

\*KATARZYNA SOKOŁOWSKA<sup>1</sup>, ANNA KOCHAŃSKA<sup>1</sup>, ELŻBIETA ŁUCZAJ-CEPOWICZ<sup>2</sup>,  
GRAŻYNA MARCZUK-KOLADA<sup>2</sup>

# Przykrycie bezpośrednie miazgi w zębach stałych z zastosowaniem materiału Biodentine® – obserwacje 3-letnie

Direct pulp capping in permanent teeth using Biodentine® – 3-year observations

<sup>1</sup>Specialist Dental Clinic Sp. z o.o., Medical University of Białystok

Head of Clinic: Anna Klimiuk, MD, PhD

<sup>2</sup>Department of Paediatric Dentistry, Medical University of Białystok

Head of Department: Grażyna Marczuk-Kolada, MD, PhD

## SŁOWA KLUCZOWE

przykrycie bezpośrednie miazgi, zęby stałe, Biodentine®

## STRESZCZENIE

**Wstęp.** Metody leczenia biologicznego mają na celu zachowanie żywej i zdrowej miazgi w jamie zęba w całości lub w części, co możliwe jest pod warunkiem zastosowania preparatów odontotropowych. Jednym z nich jest Biodentine®, nazywana „substytutem zębiny”, mająca szerokie zastosowanie w wielu procedurach leczniczych, m.in. w przykryciu bezpośrednim miazgi.

**Cel pracy.** Celem pracy była odległa kliniczna i radiologiczna ocena efektów leczenia zębów stałych metodą przykrycia bezpośredniego miazgi z użyciem materiału Biodentine®.

**Materiał i metody.** U 7 pacjentów w wieku od 6 do 16 lat wykonano 9 zabiegów przykrycia bezpośredniego miazgi zębów z wykorzystaniem preparatu Biodentine®. Odległa ocena kontrolna możliwa była u 5 pacjentów, u których skontrolowano 6 zębów. Po 3 latach wszystkie leczone zęby zbadano klinicznie i radiologicznie. Prawni opiekunowie każdego pacjenta biorącego udział w badaniu wyrazili pisemną zgodę na jego przeprowadzenie. Uwzględniono: odczucia subiektywne pacjenta, reakcję miazgi na chlorek etylu, reakcję ozębną na opukiwanie pionowe i poziome, bolesność uciskową wyrostka zębołowego w rzucie wierzchołków korzeni oraz ruchomość zębów. W badaniu radiologicznym oceniano obecność mostów zębinowych i stan tkanek zmineralizowanych zębów.

**Wyniki.** Odległa ocena wyników leczenia została przeprowadzona po upływie co najmniej 3 lat od wykonania zabiegu. Żaden pacjent nie zgłaszał dolegliwości bólowych provoked i samoistnych. W badaniu klinicznym nie stwierdzono odchyłań od normy, zaś w ocenie radiologicznej nie zauważono zmian patologicznych, a mosty zębinowe widoczne były na każdym zdjęciu.

**Wnioski.** Preparat Biodentine® może być alternatywą dla innych materiałów wykorzystywanych w metodzie przykrycia bezpośredniego miazgi zębów stałych.

## KEYWORDS

direct pulp capping, permanent teeth, Biodentine®

## SUMMARY

**Introduction.** Methods of biological treatment are used to preserve vital and healthy pulp in a tooth cavity totally or partially, which is possible using pulp-stimulating formulations. One of them is Biodentine®, the so-called “dentine substitute”, widely applied in many medical procedures, i.a. in direct pulp capping (DPC).

**Aim.** The aim of the study has been to evaluate distant clinical and radiological effects of permanent teeth treatment with DPC using Biodentine®.

**Material and methods.** A total of 9 procedures of direct pulp capping were performed in 7 patients aged 6 to 16 years, using Biodentine® material. Long-term follow-up of 3 years

was possible in 5 patients, in whom 6 teeth were examined. After 3 years, all treated teeth were examined clinically and radiologically. The legal guardians of each patient taking part in the study has expressed a written consent to the examination. The considered aspects included the patient's subjective feelings, the pulp's reaction to ethyl chloride, periodontal tenderness to percussion, painful compression of the alveolar process at the apex of dental roots, and tooth mobility. In the radiological examination, dentine bridge formation and the condition of the mineralized tissues of the teeth were evaluated.

**Results.** Long-term observations of the results of treatment were carried out after a minimum period of 3 years after the procedure. None of the patients reported provoked or spontaneous pain. Clinical examination revealed no deviations from the norm, and in the radiological examination no lesions were found, with all radiographs demonstrating dentine bridge formation.

**Conclusions.** Biodentine® can be used as an alternative to other materials utilized in the method of direct pulp capping in permanent teeth.

## WPROWADZENIE

Metody leczenia biologicznego mają na celu zachowanie żywej i zdrowej miazgi w jamie zęba w całości lub w części. Zdrowa miazga gwarantuje właściwe odżywianie, prawidłową kondycję zmineralizowanych tkanek zęba, co zapewnia utrzymanie pełnej jego funkcji, oraz stanowi gwarancję braku działania ogólnoustrojowego (1).

Uzyskanie pozytywnych efektów leczenia biologicznego miazgi jest możliwe pod warunkiem zastosowania preparatów, które cechują się wysoką biokompatybilnością, wykazują mały mikropreciek, mają zdolność pobudzania miazgi do wytwarzania zębiny reparacyjnej oraz posiadają dobre właściwości fizyczne (1, 2).

Przez wiele lat podstawowym preparatem stosowanym w leczeniu biologicznym miazgi był wodorotlenek wapnia, którego skuteczność określano na około 80% (3). Związek ten występuje jako czynnik aktywny w preparatach nieutwardzających i utwardzających. Potwierdzono jednak, że materiały te mają także niekorzystne właściwości: słabą wytrzymałość, duży mikropreciek oraz wysoką rozpuszczalność (2, 3).

W latach 90. XX wieku wprowadzono do stomatologii preparat alternatywny dla wodorotlenku wapnia – MTA (ang. *mineral trioxide aggregate*). Badania wykazały zdolność tego materiału do tworzenia mostów zębinowych, które w porównaniu do indukowanych przez  $\text{Ca(OH)}_2$  nie wykazywały efektu tunelowego, były grubsze i mniej porowate. MTA charakteryzuje się także wysoką biokompatybilnością, dobrą szczelnością, wytrzymałością na czynniki mechaniczne oraz niską rozpuszczalnością. Preparaty MTA mają jednakże kilka cech niepożądanych: trudną dwuetapową aplikację, długi czas wiązania, przebarwienie tkanek zmineralizowanych wynikające z zawartości tlenków żelaza oraz wysokie koszty (4, 5).

W toku dalszych poszukiwań w 2011 roku na rynku stomatologicznym pojawił się nowy materiał – Biodentine® składający się z proszku i płynu. W skład proszku wchodzi: krzemian trójwapniowy (odpowiadający za reakcję wiązania), węgiel wapnia (poprawiający właściwości mechaniczne i pełniący funkcję wypełniacza), dwutlenek cyrkonu (zapewniający kontrast na zdjęciach radiologicznych), krzemian dwuwapniowy, tlenki wapnia i żelaza. Płyn to mieszanina

## INTRODUCTION

Methods of biological treatment are aimed at complete or partial preservation of vital and healthy pulp within the pulp chamber. Healthy pulp warrants proper nourishment and condition of mineralized dental tissues, thus facilitating preservation of its full function, and preventing an adverse systemic effect (1).

Positive effects of the biological treatment of the pulp may be attained only if the materials used are characterized by high biocompatibility, ensure minimum microleakage, have the ability to stimulate the pulp for the production of reparative dentine, and feature good physical properties (1, 2).

For many years, the cornerstone of biological treatment was calcium hydroxide, with its effectiveness estimated at approximately 80% (3). Calcium hydroxide is included as the active agent in a variety of formulations of a setting and non-setting type. However, some setbacks of such materials are also well known to exist, including their poor strength, considerable microleakage and high solubility (2, 3).

In the 1990s, mineral trioxide aggregate (MTA) emerged as an alternative for calcium hydroxide. Research demonstrated its ability to stimulate the formation of dentine bridges which compared to those induced by  $\text{Ca(OH)}_2$  did not show tunnel defects, were thicker and less porous. MTA also features a high biocompatibility, good sealing properties, resistance to mechanical factors and low solubility. Nonetheless, MTA also has its disadvantages, including difficult, two-stage application, long binding time, discolouration of the mineralized tissues due to the presence of iron oxide, and the high cost (4, 5).

Further research resulted with the release of Biodentine® in 2011. Biodentine® is a powder and liquid system. The powder is composed of tricalcium silicate (responsible for the binding reaction), calcium carbonate (improving the mechanical characteristics of the formulation and acting as a filler), zirconium oxide (used as radiopacifier), dicalcium silicate, calcium and iron oxides. The liquid contains a water solution of calcium

wodnego roztworu chlorku wapnia oraz kopolimeru, który redukuje lepkość cementu. Efektem połączenia proszku z płynem jest wytworzenie cementu z wysoką zawartością wodorotlenku wapnia i wysokim pH (4, 6, 7).

Preparat dostępny jest w formie kapsułek zawierających proszek, do których dodaje się 5 kropli płynu. Następnie kapsułkę umieszcza się we wstrząsarce na 30 sekund, w efekcie czego powstaje materiał w postaci żelu nadający się do aplikacji. Jego konsystencja przypomina cement fosforanowy. Aby nie zniszczyć struktury krystalicznej, nie należy nadmiernie go upychać i modelować. Forma preparatu jest wygodna dla operatora i zapewnia prawidłowe proporcje. Czas wstępnego wiązania wynosi 12 minut, jednak procesy twardnienia trwają nawet do 30 dni. Odporność materiału na ściskanie wzrasta z  $10,6 \pm 2$  MPa po 35 minutach do  $72,6 \pm 8$  MPa po 28 dniach. Odporność na zgniatanie wynosi 34 MPa, moduł sprężystości ma wartość 22 000 MPa, zaś twardość 60 w skali Vickersa (6, 8). Twardość i ścieralność tego cementu jest porównywalna do zębiny (4-7, 9-12).

Preparat charakteryzuje się biokompatybilnością, bioaktywnością, stabilnością twardości, szczelnością brzezną i znikomą cytotoksycznością, ale wykazuje niewystarczający kontrast na zdjęciach rtg oraz wrażliwość na wilgoć wpływającą na wstępne wiązanie materiału (5, 6, 13). W kontakcie ze szkliwem i zębina dochodzi do alkalicznego wytrawiania i wytworzenia „strefy infiltracji mineralnej”. Następuje wówczas degeneracja kolagenu i wytwarzanie porowatej struktury sprzyjającej przedostawaniu się jonów  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  zwiększających mineralizację tkanek zmineralizowanych zębów. Wniknięcie wypustek materiału w głąb kanałków zapewnia akceptowalną szczelność brzezną. Preparat nie jest rozpuszczalny w ślinie i może być stosowany jako materiał tymczasowy. Zaobserwowano jednak ubytek objętości Biodentine® w czasie. Z tego powodu przed upływem 6 miesięcy należy usunąć część preparatu z pozostawieniem warstwy podkładowej i zrekonstruować ubytek tkanek zmineralizowanych zęba wypełnieniem stałym (13).

Ze względu na opisane właściwości preparat znalazł zastosowanie w różnych dziedzinach stomatologii. Można go wykorzystywać jako materiał podkładowy w głębokich ubytkach, w zabiegach pośredniego i bezpośredniego pokrycia miazgi, amputacji częściowej i całkowitej, apeksyfikacji, zamykaniu perforacji dna komory lub kanału korzeniowego, jako wypełnienie wsteczne przy zabiegu resekcji wierzchołka korzenia, a także w leczeniu resorpcji wewnętrznej i zewnętrznej (4, 5, 9).

## CEL PRACY

Celem pracy była odległa ocena kliniczna i radiologiczna efektów leczenia zębów stałych metodą przykrycia bezpośredniego miazgi z użyciem materiału Biodentine®.

## MATERIAŁ I METODY

U 7 pacjentów obojga płci (3 dziewczynki i 4 chłopców) w wieku od 6 do 16 lat wykonano 9 zabiegów przykrycia

chloride as a setting accelerator and a copolymer reducing viscosity. Upon mixing the powder and the liquid, a cement with a high calcium hydroxide content and a high pH is formed (4, 6, 7).

The material comes in the form of powder-filled capsules, mixed with 5 drops of the liquid. The capsule is then triturated with an amalgamator for 30 s, leading to the formation of a gel-like paste ready for application, with consistence resembling that of a phosphate cement. To prevent a disruption of its crystalline structure, excessive pressure or exaggerated trimming should be avoided. The formulation is very convenient in use, and it ensures the right component proportions. The setting time is 12 minutes, yet it may take up to 30 days to fully harden. The material's compressive strength increases from  $10.6 \pm 2$  MPa at 35 minutes to  $72.6 \pm 8$  MPa at 28 days. Its flexural strength (DTS) is 34 MPa, the elastic modulus is 22 000 MPa, and Vickers hardness is 60 (6, 8). Thus, its hardness and wear are comparable with dentine (4-7, 9-12).

The formulation is biocompatible, bioactive, has good stability, ensures good marginal sealing, and has a minimal cytotoxic potential, yet it shows inadequate radiopacity and is sensitive to moisture, which affects its setting ability (5, 6, 13).

Upon contact with enamel and dentine, an alkaline caustic effect occurs, prompting the formation of a “mineral infiltration zone”. As a result, the collagenous component of the interfacial dentin is degraded, and a porous structure forms, facilitating the penetration of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  ions, leading to increased mineralization of this region. The penetration of material particles into the tubules ensures acceptable marginal sealing. The material is insoluble in saliva once set, and may be used for temporary fillings. Marginal volume loss has, however, been observed with time, necessitating partial removal within 6 months from the original procedure, whereupon only a therapeutic lining layer is left, topped with a permanent dental filling (13).

Owing to its characteristics, the material has found a variety of applications in dentistry. It may be used as a therapeutic lining in deep carious lesions, for direct and indirect pulp capping, in pulpotomy and pulpectomy, apexification, to close perforated pulp chamber floor or root canal, as a retrofilling in apicoectomy, as well as to treat internal and external root resorption (4, 5, 9).

## AIM

The study has been aimed at distant clinical and radiological evaluation of the results of treating permanent teeth with DPC utilizing Biodentine®.

## MATERIAL AND METHOD

in 7 patients, both male and female (3 girls and 4 boys), aged 6-16 years old, a total of 9 DPC procedures

bezpośredniego miazgi zębów (1 z niezakończonym rozwojem korzenia, 8 z zakończonym rozwojem korzenia) z wykorzystaniem preparatu Biodentine® firmy Septodont. Trzyletnia ocena kontrolna możliwa była u 5 pacjentów, ponieważ dwoje nie zgłosiło się na badania kontrolne: dziewczynka, u której wykonano dwa zabiegi i chłopiec z jednym zabiegiem.

U 5 osób skontrolowano 6 zębów, wśród których przykrycie bezpośrednie wykonano w 2 siekaczach (ubytki klasy III według Blacka) i 4 trzonowcach (1 ubytek kl. I – pow. żująca, 2 ubytki kl. I – złożone, 1 ubytek kl. II MO).

Wskazaniem do wykonania zabiegu było próchnicowe (4 zęby) i przypadkowe (2 zęby) obnażenie miazgi. Obnażenia były punktowe z nieznacznym krwawieniem. Wszyscy pacjenci zostali zakwalifikowani do tego zabiegu ze względu na brak występujących przeciwwskazań. Kryteria włączenia do zabiegu były następujące: dzieci nieobciążone chorobami ogólnoustrojowymi, zęby z głębokimi ubytkami próchnicowymi, w których doszło do punktowego obnażenia miazgi w trakcie usuwania ostatniej warstwy zębiny próchnicowej, punktowe przypadkowe obnażenie miazgi po całkowitym opracowaniu ubytku, brak objawów patologicznych ze strony miazgi, możliwość rekonstrukcji korony leczonych zębów, gotowość pacjentów do systematycznych wizyt kontrolnych. Kliniczne objawy zapalenia miazgi, takie jak: ból samoistny, nadmierne krwawienie z odsłoniętej miazgi, wrażliwość zęba na opukiwanie, ruchomość patologiczna, obecność ropni lub przetok, dyskwalifikowały pacjentów do wykonania zabiegu przykrycia bezpośredniego.

Całkowicie opracowane ubytki przemywano jałową solą fizjologiczną i wypełniano bez ucisku przygotowanym według wskazań producenta materiałem. Leczone zęby poddawano klinicznym badaniom kontrolnym po 1-2 tygodniach, 3 i 6 miesiącach. Po upływie 6 miesięcy od zabiegu przykrycia bezpośredniego usuwano warstwę powierzchniową Biodentine® do granicy szkliwno-zębinowej. Odbudowy ostateczne wykonano z materiałów kompozytowych. Po 3 latach wszystkie zęby zbadano klinicznie i radiologicznie. Oceniano: odczucia subiektywne pacjenta, reakcję miazgi na chlorek etylu, reakcję ozębną na opukiwanie pionowe i poziome, bolesność uciskową wyrostka zębodołowego w rzucie wierzchołków korzeni oraz ruchomość zębów.

## WYNIKI

Ocena wyników leczenia została przeprowadzona po upływie co najmniej 3 lat od wykonania zabiegu. Żaden pacjent nie zgłaszał dolegliwości bólowych prowokowanych i samoistnych. Podczas kontroli wszystkie wypełnienia były szczelne i utrzymane prawidłowo. Wszystkie badane zęby wykazywały: prawidłową reakcję miazgi na chlorek etylu, brak reakcji ozębną na opukiwanie pionowe i poziome, brak bolesności uciskowej wyrostka zębodołowego w rzucie wierzchołków korzeni oraz fizjologiczną ruchomość. W jednym przypadku na granicy wypełnienie/szkliwo zauważono nieznaczne przebarwienie brzeżne. Przyczyną był nawis wypełnienia, który skorygowano. U innego pacjenta

were performed (1 in a tooth with an incompletely developed root, 8 in mature teeth) using Biodentine® by Septodont. A 3-year follow-up was possible in 5 patients, as two of the patients did not return for follow-up appointments, a girl with two teeth treated, and a boy with one.

Ultimately, 6 teeth in 5 patients were evaluated, including 2 incisors (Black's class III lesions) and 4 molars (1 class I lesion – occlusal surface, 2 class I lesions – complex, 1 class II lesion MO).

The indications for the procedure was carious (4 teeth) or accidental (2 teeth) pulp exposure. In all cases, the exposure was focal and only slight bleeding occurred. All the patients were found eligible for the procedure due to a lack of contraindications. The inclusion criteria were as follows: no history of systemic disease, teeth with deep carious lesions where focal pulp exposure occurred during the removal of the last carious dentine layer, accidental focal pulp exposure following complete cavity preparation, no pulp pathology, feasibility of crown restoration, the patient's willingness to return for regular follow-up appointments. Clinical signs of pulpitis, such as spontaneous pain, excessive bleeding from the exposed pulp, sensitivity to percussion, increased tooth mobility, or presence of an abscess or fissure, rendered patients illegible for DPC.

Once fully prepared, the cavities were rinsed with aseptic saline solution, and filled, without exerting pressure, with Biodentine® formulation prepared according to the manufacturer's instructions. The teeth were followed up at 1-2 weeks, 3 months and 6 months after the procedure. After 6 months, the superficial Biodentine® layer was removed, down to the dentinoenamel junction (DEJ). The final restorations were performed using composite materials. After 3 years, all the treated teeth were clinically and radiologically evaluated. The considered aspects included the patient's subjective feelings, the pulp's reaction to ethyl chloride, periodontal tenderness to horizontal and vertical percussion, painful compression of the alveolar process at the of apex of dental roots, and tooth mobility.

## RESULTS

The evaluation of treatment outcomes was performed after a minimum of 3 years following DPC. None of the patients reported provoked or spontaneous pain. On follow-up, all teeth were properly sealed and the fillings intact. All evaluated teeth showed normal pulp reaction to ethyl chloride, no periodontal reaction to horizontal or vertical percussion, no painful compression of the alveolar process at the apex of dental roots, and no increased mobility. In one of the cases, slight marginal discolouration was noticed at the filling/enamel interface, caused by an overhang, which was immediately addressed. In another



stwierdzono zaciemnienie tkanek zęba na powierzchni wargowej siekacza w połowie korony klinicznej sugerujące przebarwioną zębinę.

W ocenie radiologicznej nie zauważono zmian patologicznych, zaś mosty zębinowe widoczne były w każdym przypadku (ryc. 1, 2).

## DYSKUSJA

Miazga zębów pełni funkcję bariery chroniącej organizm przed wnikaniem drobnoustrojów ze środowiska jamy ustnej. Gdy ulega martwicy, stanowi źródło zakażenia i może wpływać na zdrowie całego organizmu. Prawidłowo przeprowadzone leczenie endodontyczne nie gwarantuje 100% jałowości jamy zęba (1). Z tych powodów istotnym celem leczenia stomatologicznego jest dążenie do utrzymania żywotności miazgi zęba.

Metoda przykrycia bezpośredniego wskazana jest w zębach stałych z niezakończonym i zakończonym rozwojem korzenia. Rzadko zaś stosowana jest w zębach mlecznych z powodu małego odsetka powodzeń (2). Najbardziej oczekiwany efekt leczenia obserwuje się w przypadkowych obnażeniach miazgi oraz pulpopatiach odwracalnych bezobjawowych. W tej metodzie leczenia wykorzystuje się preparaty wykazujące działanie odontotropowe, do których zaliczamy między innymi: cementy na bazie  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , materiały ceramiczne na bazie fosforanów wapnia, MTA, Biodentine®, hydroksyapatyt, białka matrycy szklawa (1).

Parametry wytrzymałościowe Biodentine® (twardość, ścieralność) są zbliżone do właściwości zębin, co pozwala nazwać materiał „substytutem zębin”. Ponadto Biodentine® wykazuje wyższą wytrzymałość na zginanie oraz wyższy moduł sprężystości i wytrzymałości na ściskanie niż inne cementy. Mechaniczne właściwości materiału wynikają z czystości krzemianu trójwapiowego. Dodanie węgla

patient, darkened tissue was observed on an incisor's labial surface, at half-length of the clinical crown, suggesting discoloured dentine.

Radiological evaluation showed no abnormalities, and dentine bridges were seen in all treated teeth (fig. 1, 2).

## DISCUSSION

The pulp serves as a protective barrier, preventing systemic penetration of harmful oral microorganisms. When necrotized, it becomes a source of infection, threatening oral and systemic health. Even correctly performed endodontic therapy does not warrant the pulp chamber is 100% bacteria-free (1). Hence, the major goal of dental treatment is preserving the vitality of the dental pulp.

Direct pulp capping is a method recommended for the treatment of mature and immature permanent teeth. It is rarely used to treat deciduous teeth, as there has been a high failure rate (2). Optimal results have been observed in the cases of accidental pulp exposure and reversible, nonsymptomatic pulpitis. In this treatment modality, bioactive (pulp restoration stimulating) materials are used, such as  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dental cements, calcium phosphate-based ceramics, MTA, Biodentine®, hydroxyapatite, or enamel matrix protein derivatives (1).

Biodentine's mechanical properties (such as its hardness or wear) are similar to the characteristics displayed by dentine, lending the material its nick-name of a "dentine substitute". Biodentine® also shows greater compressive strength and a higher elastic modulus and flexural strength than other dental cements. Its mechanical qualities result from the purity of its tricalcium silicate content. The addition of calcium carbonate



Ryc. 1. Obraz radiologiczny zęba 36 po 3 latach od wykonania zabiegu przykrycia bezpośredniego miazgi – widoczny most zębinowy w rogu dystalnym językowym

Fig. 1. Radiogram of tooth 36 at 3 years after DPC – visible dentine bridge in the distal lingual corner



Ryc. 2. Obraz rtg zęba 46 po upływie 3 lat od wykonania zabiegu przykrycia bezpośredniego miazgi – most zębinowy widoczny w rogu dystalnym policzkowym

Fig. 2. Radiogram of tooth 46 at 3 years after DPC – dentine bridge visible in the distal buccal corner

wapnia zwiększa gęstość produktu, co skutkuje wzrostem początkowej siły wiązania i skraca jego czas (14). Biodentine® w porównaniu do preparatu MTA uwalnia więcej jonów wapnia, tworząc „strefę mineralnej infiltracji” (1, 6, 8). Zostało to potwierdzone w badaniach Hana i Okijo (15, 16), którzy po 30 i 90 dniach wykazali istotnie większe uwalnianie jonów  $Ca^{2+}$  i  $Si^{4+}$  z Biodentine® w porównaniu z MTA.

Zaletą preparatu Biodentine® w porównaniu z MTA jest łatwiejsza i mniej czasochłonna aplikacja. Oba materiały dają kontrast na zdjęciach rtg. W preparatach MTA możliwe jest to dzięki obecności bizmutu, zaś w Biodentine® w związku z zawartością tlenku cyrkonu (9). Niektórzy autorzy podkreślają lepszą widoczność na zdjęciach rtg cementów MTA, jednakże zwracają uwagę, iż dwutlenek cyrkonu będący składnikiem Biodentine® jest korzystniejszym rozwiązaniem w aspekcie biokompatybilności (11).

Biodentine® jest preparatem bioaktywnym, co oznacza, że wchodzi w pozytywne interakcje z żywymi komórkami. Według Laurenta i wsp. (17) znacząco wpływa na wzrost TGF- $\beta$ 1, zaliczanego do czynników wzrostu, promującego w komórkach miazgi migrację komórek progenitorowych i różnicowanie odontoblastów. Biodentine® wykazuje właściwości odontotropowe, stymulując tkanki do tworzenia zębiny reakcyjnej i reparacyjnej, a tym samym ułatwia gojenie zmian i wytworzenie warstw obronnych. Nowicka i wsp. (18) obserwowali kompletne formowanie się mostu zębinowego w postaci nieregularnej tkanki zmineralizowanej w 6 z 11 zębów, w których zastosowano materiał Biodentine® i w 7 z 11 zębów, w których założono MTA. Autorzy zauważyli powstanie cieńszego mostu zębinowego w przypadku pierwszego preparatu (211,56  $\mu$ m) w przeciwieństwie do mostu powstałego po użyciu MTA (230,31  $\mu$ m).

W literaturze opisywane są także badania Biodentine® z wykorzystaniem zębów zwierzęcych: świń, szczurów, myszy (19-22). Niewątpliwymi zaletami tych badań są możliwość wykonania dużej liczby próbek i jednoczasowość prowadzonych obserwacji. Popović Bajić i wsp. (19) wykonali badania histologiczne miazgi po przykryciu bezpośrednim w zębach świń. Zęby zwierząt podzielono na trzy grupy badawcze i wyłoniono grupę kontrolną. Wykonane obnażenia miazgi w każdej z nich pokrywano innym preparatem biologicznym. Były to: Biodentine®, ALBO-MPCA I, ALBO-MPCA II (nanostrukturalne materiały na bazie aktywnych cementów krzemowych), a w grupie kontrolnej użyto MTA. Za pozytywny wynik obserwacji uważano całkowite lub częściowe zamykanie obnażenia z wytworzeniem mostu zębinowego. We wszystkich badanych grupach rezultaty były zbliżone w porównaniu z grupą kontrolną. W innych badaniach wykonanych u szczurów obnażoną miazgę pokrywano jednym z preparatów: MTA, Biodentine® lub BioAggregate. Po 4 tygodniach zęby usuwano, odpowiednio preparowano próbki, które następnie skanowano przy użyciu wysokiej rozdzielczości mikrosystemu tomografii komputerowej (ang. *micro-CT*). Zaobserwowano wytwarzanie mostu zębinowego.

increases the material's density, resulting with an increased initial binding strength, whilst also reducing its setting time (14). Compared with MTA, Biodentine® releases more calcium ions, creating a „mineral infiltration zone” (1, 6, 8). This was confirmed by studies by Han and Okijo (15, 16) who demonstrated the release of  $Ca^{2+}$  and  $Si^{4+}$  ions at 30 and 90 days to be significantly greater than in MTA.

The advantage of Biodentine® compared with MTA is its easier and less time-consuming application. Both materials are radiopaque. In MTA preparations, this is due to the presence of bismuth, whereas in Biodentine® – zirconium oxide (9). Some authors have highlighted better radiopacity of MTA cements, whilst acknowledging zirconium oxide (one of Biodentine's components) to ensure the material's better biocompatibility (11).

Biodentine® has a bioactive potential, i.e. it positively interacts with living cells. According to Laurent et al. (17), it significantly increases the level of TGF- $\beta$ 1, a growth factor of the TGF- $\beta$  family, promoting the progenitor cell migration and odontoblast differentiation within the pulp. Hence, Biodentine® induces reactive and reparative dentine production, thus facilitating lesion healing and the formation of protective layers. Nowicka et al. (18) observed complete formation of dentine bridges in the form of irregular mineralized tissue in 6 out of 11 teeth where Biodentine® was used, and in 7 out of 11 teeth where MTA was utilized. The authors observed a thinner dentine bridge to form in the case of Biodentine® (211.56  $\mu$ m), as opposed to the bridge induced by MTA (230.31  $\mu$ m).

Studies using teeth of animals such as pigs, rats and mice have also been conducted to investigate the clinical potential of Biodentine® (19-22). Animal studies facilitate simultaneous observations of large sample quantities. Popović Bajić et al. (19) performed histological evaluation of the pulp following DPC in porcine teeth. The teeth were divided into three subgroups, and a control subgroup was established. The pulp was exposed and then capped with a different biological material in each of the groups. The materials used included Biodentine®, ALBO-MPCA I and ALBO-MPCA II (nanostructured materials based on active silicate cements), whilst MTA was used in the control group. A positive treatment outcome was considered complete or partial healing of the exposed pulp with the formation of a dentine bridge. In all studied groups, the results were similar to those obtained in the control group (MTA-treated). In another study, carried out in rats, exposed pulp was capped with one of the following materials: MTA, Biodentine® and BioAggregate. After 4 weeks, the teeth were extracted and samples were prepared. The samples were then scanned using micro-CT. Dentine bridge formation was

Wyniki tego badania potwierdziły skuteczność Biodentine®. Autorzy uznali, że może być alternatywą dla MTA (22).

Biodentine® wymaga częściowego usunięcia i zastąpienia jej materiałem ostatecznym. Zgodnie z zaleceniami producenta ostateczne wypełnienie ubytku powinno być wykonane po upływie od 1 tygodnia do 6 miesięcy. W naszej pracy w większości przypadków ubytki zrekonstruowano po 6 miesiącach.

Uzyskane przez nas wyniki wskazują na pozytywne efekty zastosowania Biodentine® w metodzie przykrycia bezpośredniego miazgi. W literaturze istnieje niewiele ocen klinicznych preparatu. Najczęściej dotyczą one obserwacji krótkoterminowych pojedynczych przypadków. Damaschke (12) zastosował materiał Biodentine® w zębie z zakończonym rozwojem, w którym doszło do jatrogennej obnażenia miazgi. Badania kontrolne przeprowadzone po 3 i 6 miesiącach nie wykazały odstępstw od normy. Nowicka i wsp. (4) dokonali oceny klinicznej materiału Biodentine® w metodzie przykrycia bezpośredniego. Oceniali 32 zęby u 28 pacjentów obojga płci w wieku od 11 do 56 lat. Po 3 miesiącach odsetek zębów z żywą miazgą wyniósł 100%, po 6 miesiącach – 95,23%, zaś po 12 miesiącach – 92,85%.

## WNIOSKI

Preparat Biodentine® może być alternatywą dla innych materiałów wykorzystywanych w metodzie przykrycia bezpośredniego miazgi zębów stałych.

observed. As the results of the study confirmed the efficiency of Biodentine®, its authors considered it to constitute a valid alternative for MTA (22).

Biodentine® requires partial removal and replacement with a permanent restoration. According to the manufacturer's instructions, the final filling should be placed from 1 week to 6 months after DPC. In our study, most restorations were placed after 6 months.

The results of our study show a good effect of Biodentine® used for DPC. Few clinical evaluations of the formulation are available in the literature, and the existing ones tend to be short-term observations of isolated cases. Damaschke (12) used Biodentine® in a fully developed tooth with iatrogenic pulp exposure. Follow-up evaluation performed at 3 and 6 months did not show any abnormalities. A study by Nowicka et al. (4) evaluated the clinical results of DPC using Biodentine®. A total of 32 teeth in 28 patients, both male and female, aged 11 to 56 years old were examined. After 3 months, 100% of the treated teeth displayed vital pulp, after 6 months – 95.23%, and after 12 months – 92.85%.

## CONCLUSIONS

Biodentine® may be used as an alternative to other materials in direct pulp capping in permanent teeth.

## KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów  
None

## ADRES DO KORESPONDENCJI CORRESPONDENCE

\*Katarzyna Sokołowska  
Zakład Stomatologii Dziecięcej  
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku  
ul. Waszyngtona 15a, 15-274 Białystok  
tel. +48 (85) 745-09-56  
kat\_sokolowska@wp.pl

## PIŚMIENNICTWO/REFERENCES

1. Makowiecki P, Trusewicz M, Tyszler Ł et al.: Leczenie biologiczne miazgi zębów stałych. Rocz Pomor Akad Med 2014; 60(2): 80-88.
2. Barańska-Gachowska M: Endodoncja wieku rozwojowego i dojrzałego. Wyd. II. Wydawnictwo Czelej, Lublin 2011: 237-254.
3. Poggio C, Ceci M, Beltrami R et al.: Biocompatibility of a new pulp capping cement. Ann Stomatol (Roma) 2014; 5(2): 69-76.
4. Nowicka A, Lipski M, Postek-Stefańska L et al.: Pokrycie bezpośrednie miazgi zębów stałych z użyciem preparatu Biodentine. Mag Stomatol 2012; 4: 30-37.
5. Chrzanowski B, Cieślak-Wegemund M, Żurek J: Zastosowanie materiałów MTA i Biodentine w stomatologii – przegląd piśmiennictwa. Endodoncja w Praktyce 2013; 4: 38-41.
6. Tysiąc-Miśta M, Białożył E, Cieślak M: Biodentine – bioaktywny substytut zębiny utworzony na bazie cementu portlandzkiego. Twój Prz Stomatol 2014; 10: 78-80.
7. Mielko E, Chałas R: Ocena preparatu Biodentine w badaniach mikrospektralnych. Mag Stomatol 2013; 7-8: 103-106.
8. Rajasekharan S, Martens LC, Cauewls RGEC, Verbeek RMH: Biodentin™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. Eur Arch Paediatr Dent 2014; 15(3): 147-158.
9. 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. Doniesienia wstępne. Nowa Stomatol 2012; 4: 147-151.
10. 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; 7-8: 91-95.

11. Allazzam SM, Alamoudi NM, Abd El Sadek El Meligy O: Clinical Applications of Biodentine in Pediatric Dentistry: A Review of Literature. *Oral Hyg Health* 2015; 3(3): 172-179.
12. Dammaschke T: A new bioactive cement for direct pulp capping. *Int Dent African Edition* 2012; 2(2): 64-69.
13. Dammaschke T: Biodentine – właściwości i zasada działania. *Endodoncja.pl* 2012; 4: 250-255.
14. Natale LC, Rodrigues MC, Xavier TA et al.: Ion release and mechanical properties of calcium silicate and calcium hydroxide materials used for pulp capping. *Int Endod J* 2015; 48: 89-94.
15. Han L, Okiji T: Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic into root canal dentine. *Int Endod J* 2011; 44: 1081-1087.
16. Han L, Okiji T: Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J* 2013; 46(9): 808-814.
17. Laurent P, Camps J, About I: Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J* 2012; 45: 439-448.
18. 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.
19. Popović Bajić M, Prokić B, Prokić BB et al.: Histological evaluation of direct pulp capping with novel nanostructural materials based on active silicate cements and Biodentine® on pulp tissue. *Acta Vet* 2013; 63(2-3): 347-360.
20. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S: Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells and stimulates biomineralization. *J Endod* 2012; 38(9): 1220-1226.
21. Shayegan A, Jurysta C, Atash R et al.: Biodentine used as a pulp-capping in primary pig teeth. *Pediatr Dent* 2012; 34(7): 202-208.
22. Kim J, Song Y-S, Min K-S et al.: Evaluation of reparative dentin formation of Pro-Root MTA, Biodentine and BioAggregate using micro-CT and immunohistochemistry. *Restor Dent Endod* 2016; 41(1): 29-36.

**nadesłano/submitted:**

14.07.2017

**zaakceptowano do druku/accepted:**

04.08.2017