzuje się większą gęstością i mniejszą porowatością niż MTA, a także wykazuje największą wytrzymałość na ściskanie spośród dotychczas badanych materiałów [56–57]. Badania Biodentine pod względem mikroprzecieków potwierdziły, że preparat wykazuje szczelność porównywalną z MTA [58, 56], jednak wyniki badań *in vitro* dotyczące adhezji brzegowej Biodentine,

w porównaniu z MTA nie są jednoznaczne [59, 70]. Wypełnienia za pomocą Biodentine wykazują niższą kontrastowość w obrazowaniu radiologicznym niż MTA [55, 60–62]. Ponadto, Biodentine w porównaniu do MTA wydaje się materiałem bardziej przyjaznym dla użytkownika ze względu na dobrą konsystencję ułatwiającą działania manipulacyjne podczas aplikacji, i skrócenie czasu wiązania z kilku godzin do kilkunastu minut [57, 63, 64].

Podsumowanie

Wydaje się, że w świetle licznych badań eksperymentalnych na zwierzętach, zarówno w warunkach *in vitro* jak i *in vivo*, a także na ludziach i wielu opisanych przypadkach oraz serii badań klinicznych i wszechstronnych przeglądów piśmiennictwa [49, 52–55] zarówno Mineral Trioxide Aggregate (MTA) jak i Biodentine są obecnie najbardziej korzystnymi materiałami do wstecznych wypełnień po amputacji szczytów kanałów korzeniowych. Ze względu na to, że MTA ma dłuższą historię i jest dokładniej przebadany niż Biodentine, bywa traktowany jako złoty standard do wypełnień wstecznych [54, 55, 63]. Jakkolwiek, oba materiały MTA i Biodentine, spośród obecnie dostępnych, spełniają najwięcej wymaganych kryteriów, to jednak żaden z nich nie jest materiałem idealnym, który nadal pozostaje w sferze rozważań teoretycznych i badań eksperymentalnych.

Piśmiennictwo

- [1] Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *J Endod.* 2006;32(5):412–416.
- [2] Tsesis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *J Endod.* 2009;35(11):1505–1511.
- [3] Dudek D, Festenburg W, Sołtykiewicz K, Olek T. Doświadczenia własne w chirurgii endodontycznej. *Mag Stomatol.* 2010;20(9):37–46.
- [4] Myciński P, Zarzecka J. Mikrochirurgia endodontyczna a chirurgia klasyczna. *Mag. Stomatol.* 2010;20(7/8):70–73.
- [5] Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature – part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod.* 2010;36(11):1757–65.
- [6] Song M, Shin SJ, Kim E. Outcomes of endodontic micro-resurgery: a prospective clinical study. *J Endod.* 2011;37(3):316–320.
- [7] Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature--Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012;38(1):1–10.
- [8] Berbert A, Filho MT, Ueno AH, Bramante CM, Ishikiriyama A. The influence of ultrasound in removing intraradicular posts. *Int Endod J.* 1995;28(2):100–102.
- [9] Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999;25(11):735–738.
- [10] Maciuszonek M, Ciesielski P. Zastosowanie urządzeń ultradźwiękowych w endodoncji. *Porad Stomatol.* 2004;4(4):20–24.
- [11] Gruca M, Dawiec M, Dawiec G. Zastosowanie ultradźwięków w endodoncji – przegląd piśmiennictwa. *Twój Prz Stomatol.* 2011;(12):22–26.

- [12] Piątowska D. Współczesne poglądy na zabieg resekcji wierzchołka korzenia zęba. *Mag Stomatol.* 1995;5(5): 24–25.
- [13] Kozakiewicz M, Arkuszewski P, Skotnicka E. Resekcje wierzchołków korzeni zębów bocznych. *Mag Stomatol.* 2001;11(9):10–14.
- [14] Starzycki P. Resekcja wierzchołka korzenia zęba. *Mag Stomatol.* 2005;15(1):53–55.
- [15] Savan A, Janus R. Analiza zabiegów resekcji wierzchołka korzenia zęba, przeprowadzonych w Zakładzie Chirurgii IS AM w Poznaniu, w okresie 1990–2000. *Pozn Stomatol.* 2002;29:211–217.
- [16] Waškowska J, Zawilska A, Puchała P, Janic T, Matuszczyk A, Koszowski R. Resekcje wierzchołków korzeni zębów bocznych szczęki i żuchwy w materiale Katedry i Zakładu Chirurgii Stomatologicznej ŚAM. *Mag Stomatol.* 2007;17(5):62–65.
- [17] Banaszek K, Klimek L, Pawlicka H. Wsteczne wypełnienie z amalgamatu – ocena metodą liniowej penetracji barwnika. *Nowa Stomatol.* 2000;5(1/2):9–12.
- [18] Kozakiewicz M, Łęski M. Porównanie szczelności normalnego i wstecznego wypełnienia kanału w okolicy szczytowej zęba po resekcji wierzchołka korzenia. *Czas Stomatol.* 2003;56(12):824–831.
- [19] Niederman R, Theodosopoulou JN. A systematic review of in vivo retrograde obturation materials. *Int Endod J.* 2003;36(9):577–585.
- [20] Theodosopoulou JN, Niederman R. A systematic review of in vitro retrograde obturation materials. *J Endod.* 2005;31(5):341–349.
- [21] Gartner AH, Dorn SO. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am.* 1992;36(2):357–378.
- [22] Banaszek K, Pawlicka H. Materiały do wstecznego wypełnienia kanałów korzeniowych w świetle piśmiennictwa. *Mag Stomatol.* 1999;9(3):24–29.
- [23] Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: a review. *Aust Endod J.* 2008;34(1):30–5.
- [24] Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *Int Endod J.* 2003;36(3):147–160.
- [25] Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;87(4):398–404.
- [26] Wälivaara DA, Abrahamsson P, Sämfors KA, Isaksson S. Periapical surgery using ultrasonic preparation and thermoplasticized gutta-percha with AH Plus sealer or IRM as retrograde root-end fillings in 160 consecutive teeth: a prospective randomized clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(5): 784–789.
- [27] Otani K, Sugaya T, Tomita M, Hasegawa Y, Miyaji H, Tenkumo T, Tanaka S, Motoki Y, Takanawa Y, Kawanami M. Healing of experimental apical periodontitis after apicoectomy using different sealing materials on the resected root end. *Dent Mater J.* 2011;30(4):485–492.
- [28] Gutmann JL, Harrison JW. Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *Int Endod J.* 1985;18(1):8–34.
- [29] Friedman S. Retrograde approaches in endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol.* 1991;7(3):97–107.
- [30] Jesslén P, Zetterqvist L, Heimdahl A. Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicoectomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(1):101–103.
- [31] Waikukul A, Punwutikorn J. Clinical study of retrograde filling with gold leaf: comparison with amalgam. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71(2):228–231.
- [32] Torabinejad M, Hong CU, Lee SF, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end-filling in dogs. *J Endod.* 1995;21: 603–608.
- [33] Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasen SP. Histologic assessment of MTA as root end filling in monkeys. *J Endod.* 1997;23: 225–228.
- [34] Grossman I, Abu el Naag A, Peled M. Root-end filling materials in apicoectomy – a review. *Refuat Hapeh Vehashinayim.* 2003;20(2):49–54.
- [35] Tang Y, Li X, Yin S. Outcomes of MTA as root-end filling in endodontic surgery: a systematic review. *Quintessence Int.* 2010;41(7):557–566.
- [36] Kopp WK, Kresberg H. Apicoectomy with retrograde gold foil: a new technique. *NY State Dent J.* 1973;39(1):8–11.
- [37] Goel BR, Satish C, Suresh C, Goel S. Clinical evaluation of gold foil as an apical sealing material for replantation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983;55(5):514–518.
- [38] Pohl Y. Metodyczne i materiałowo-techniczne ulepszenia wypełnienia wstecznego w resekcji wierzchołka korzenia. Opracowanie edytorskie: Rytlowa Wanda (tł.). *Mag Stomatol.* 1995;5(8):64–67.
- [39] Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006;39(8):643–647.
- [40] Ree M. Mikrochirurgia endodontyczna a tradycyjna resekcja wierzchołka korzenia. *Endodoncja.pl.* 2010;1:6–14.
- [41] de Souza Filho FJ, Gallina G, Gallottini L, Russo R, Cumbo EM. Innovations in Endodontic Filling Materials: Gut-tapercha vs Resilon. *Curr Pharm Des.* 2012;18(34):5553–5558.
- [42] 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.
- [43] Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993;19:541–544.
- [44] Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993;19:591–595.
- [45] Torabinejad M, White DJ. Tooth filling material and method of use. Loma Linda University May 1995: US 5415547.
- [46] http://patent.ipexl.com/inventor/Torabinejad_Mahmoud_1.html.
- [47] Zarzecka J, Gończowski K. Zastosowanie materiału MTA (Mineral Trioxide Aggregate – Dentsply, Tulsa Dental, USA) w zabiegach z zakresu mikrochirurgii endodontycznej – przegląd piśmiennictwa. *Porad Stomatol.* 2003;3(1):6–8.
- [48] Łaszkiwicz J, Ciesielski P. Zastosowanie materiału Pro-Root MTA w leczeniu endodontycznym – przegląd piśmiennictwa. *Porad Stomatol.* 2004;4(11):32–36.
- [49] Rao A, Rao A, Shenoy R. Mineral trioxide aggregate – a review. *J Clin Pediatr Dent.* 2009;34(1):1–7.
- [50] Wilczyńska-Borawska M, Bagińska J, Stokowska E, Kobus A. Zastosowanie preparatu PRO ROOT MTA w endodontycznym leczeniu dorosłych pacjentów. *Czas Stomatol.* 2008;61:686–690.
- [51] Gundam S, Patil J, Venigalla BS, Yadanaparti S, Maddu R, Gurram SR. Comparison of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate, glass ionomer cement and intermediate restorative material as root-end filling materials, using scanning electron microscope: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2014 Nov;17(6):566–570.
- [52] Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010;36(2): 190–202.
- [53] Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010; 36(1):16–27.
- [54] Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod.* 2010;36(3):400–413.
- [55] Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. A review of Biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *BioMed Res Int.* 2014; <http://dx.doi.org/10.1155/2014/160951>

- [56] Butt N, Talwar S, Chaudhry S, Nawal RR, Yadav S, Bali A. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian J Dent Res*. 2014;25:692–697.
- [57] Biodentine™ Active Biosilicate Technology™ Scientific File. Septodont R&D Department http://www.plandent.no/images/Marketing/Infosenter/Biodentine%20Scientific%20File_web_dokumentasjon.pdf.
- [58] Lipski M, Nowicka A, Górski M, Dura W, Lichota D. Porównanie szczelności preparatów MTA i Biodentine zastosowanych do wypełnienia wstecznego kanałów korzeniowych. *Mag Stom*. 2012;6:82–85.
- [59] Ravichandra PV, Vemisetty H, Deepthi K, Reddy SJ, Ramikiran D, KrishnaJN, Malathi G. Comparative Evaluation of Marginal Adaptation of Biodentine(TM) and Other Commonly Used Root End Filling Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2014;8(3):243–245.
- [60] Grech L, Mallia B, Camilleri J. Characterization of set intermediate restorative material, Biodentine, bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling material. *Int Endod J*. 2013;46:632–641.
- [61] Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA angelus. *Dent Mat*. 2013;29:580–593.
- [62] Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41:600–610.
- [63] Caron G, Azérad J, Faure MO, Machtou P, Boucher Y. Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int J Oral Sci*. 2014;6(4):250–253.
- [64] 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.
- [65] Amani B, Vatanpour M, Roghanizad N, Rakhshan V. Comparative adhesion and cell viability of human gingival fibroblast to three retrograde filling materials: Bioaggregate, Retroplast and MTA. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012; 10.112–118.
- [66] Samara A, Sarri Y, Stravopodis D, Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Anastasiadou E. A comparative study of the effects of three root-end filling materials on proliferation and adherence of human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod*. 2011;37(6):865–870.
- [67] Song M, Kim E. A prospective randomized controlled study of mineral trioxide aggregate and super ethoxy-benzonic acid as root-end filling materials in endodontic microsurgery. *J Endod*. 2012;38(7):875–879.
- [68] Tawil PZ, Trope M, Curran AE, Caplan DJ, Kirakozova A, Duggan DJ, Teixeira FB. Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. *J Endod*. 2009 Mar;35(3):357–362.
- [69] Wälivaara DÅ, Abrahamsson P, Isaksson S, Salata LA, Sennerby L, Dahlin C. Periapical tissue response after use of intermediate restorative material, gutta-percha, reinforced zinc oxide cement, and mineral trioxide aggregate as retrograde root-end filling materials: a histologic study in dogs. *Oral Maxillofac Surg*. 2012;70(9):2041–2047.
- [70] Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(2):143–149. Epub 2014 Mar 31.

Adres do korespondencji:

Collegium Stomatologicum
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
ul. Bukowska 70, 60-567 Poznań
tel.: 603167015
e-mail: heigus@wp.pl