



Katarzyna Sokołowska^{1, a}, Beata Kurczoba-Ratajczak^{2, b}, Marzena Helwich^{3, c}

Materiały stomatologiczne obecnie stosowane w leczeniu biologicznym miazgi

Currently used dental materials in biological pulp treatment

¹ Uniwersyteckie Centrum Stomatologii i Medycyny Specjalistycznej Sp. z o.o. Poznań,
Poradnia Stomatologii Zachowawczej i Periodontologii
University Center of Dentistry and Specialist Medicine Sp. z o.o. Poznan, Poland
Conservative Dentistry and Periodontology Clinic

² Klinika Chorób Przyzębia i Błony Śluzowej Jamy Ustnej,
Uniwersytet im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
Department of Periodontal and Oral Mucosa Diseases,
Poznan University of Medical Sciences, Poland

³ Klinika Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
Department of Conservative Dentistry and Endodontics,
Poznan University of Medical Sciences, Poland

^a <https://orcid.org/0009-0006-2877-7315>

^b <https://orcid.org/0000-0002-7394-4454>

^c <https://orcid.org/0000-9000-0664-0003>

DOI: <http://dx.doi.org/10.20883/df.2025.2>

STRESZCZENIE

Lekarze dentyści powszechnie wykorzystują metody biologicznego leczenia zębów w celu zachowania żywej miazgi w zębach narażonych na czynniki patologiczne. Ich skuteczność zależy od kilku czynników: prawidłowej diagnozy, ogólnego stanu zdrowia pacjentów, warunków leczenia i stosowanych leków. W zależności od stanu klinicznego zęba można zastosować metodę pokrycia pośredniego, bezpośredniego oraz amputację przyżyciową miazgi. Skuteczność leczenia biologicznego jest obecnie oceniana wysoko, ponieważ pozwala uniknąć leczenia endodontycznego. Do obecnie stosowanych preparatów stomatologicznych w leczeniu biologicznym zaliczamy: wodorotlenek wapnia, MTA, Biodentine, CEM, cementy szkłojononowe, EMD, ODM, materiały bioaktywne.

Słowa kluczowe: leczenie biologiczne, MTA, Biodentine, materiały bioaktywne.

ABSTRACT

Dentists commonly use biological dental treatment methods to preserve the vital pulp in teeth exposed to pathological factors. Its effectiveness depends on several factors, including correct diagnosis, general health of patients, treatment conditions and medications used. Depending on the clinical condition of the tooth, we can use the indirect or direct capping method and vital pulp amputation. The effectiveness of biological treatment is currently rated high because it allows to avoid endodontic treatment. The dental preparations currently used in biological treatment include: calcium hydroxide, MTA, Biodentine, CEM, glass ionomer cements, EMD, ODM, bioactive materials.

Keywords: biological treatment, MTA, Biodentine, bioactive materials.

Wstęp

Zachowanie zdrowej, żywej miazgi jest jednym z najważniejszych zadań stomatologii zachowawczej. Miazga zbudowana jest z tkanki łącznej wiotkiej zawierającej komórki układu siateczkowo-śródnabłonkowego. W miazdze zachodzą liczne

procesy immunologiczne, co sprawia, że miazga jest pierwszą barierą chroniącą przed wtargnięciem bakterii do głębszych struktur, zatrzymując infekcję na wczesnym etapie [1]. Ponadto zęby z żywą miazgą wykazują większą odporność na działanie sił mechanicznych, co może być związa-

ne z lepszym odczuwaniem proprioceptoralnym podczas żucia przez zęby z żywą miazgą, a także z lepszym uwodnieniem tkanek oraz z reguły mniejszym zniszczeniem twardych tkanek zębów. Dlatego bardzo ważnym i istotnym dla ogólnego zdrowia jest zachowanie żywej miazgi, co jest możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod biologicznego jej leczenia.

W przypadku martwicy miazgi wskazane jest przeprowadzenie leczenia endodontycznego, które pozwoli na pozostawienie zęba w jamie ustnej. Oprócz wielu korzyści wynikających z obecności funkcjonalnego zęba w jamie ustnej, leczenie endodontyczne wiąże się również z utratą tkanek twardych zęba, poniesieniem dodatkowych kosztów dla pacjenta, poświęconym czasem.

Ze względu na różny stopień trudności leczenie endodontyczne wiąże się z ryzykiem powikłań, takich jak np. pominięcie kanału, perforacja, przepchnięcie materiałów stosowanych do irygacji i obturacji kanałów, wytworzenie stopni, złamanie narzędzia w kanale korzeniowym czy zaostrenie dolegliwości bólowych i odczynu zapalnego, co może być przyczyną szybszej utraty zęba [1–6].

Leczenie biologiczne

W leczeniu biologicznym miazgi, którego celem jest zachowanie zdrowej, żywej tkanki, można wykorzystywać różne metody lecznicze w zależności od danej sytuacji klinicznej:

1. Przykrycie pośrednie miazgi stosuje się w zębach z głębokimi ubytkami, z zachowaną cienką, najczęściej zdemineralizowaną, warstwą zębiny pomiędzy dnem ubytku a miazgą. Zabieg można przeprowadzić na jednej lub dwóch wizytach. Polega on na aplikacji biologicznego środka leczniczego na dno ubytku, zwykle w postaci jedno- lub dwuwarstwowego podkładu pod zakładane wypełnienie lub w przypadku metody dwuetapowej – czasowej aplikacji środka leczniczego do ubytku, a następnie po okresie obserwacji jego wymianie i założeniu wypełnienia stałego.
2. Przykrycie bezpośrednie stosuje się w przypadku utraty ciągłości zębiny na dnie ubytku – obnażenia lub zranienia miazgi, najczęściej w wyniku urazu lub przypadkowego odsłonięcia miazgi podczas opracowywania ubytku. Ze względu na pojawiające się krwawienie w przypadku zranienia miazgi, w pierwszym etapie zawsze dąży się do jego zahamowania, a następnie przystępu-

je się do aplikacji środka leczniczego w bezpośrednim kontakcie z miazgą.

3. Amputację przyżyciową miazgi wykonuje się w przypadku zębów, w których doszło do odsłonięcia miazgi na większym obszarze lub minęło więcej czasu od chwili obnażenia i istnieje większe ryzyko jej zakażenia bądź w sytuacji próchnicowego odsłonięcia miazgi [7]. Dotychczas amputację przyżyciową miazgi przeprowadzano wyłącznie w zębach mlecznych i stałych z niezamkniętym otworem okołowierzchołkowym, jednak coraz więcej badań wskazuje na skuteczność tej terapii również w zębach dojrzałych [8]. Zabieg polega na usunięciu części lub całości miazgi koronowej za pomocą wiertła na turbinę przy zastosowaniu sterylnego chłodzenia wodnego lub technik z użyciem lasera [9, 10], a następnie zatrzymaniu krwawienia i zabezpieczeniu kikuta miazgi odpowiednim preparatem leczniczym.
4. W zależności od zastosowanego zabiegu aplikacja środka leczniczego ma na celu remineralizację odwapnionych twardych tkanek zęba, zapewnienie szczelnej bariery pomiędzy miazgą a środowiskiem zewnętrznym jamy ustnej oraz ochronę przed toksycznym działaniem materiałów wypełniających, a także pobudzenie komórek miazgi do odbudowy twardej struktury pomiędzy miazgą a dnem ubytku, tzw. mostu zębinowego [1, 7, 11, 12].

Prawidłowo przeprowadzone leczenie biologiczne zęba powinno być poprzedzone właściwą oceną kliniczną oraz radiologiczną. Należy pamiętać również o przeciwwskazaniach do wykonania powyżej przedstawionych zabiegów, do których należą: pulpopatie nieodwracalne, duże zniszczenie korony zęba, głębokie zapalenie przyzębia brzeżnego, zła higiena jamy ustnej i zły stan pozostałego uzębienia pacjenta, zaawansowana resorpcja zębów mlecznych oraz stany ogólnego wyniszczenia organizmu [13]. Ważnym czynnikiem, który również wpływa na sukces leczenia, jest czas. Uważa się, że czas od momentu zgłoszenia się pacjenta do gabinetu lekarskiego do wykonania zabiegu jest kluczowy. W przypadku planowania przykrycia bezpośredniego czas od chwili urazu do momentu zgłoszenia się pacjenta nie powinien być dłuższy niż 24 godziny [14]. Powodzenie leczenia biologicznego zależy także od prawidłowego zahamowania krwawienia miazgi, w przypadku gdy doszło do jej

obnażenia/zranienia. Im krwawienie jest słabsze i łatwiejsze do zahamowania, tym większe prawdopodobieństwo sukcesu. Ważne jest usunięcie skrzepu przed aplikacją środka leczniczego na miazgę [1]. Najbardziej skutecznym pod względem hamowania krwawienia i pobudzania procesów regeneracyjnych miazgi jest roztwór podchlorynu sodu w stężeniu 5,25% [1, 11, 15]. Nie zaleca się natomiast stosowania roztworów wody utlenionej do hamowania krwawienia miazgi, ze względu na działanie uszkadzające wydzielającego się tlenu na komórki miazgi.

Materiały stomatologiczne stosowane w leczeniu biologicznym

Wodorotlenek wapnia

Jest najbardziej znanym i najczęściej stosowanym środkiem leczniczym w leczeniu biologicznym. Wykorzystywane są preparaty twardniejące oraz nietwardniejące. Twardniejące występują w formie dwuskładnikowych past utwardzanych salicylanami, np.: Life, Dycal, Alkaliner, lub wzmocnione na bazie żywic, np. Total Blend, Ultra Blend plus. Preparaty twardniejące na bazie wodorotlenku wapnia znajdują zastosowanie głównie w pokryciu pośrednim miazgi, są aplikowane jako pierwszy podkład na zdemineralizowaną zębinę. Ze względu na wysokie pH (ok. 10) stwarzają korzystne warunki dla regeneracji miazgi oraz dostarczają jonów wapniowych koniecznych do remineralizacji zębiny. Preparaty twardniejące oparte na salicylanach mogą być również stosowane w pokryciu bezpośrednim w zębach mlecznych. Wadą ich jest natomiast dość duża rozpuszczalność w płynach tkankowych, co powoduje konieczność zastosowania drugiego podkładu na warstwę wodorotlenku wapnia, najczęściej klasycznego bądź hybrydowego cementu szkłojomerowego [16]. Odznaczają się nawet większą skutecznością w leczeniu niż preparaty nietwardniejące szczególnie w przypadku zębów mlecznych, co związane jest z ich niższym, w porównaniu z preparatami nietwardniejącymi, pH, dzięki czemu rzadziej prowadzą do powstawania patologicznych resorpcji korzeni zębów [17, 18].

Nietwardniejące preparaty na bazie wodorotlenku wapnia, takie jak Biopulp, Calcipast, Calasept, mają wysokie pH – ok. 12–13, dzięki czemu wykazują zdolności bakteriobójcze oraz bioaktywne – stwarzają korzystne warunki do działania fosfatazy zasadowej, a więc wytrącania składników mineralnych koniecznych do budowy mostów zębinowych oraz namnażania się komórek miazgi zębowej [19]. Ich skuteczność jest duża, jednak konsystencja, ni-

ska adhezyjność i czasochłonne techniki aplikacji z zastosowaniem dodatkowych materiałów stwarzają ryzyko błędu, co może wiązać się z gorszym rokowaniem przeprowadzonego leczenia. Wadami nietwardniejących preparatów na bazie wodorotlenku wapnia są też: wysoka rozpuszczalność w płynach tkankowych [20], zapoczątkowanie procesów kalcyfikacyjnych w miazdze [21], możliwość inicjowania patologicznych resorpcji tkanek twardych zęba [17, 18] oraz duża porowatość z tunelami, które można zdefiniować jako nieciągłość mostu zębinowego utworzonego na obszarze obnażonej miazgi [22]. Czasem określane są jako pasma tkankowe [22]. Nieciągłości te są odpowiedzialne za nieszczelność powstających mostów zębinowych i mikropreciek bakteryjny prowadzący do stanu zapalnego miazgi [22, 23]. Powyższe wady tych materiałów skłoniły naukowców do poszukiwania innych środków leczniczych [1, 7, 11, 12].

MTA (Mineral Trioxide Aggregate)

Występuje w postaci proszku, który bezpośrednio po połączeniu z wodą przyjmuje postać żelu o pH = 10,2. Zasadowość materiału wzrasta po 3 godzinach do 12,5. W reakcji wiązania powstają kryształy tlenków wapnia, o amorficznej strukturze, zawierające: 33% wapnia, 49% fosforu, 2% węgla, 3% chloru i 6% krzemu. Ocena związanego materiału wykazała jego dobre przyleganie do tkanek zęba, znikomy mikropreciek, małą cytotoksyczność, dobrą wytrzymałość mechaniczną, działanie antibakteryjne, biogodność tkankową oraz doskonałe działanie odontotropowe [24, 25]. Wśród wad należy wymienić: trudność aplikacji, długi czas wiązania (ok. 4–6 godzin) oraz możliwość przebarwień tkanek zęba w przypadku zastosowania MTA Grey (ProRoot Regular), zawierającego w składzie dodatkowo siarczek żelaza.

W leczeniu biologicznym może być stosowany w metodzie pokrycia pośredniego, bezpośredniego oraz amputacji przyżyciowej miazgi [12, 26].

Biodentine – materiał bioceramiczny

Jest preparatem bioceramicznym, prekapsułkowanym, zawierającym w proszku: krzemian trójwapniowy, węglan wapnia oraz dwutlenek cyrkonu, natomiast w płynie: chlorek wapnia, rozpuszczalny polimer oraz wodę. W wyniku reakcji zachodzącej podczas mieszania proszku i płynu powstaje wodorotlenek wapnia oraz krzemian wapnia. Czas twardnienia tego preparatu wynosi 12 minut. Wskazania do zastosowania preparatu Biodentine są takie same jak w przypadku MTA oraz dodatkowo, ze względu na właściwości biomechaniczne

zbliżone do szkłojonomeru, może być użyty jako substytut zębiny [11, 12]. Według badań Biodentine osiąga najwyższy poziom uwalniania jonów wapnia, sięgający po dziewięćdziesiąt dniach 965,52 ppm [27].

Ceramir Protect LC – materiał bioceramiczny modyfikowany żywicą

Jest to nowy materiał na rynku, obecnie niedostępny w Polsce. Ceramir Protect LC to światłoutwardzalna bioceramika modyfikowana żywicą, stosowana do pokrycia bezpośredniego lub pośredniego. Producent zaleca stosowanie jej jako podkład pod wypełnienia kompozytowe oraz w przypadku próchnicowego, jatrogennego bądź pourazowego obnażenia miazgi [28]. Warunkiem jego zastosowania jest opanowanie krwawienia. Materiał ten oparty jest na krzemianie wapnia, dostępny w formie gotowej pasty, którą należy naświetlać przez 20 sekund po każdej nałożonej dwumilimetrowej warstwie. Początkowe pH po zastosowaniu tego preparatu wynosi 11,6, po dziewięćdziesiąt dniach osiąga poziom pH = 11,8 [27]. Zaletą tego materiału jest zła rozpuszczalność w wodzie, co potwierdzono wzrostem jego objętości w czasie, spowodowanym wysyceniem wodą oraz nieprzepuszczalność dla promieni rentgenowskich [29].

Cementy szkłojonomerowe

Mogą być stosowane w pokryciu pośrednim oraz jako warstwa zabezpieczająca preparat odontotropowy zaaplikowany na miazgę w zabiegach z odsłonięciem miazgi, jednakże nie można ich zastosować w metodzie bezpośredniego pokrycia miazgi. Dzięki takim właściwościom, jak zdolność chemicznego wiązania z zębiną, działanie przeciwbakteryjne, uwalnianie jonów fluorkowych, cementy szkłojonomerowe są również wykorzystywane w leczeniu biologicznym [1, 11, 12].

CEM (Calcium Enriched Mixture)

Jest materiałem zbliżonym do MTA wprowadzonym na rynek w 2006 roku. Posiada lepsze właściwości fizyczne niż MTA: wiąże szybciej od MTA (ok. 50 minut), jest łatwiejszy do aplikacji i zapewnia większą szczelność. W badaniach wydaje się też przewyższać MTA pod względem właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych. W jego skład wchodzi: tlenek wapnia, trójtlenek siarki, pięciotlenek fosforu oraz dwutlenek krzemu, w proporcjach zbliżonych do składu zębiny [30]. Preparat ten nie jest na razie dostępny w sprzedaży w Polsce.

Tlenek cynku z eugenolem

W leczeniu biologicznym znalazł zastosowanie w pokryciu pośrednim lub jako podkład pod wypełnienie w głębokich ubytkach w zębach stałych. W zębach mlecznych natomiast jest używany w zabiegach amputacji przyżyciowej miazgi [31]. Tlenek cynku charakteryzuje się obojętnym pH, natomiast eugenol wykazuje działanie przeciwbakteryjne oraz przeciwbólowe, ale także drażniące i alergizujące, co powinno skłaniać do ograniczenia jego zawartości w aplikowanym preparacie. Tlenek cynku z eugenolem pobudza odontoblasty do wytwarzania zębiny wtórnej oraz remineralizacji twardych tkanek, jednak nie przyczynia się do powstawania mostów zębinowych [32]. Posiada również działanie higroskopijne, dzięki któremu dochodzi do zmniejszenia ciśnienia w miazdze, co również przyczynia się do działania przeciwbólowego [33, 34]. Do jego wad należy zaliczyć ewentualne przebarwienia tkanek zęba oraz brak możliwości zastosowania jako podkład pod wypełnienia kompozytowe i kompomerowe, ze względu na zaburzenie polimeryzacji tych materiałów. Stosowany jest w postaci gotowych preparatów, takich jak Caryosan, EBA i IRM lub jako cement mieszany ex tempore [4, 14].

Odontoblastyczny materiał różnicujący (ODM – odontoblastic differentiating material)

Jest mieszaniną kilku składników: deksametazonu, witaminy D3 i β -glicerofosforanu. Badania prowadzone w warunkach in vitro wykazały właściwości pobudzające różnicowanie się odontoblastów i stymulujące powstawanie mostu zębinowego. Pomimo pojawiającej się początkowo dość silnej reakcji zapalnej, skuteczność ODM w indukowaniu tworzenia nowych mostów zębinowych oceniana jest na zbliżoną do preparatu MTA [1, 21].

Materiały bioaktywne

Do nowoczesnych materiałów bioaktywnych zalicza się także: Activa BioActive, Theracal LC, Geristore. Stosowane są w metodzie pokrycia pośredniego jako materiały podkładowe oraz do odbudowy ubytków tkanek zęba. Posiadają zdolności osteokondukcyjne i osteoindukcyjne – pobudzają wzrost osteoblastów powodujących wrastanie elementów kościotwórczych z otoczenia oraz indukują różnicowanie się niezróżnicowanych komórek tkanki łącznej w osteoblasty [35]. Ze względu na te właściwości i ich dużą biogodność gama zastosowań tych materiałów będzie najprawdopodobniej się rozszerzać i być może obejmie również

zabieg bezpośredniego pokrycia miazgi. Preparaty bioaktywne łączą w sobie zalety kompozytów i szkłoionomerów. Mają bardzo dobrą adhezję do tkanek zęba bez konieczności stosowania systemów łączących, właściwości przeciwbakteryjne, a także zdolność do uwalniania i wychwytywania ze środowiska jamy ustnej jonów wapniowych, fosforowych i fluorkowych. Uwalnianie bądź wychwytywanie wcześniej wymienionych jonów odbywa się w zależności od wartości pH. Preparaty te mają również dobre właściwości fizyczne. Wszystkie wymienione wyżej cechy wpływają pozytywnie na procesy regeneracyjne miazgi oraz na dużą biogodność tych środków [36–38].

Podsumowanie

Leczenie biologiczne miazgi zęba z wykorzystaniem współczesnych materiałów stomatologicznych omówionych w publikacji pozwala na zachowanie zdrowej, żywej miazgi, a tym samym na uniknięcie leczenia endodontycznego. Oceny wyników leczenia miazgi dokonuje się na podstawie badania klinicznego i radiologicznego. Za pozytywny wynik leczenia uważa się dobry stan kliniczny zęba, prawidłową reakcję miazgi na stosowane bodźce, widoczny na rentgenogramie most zębinowy (który jest widoczny po 3–12 tygodniach), a w zębach niedojrzałych – dalszy postęp w rozwoju korzenia. Najnowsze materiały bioaktywne charakteryzują się licznymi zaletami umożliwiającymi przeprowadzenie leczenia biologicznego, aczkolwiek nadal prowadzone są badania nowych materiałów ukierunkowane na uzyskanie najlepszych efektów klinicznych.

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów w autorstwie oraz publikacji pracy.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

- [1] Makowiecki P, Trusewicz M, Tyszler Ł, Buczkowska-Radlińska J. Leczenie biologiczne miazgi zębów stałych, *Pomeranian Journal of Life Sciences*. 2014; 60(2):80-88.
- [2] Wang SH, Chung MP, Cheng JC, Chen CP, Shieh YS, Sodium Hypochlorite Accidentally Extruded Beyond the Apical Foramen. *J Med Sci*. 2010;30(2): 061-065.
- [3] Yousuf W, Khan M, Mehdi H. Endodontic Procedural Errors: Frequency, Type of Error, and the Most Frequently Treated Tooth. *Int J Dent*. 2015;(11):673914.
- [4] Sundar JS, Varma KM, Satish RK, Sajjan GS, Tanikonda R. A Biological Approach in Repair of Damaged Dental Pulp and Periapical Tissues using Platelet Rich Fibrin, Mineral Trioxide Aggregate and Laser Biostimulation. *IJSS Case Reports & Reviews*. 2015; 11(1):44-50.
- [5] Jain P. Common Complications in Endodontics: Prevention and Management. Wydawnictwo Springer, Wydanie I, 2018.
- [6] Miccoli G, Seracchiani M, Zanza A, Giudice AD, Testarelli L. Possible Complications of Endodontic Treatments. *J Contemp Dent Pract*. 2020;21(5):473-474.
- [7] Barańska-Gachowska M. Endodoncja wieku rozwojowego i dojrzałego. Leczenie pulpopatii odwracalnych – metody biologiczne tom II, Wydanie 3. Wydawnictwo Czelej, Lublin, 2021: 259-317.
- [8] Barngkgei IH, Halboub ES, Alboni RS. Pulpotomy of symptomatic permanent teeth with carious exposure using mineral trioxide aggregate. *Iran Endod J*. 2013;8(2):65-8.
- [9] Afkhami F, Rostami G, Xu C, Peters OA. The application of lasers in vital pulp therapy: clinical and radiographic outcomes. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):333.
- [10] Gupta G, Rana V, Srivastava N, Chandna P. Laser Pulpotomy–An Effective Alternative to Conventional Techniques: A 12 Months Clinicoradiographic Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2015;8(1):18-21.
- [11] Ghoddusi J, Forghani M, Parisay I. New Approaches in Vital Pulp Therapy in Permanent Teeth. *Iran Endod J*. 2014;9(1):15-22.
- [12] Jańczuk Z, Kaczmarek U, Lipski M. Stomatologia zachowawcza z endodoncją – Zarys kliniczny, Materiały stosowane w leczeniu zachowawczym, Wydanie IV. Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2015:47-72.
- [13] Duda S, Dammaschke T. Bezpośrednie pokrycie miazgi. Warunki klinicznego sukcesu leczenia, Stomatologia po Dyplomie, 2009.
- [14] Akhlaghi N, Khademi A. Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medications based on review of the literature. *Dent Res J*. 2015;12(5):406-17.
- [15] Asgary S, Hassanizadeh R, Torabzadeh H, Eghbal MJ. Treatment Outcomes of 4 Vital Pulp Therapies in Mature Molars. *J Endod*. 2018;44(4):529-535.
- [16] Venkata Karteek Varma P. Calcium Hydroxide Pulp Capping Agent: An Overview on Composition, Properties, and Clinical Applications, *Uttar Pradesh Journal of Zoology*. 2023.
- [17] Magnusson BO. Pulpotomy in primary molars: long-term clinical and histological evaluation. *Int Endod J*. 1980;13:143-155.
- [18] Ravi GR, Subramanyam RV. Calcium hydroxide-induced resorption of deciduous teeth: A possible explanation. *Bioscience Hypotheses*. 2012;3(3):90-94.
- [19] Sawicki L, Pameijer CH, Emerich K, Adamowicz-Klepalska B. Histological evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide in direct pulp capping of human immature permanent teeth. *American Journal of Dentistry*. 2008;21(4):262-6.
- [20] Desai S, Chandler N, Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review. *Journal of Endodontics*. 2009;35(4):475-80.

- [21] Khan S, Inamdar NK, Meshram GK, Singh MP, Chaurasia H, Calcium Hydroxide – A Great Calcific Wall, *J Orofac Res.* 2011;1(1):26-30.
- [22] Murray PE, García-Godoy F. The incidence of pulp healing defects with direct capping materials. *Am J Dent.* 2006;19(3):171-7.
- [23] Cox CF, Sübay RKE, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. *Oper Dent.* 1996;21(1):4-11.
- [24] Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater.* 2005;21(4):297-303.
- [25] Ricketts D. Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. *Br Dent J.* 2001;191(11):606-10.
- [26] Ćwiklińska M, Ciesielski P. Właściwości fizykochemiczne różnych preparatów na bazie MTA, *eDentico.* 2019;3(61):16-21.
- [27] Lin YY, Zhang P, Cheon K, Jackson JG, Lawson NC. Chemical and Physical Properties of Contemporary Pulp Capping Materials. *Pediatr Dent.* 2022;44(3):207-212.
- [28] Directa AB. Ceramir Protect LC Syringe – ulotka producenta.
- [29] Lin YY, Zhang P, Cheon K, Jackson JG, Lawson NC. Chemical, Physical, and Antibacterial Properties of Contemporary Pulp Capping Materials. *UAB Libraries.* 2021;44(3):207-212.
- [30] Moazzami F, Ghahramani Y, Tamaddon AM. Histological comparison of a new pulp capping material and mineral trioxide aggregate in rat molars. *Iran Endod J.* 2014;9(1):50-5.
- [31] Harandi A, Forghan M, Ghoddusi J. Vital Pulp Therapy with Three Different Pulpotomy Agents in Immature Molars: A Case Report, *Iran Endod J.* 2013;8(3):145-8.
- [32] Sela J, Ulmanky M. Reaction of normal and inflamed dental pulp to Calxyl and zinc oxide and eugenol in rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970;30(3):425-30.
- [33] Riza MA, Go YI, Maier RJ, Harum SW, Ahmad Anas SB. Hygroscopicity Enhancement of Low Temperature Hydrothermally Synthesized Zinc Oxide Nanostructure with Heterocyclic Organic Compound for Humidity Sensitization, *Sens Actuators B Chem.* 2021;345(1):130010.
- [34] Sobecka-Frankiewicz M. Aktualne koncepcje leczenia biologicznego miazgi. *Stomatologia po Dyplomie,* 2018.
- [35] Zafar MS, Amin F, Fareed MA, Ghabbani H, Riaz S, Khurshid S. Biomimetic Aspects of Restorative Dentistry Biomaterials. *Biomimetics.* 2020.
- [36] J un SK, Lee JH, Lee HH. The Biomineralization of a Bioactive Glass-Incorporated Light-Curable Pulp Capping Material Using Human Dental Pulp Stem Cells. *BioMed Res Int.* 2017;2017:2495282.
- [37] Mehrvarzfar P, Afsaneh Dahi-Taleghani A, Saghi MA, Karamifar K, Shababi B, Behnia A. The comparison of MTA, Geristore® and Amalgam with or without Bioglass as a matrix in sealing the furcal perforations (in vitro study), *Saudi Dent J.* 2010;22(3):119-24.
- [38] Qureshi A, Soujanya E, Nandakumar, Pratap Kumar, Sambashivarao, Recent advances in pulp capping materials: an overview. *J Clin Diagn Res JCDR.* 2014;8(1):316-21.

Zaakceptowano do edycji: 7.04.25
Zaakceptowano do publikacji: 6.06.25

Adres do korespondencji:
b.kurczoba@ump.edu.pl