

# Alternatywy dla użycia formokrezolu w leczeniu chorób miazgi w uzębieniu mlecznym – przegląd piśmiennictwa

Alternative methods to pulp treatment by the use of formocresol in deciduous teeth – review of the literature

<sup>1</sup>Klinika Stomatologii Dziecięcej, Zakład Stomatologii Dziecięcej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. Dorota Olczak-Kowalczyk

<sup>2</sup>Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus, Warszawa

Dyrektor Szpitala: prof. dr hab. n. med. Janusz Wygął

## KEY WORDS

formocresol, MTA, pulpotomy, deciduous teeth, ferrous sulfate, laser

## SUMMARY

The first-choice treatment of asymptomatic deep cavities, reversible pulp inflammation in the primary dentition is pulpotomy with formocresol. Because of plenty reports about possible sides effects after the use of formocresol, some authors believe that this kind of treatment is controversial. Formocresol is accused of carcinogenicity, mutagenicity, cytotoxicity and the ability to provoke an allergic reaction. All this doubts open the new perspectives for the alternatives products. ADA (American Drug Association) recommends formocresol, MTA and ferrous sulfate as the best for the pulp treatment in the deciduous dentition. Similar clinical efficacy, according to the literature, has MTA, glutaraldehyde and ferrous sulfate. Less rewarding results authors obtained for the use of calcium hydroxide. In comparison to formocresol the non-pharmacological methods (laser, electrocoagulation) presents similar clinical results. The most effective material is MTA, which can in the future replace the use of formocresol as the gold standard in pulpotomy treatment. The use of formocresol in biological treatment is safe due to its small amount which is used during treatment, negligible penetration to the surrounding tissues and short time of the use. Formocresol according to evidenced by the numerous studies and long time observations present high clinical efficacy and still remains as a gold standard in pediatric dentistry. Without a doubt, the success of healings also dependent on operator skill, proper diagnosis and qualifications for the biological treatment of the tooth, as the majority of the failures are caused because of the improper diagnosis process.

## WPROWADZENIE

Próchnica i jej powikłania są poważnym problemem w stomatologii dziecięcej. Utrzymanie kompletnego uzębienia na czas jego fizjologicznej wymiany jest profilaktyką przyszłych wad zgryzu i odpowiada za prawidłowy rozwój okluzji, fonetyki, estetyki twarzy, polepszając jakość życia dziecka. Specyfika budowy zębów mlecznych powoduje, że progresja zmian próchnicowych jest znacznie szybsza,

a powstałe komplikacje są trudniejsze do leczenia (1-3). Utrudniona współpraca z dzieckiem, w porównaniu do osoby dorosłej, w trakcie leczenia stomatologicznego wymaga bardziej radykalnego postępowania. Z tych przyczyn leczeniem z wyboru nieodwracalnych zapaleń miazgi w zębach mlecznych ograniczonych do miazgi komorowej jest pulpotomia. Metoda ta polega na usunięciu zainfekowanej miazgi komorowej, zachowując żywotność i funkcję pozostałej miazgi korzeniowej (1).

Historia leczenia mającego zapewnić utrzymanie żywotności i funkcji miazgi sięga drugiej połowy XVIII wieku, kiedy to w 1756 roku Philippe Pfaff zrealizował swoje pierwsze pokrycie bezpośrednie, używając do tego drobnej płytki ze złota. Dawniej zabieg ten był zabiegiem wysoce specjalistycznym, a jego wykonanie wymagało odpowiednich kwalifikacji. Wprowadzenie w XX wieku płynu Buckleya stanowiło przełom w stomatologii dziecięcej. Dalszy rozwój nastąpił w latach 30., kiedy to Sweet zaproponował użycie mieszaniny ZnO, eugenolu i formokrezolu w leczeniu miazgi zębów trzonowych.

Idealny środek powinien działać przeciwbakteryjnie, być biokompatybilny, nietoksyczny, działać korzystnie na miazgę i nie zakłócać fizjologicznej resorpcji korzenia. Zgodnie z publikacją Sonmeza i wsp. (4) preparaty używane do leczenia miazgi metodą amputacji można podzielić w zależności od sposobu ich działania:

- mumifikacja (np. formokrezol),
- utrwalenie, konserwacja (np. siarczan żelaza),
- regeneracja (np. wodorotlenek wapnia, MTA).

Uznano, że sukcesem terapeutycznym amputacji miazgi jest zachowanie żywotności większej części miazgi korzeniowej, brak dolegliwości bólowych i oznak stanu zapalnego; tkanki okołokorzeniowe są zdrowe i żywe, brak objawów radiologicznych, tj. resorpcji wewnętrznej/zewnętrznej, zmian okołowierzchołkowych czy okołozwiązkowych. Większość niepowodzeń biologicznych tej metody leczniczej spowodowana jest nieprawidłową kwalifikacją zęba do zabiegu, kiedy nieodwracalne zapalenie dotyczy także miazgi korzeniowej (5-9).

Wiele publikacji przypisuje formokrezolowi toksyczność systemową i potencjał immunogeny, mutageny, alergiczny i kancerogeny. Międzynarodowa Agencja na Rzecz Wykrywania Raka (International Agency for Research on Cancer – IARC) na podstawie analizy badań przeprowadzonych na zwierzętach i ludziach sklasyfikowała formaldehyd jako środek kancerogeny. Również w 2004 roku WHO uznało formaldehyd za środek szkodliwy. Dlatego stale poszukiwane są środki lecznicze, które mogłyby zastąpić formokrezol.

Celem pracy jest przedstawienie współczesnych poglądów dotyczących środków leczniczych wykorzystywanych do amputacji miazgi zębów mlecznych.

## FORMOKREZOL

Formokrezol, wprowadzony w 1904 roku przez Buckleya, jest złotym standardem w leczeniu chorób miazgi zębów mlecznych. Składa się z formaldehydu (19%), trójkrezolu (35%), glicerolu (15%) i wody (31%) (10, 11). Środkiem aktywnym jest formaldehyd, który uwalnia się w kontakcie z tkankami. Jest on uznawany za kancerogeny i szkodliwy dla ludzi przez liczne organizacje, np.: WHO, International Agency for Research on Cancer, Health Canada, Agency for Toxic Substances and Disease Registry in the U.S. Department of Health and Human Services i U.S. Environmental Protection Agency (12). Formokrezol posiada duże właści-

wości bakteriobójcze i mumifikujące. Wpływa również na aktywność hialuronidazy. Pierwszym, który użył formokrezolu w leczeniu zębów mlecznych, był w 1930 roku Sweet (9). Uzyskał on sukces w 97%. Zalety formokrezolu to przede wszystkim wysoka skuteczność kliniczna – w wielu badaniach szacowana w okolicach 70-90%, nawet po wielu miesiącach obserwacji. Niektóre prace wykazują, że sukces leczniczy leczenia formokrezolem zmniejsza się wraz z czasem. Podczas pulpotomii powoduje on zapalenie i martwicę większej lub mniejszej części miazgi korzeniowej, mogąc wpływać również na tkanki okołokorzeniowe, a aplikowanie go w bliskiej okolicy bifurkacji może zwiększać częstość występowania okołokorzeniowego zapalenia kości, co niekorzystnie wpływa na rozwijające się zawiązki zębów stałych. Autorzy zauważyli zależność między przeprowadzeniem pulpotomii z formokrezolem a późniejszymi defektami szkliwa (hipoplazja, hipomineralizacja) w zębach stałych. Dowiedziono również, że formokrezol może przyspieszać wyrzynanie się zębów stałych (13-17). Wykazuje on toksyczność komórkową – wpływa na proces odżywiania komórkowego, blokuje syntezę protein i kwasu RNA. Badania kliniczne na zwierzętach dowodzą, że formokrezol może również powodować toksyczność systemową – uszkodzenie nerek czy wątroby. Bez wątplenia ilość zaabsorbowanego środka z miejsca jego zastosowania w czasie leczenia pulpopatii jest minimalna, mimo to obserwowano po nim podwyższone stężenie formaldehydu znakowanego C-14 w ozębnej, kości, zębini i miazdze korzeniowej w zębach. Dodatkowo przeprowadzona analiza moczu wykazała w nim obecność formaldehydu, świadcząca o jego przesączaniu kłębuszkowemu (możliwość wywołania uszkodzeń nerek) (18-21). Efekty systemowe mogą pojawić się w przypadku wykonywania mnogich pulpotomii w znieczuleniu ogólnym. Użycie formokrezolu w leczeniu zębów mlecznych w krótkim czasie i w bardzo małej ilości wydaje się nie mieć większego, szkodliwego wpływu na ogólny stan zdrowia. Jednak obecnie nie ustalono wielkości dawki wywołującej objawy niepożądane, a bezpieczeństwo użycia preparatu jest tematem wielu polemik. Wadą tej techniki jest bez wątplenia brak możliwości kontroli głębokości wnikiwania leku. Wieloletnie obserwacje, wysoka skuteczność i brak udokumentowanych ogólnych działań niepożądanych starają się przemawiać za brakiem przeciwwskazań do stosowania formokrezolu (21, 22).

## MTA

Konglomerat trójtlenków metali wprowadzony na początku lat 90. przez doktora Mahmouda Torabinejada na Uniwersytecie w Kalifornii posiada bardzo wysokie pH – od 10,2 zaraz po zmieszaniu do 12,3 po 3 godzinach. W literaturze po raz pierwszy został opisany w 1993 roku przez Lee i wsp. (23). Dopiero w 1998 roku ADA uznała MTA za środek terapeutyczny w leczeniu endodontycznym. Pod wpływem działania MTA dochodzi do uwolnienia cytokin z tkanki kostnej i indukcji formowania się tkanki twardej (kość, cement, zębina). MTA posiada właściwości odon-

totropowe, antybakteryjne, jest biokompatybilny, nierozpuszczalny w płynach tkankowych, hydrofilny oraz niecytotoksyczny. Wskazaniem do zastosowania środka są przede wszystkim: perforacje korzenia i dna komory, pokrycie miazgi oraz formowanie wierzchołka korzenia. Producenci podają różne czasy wiązania swoich preparatów: początkowe wiązanie ProRoot MTA – 4 godziny, wiązanie końcowe zaś 3 dni, pełną wytrzymałość na zginięcie otrzymuje po 3-4 tygodniach, Angelus-MTA natomiast twardnieje po 10 minutach, twardnienie końcowe następuje po 15 minutach. Preparat MM-MTA twardnieje po 20 minutach (24). Posiada właściwości zbliżone do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , jednak po jego zastosowaniu ze znacznie mniejszą częstością obserwuje się resorpcję wewnętrzną. Z punktu widzenia wielu badaczy stosowniejszym wydaje się używanie preparatu do pokrycia bezpośredniego w zębach mlecznych. Po zastosowaniu MTA zaobserwowano wytworzenie się grubego mostu zębinowego w miejscu amputacji, podczas gdy w przypadku formokrezolu powstaje cienka warstwa słabo zmineralizowanej zębiny. Wadą MTA jest niewątpliwie wciąż wysoka cena oraz konieczność leczenia dwuetapowego. Ponadto w przypadku niepowodzenia leczenia bardzo trudne, a wręcz niemożliwe jest usunięcie materiału – wzrasta trudność w odnalezieniu ujść kanałów oraz rośnie ryzyko perforacji. Czasami jedynym wyjściem jest ekstrakcja zęba. Agamy i wsp. w 2004 roku przeprowadzili badanie 60 zębów trzonowych wśród 24 dzieci, porównując wyniki leczenia z zastosowaniem MTA szarego i białego oraz formokrezolu. Po 12-miesięcznej obserwacji nie zauważono statystycznie istotnych różnic między zastosowanymi preparatami (25). W 2005 roku Naik i Hegde (26) zbadali zastosowanie i skuteczność radiologiczną i kliniczną MTA w pulpotomii 50 trzonowych zębów mlecznych. Nie stwierdzono patologicznych wyników radiologicznych ani klinicznych. Zauważono w 60% zmianę koloru zębów leczonych MTA. W badaniu przeprowadzonym na Uniwersytecie Autónoma de Tamaulipas w Meksyku zrealizowano 39 pulpotomii w trzonowych zębach mlecznych z użyciem MTA i 19 z formokrezolem. Wykazano 100% sukces kliniczny i 92,3% radiologiczny dla MTA oraz 94,5% sukces kliniczny i tylko 30% radiologiczny dla formokrezolu na przełomie 6-miesięcznej obserwacji (26). Warto jednak pamiętać, że po zastosowaniu MTA szarego może pojawić się przebarwienie korony zęba leczonego. Literatura podaje, że w około 60% zębów leczonych tym preparatem powstają przebarwienia korony (27-35) (tab. 1).

### SIARCZAN ŻELAZA

Środkiem tańszym i bardziej dostępnym niż MTA jest siarczan żelaza (20%, roztwór Monsela), również polecany jako środek używany w stomatologii dziecięcej do leczenia biologicznego. Jest to środek hemostatyczny, posiada właściwości bakteriobójcze oraz uznany jest za nietoksyczny dla organizmu. W porównaniu z wodorotlenkiem wapnia czy MTA nie posiada właściwości przeciwzapalnych ani odontotropowych. Siarczan żelaza ułatwia tworzenie

skrzepu w miejscu swojego kontaktu z miazgą (po 10-15 sekundach) – niektórzy autorzy twierdzą, że zapobiega to rozwojowi przewlekłego stanu zapalnego i resorpcji wewnętrznej. Resorpcja wewnętrzna korzenia powstaje równie często jak w przypadku zastosowania glutaraldehydu czy formokrezolu. Środki te ze względu na dużą wielkość cząstek penetrują w głąb tkanek w bardzo niewielkim stopniu. Sposób działania jest całkowicie pasywny – polega na wytworzeniu tkanki włóknistej, mechanicznej bariery uniemożliwiającej przenikanie środków drażniących i stanu zapalnego. Jego niewątpliwą zaletą jest szybka i łatwa aplikacja. Pracując z dziećmi, jest to cecha bardzo korzystna – zmniejsza się czas zabiegu i ilość potrzebnych wizyt. Pulpotomia za pomocą formokrezolu zajmuje 5 minut w porównaniu z MTA, który wymaga leczenia dwuetapowego, a proces aplikacji trwa około 15 minut (36-39). W badaniach klinicznych nie stwierdza się statystycznie istotnych różnic między stosowaniem formokrezolu i siarczanu żelaza. Zaror i wsp. w 2011 roku zrealizowali badanie porównujące skuteczność siarczanu żelaza i MTA. U 11 pacjentów między 4.-6 rokiem życia przeprowadzono 13 pulpotomii, z czego do 7 z nich użyto MTA, a w pozostałych siarczanu żelaza. Skuteczność leczenia w okresie 12 miesięcy oceniono na 85,71% dla MTA i 83,33% dla roztworu Monsela (40). Siarczan żelaza, podobnie jak formokrezol, nie posiada możliwości indukowania odkładania nowych warstw zębiny. Wydaje się, że środek ten mógłby stanowić dobrą alternatywę dla formokrezolu.

### 2-4% ALDEHYD GLUTAROWY

Jako jedną z alternatyw zaproponowano 2-4% glutaraldehyd – skuteczny, nietoksyczny i antybakteryjny preparat wprowadzony w 1975 roku przez Gawenmonda. Mumifikacja tkanki po zastosowaniu glutaraldehydu jest intensywniejsza i głębsza, a jego aktywność cytotoksyczna względem fibroblastów – 15-20 razy mniejsza niż formokrezolu. Niemal natychmiast tworzy silne wiązania krzyżowe, w związku z czym jego penetracja do tkanek okolicznych jest minimalna w porównaniu z formokrezolem. Nie przenika też do tkanek okołowierzchołkowych i przyzębia. Najlepsze właściwości antybakteryjne prezentuje przy stężeniu 2%, pH = 8,5 (zasadowe). Badania porównujące działanie glutaraldehydu z formokrezolem dowodzą, że nie powoduje on martwicy i w mniejszym stopniu uszkadza tkanki okołowierzchołkowe. Glutaraldehyd jest środkiem niestabilnym, działającym do 30 dni od momentu aplikacji. Niestety niewiele jest długoczasowych badań porównujących oba środki lecznicze. Na Uniwersytecie Medycznym w Łodzi przeprowadzono badania 600 zębów trzonowych mlecznych u dzieci w wieku 3-7 lat. 104 zęby leczono tradycyjną metodą z zastosowaniem formokrezolu, 156 – glutaraldehydu i 340 – siarczanu żelaza. Badania kontrolne prowadzono przez 4 lata od leczenia. Zaobserwowano sukces leczniczy w przypadku 88,4% pacjentów leczonych formokrezolem, 98,07% – glutaraldehydem oraz 94,7% z zastosowaniem siarczanu żelaza (37-41) (tab. 1).

Tabela 1. Porównanie wyników badań odnośnie sukcesów klinicznych i radiologicznych dla formokrezolu i materiałów alternatywnych na podstawie publikacji wykorzystanych w pracy.

Autor	Czas obserwacji (miesiące)	Formokrezol		Siarczany żelaza		MTA		Ca(OH) <sub>2</sub>		Elektrokoagulacja		Laser	
		Sukces klin.	Sukces rad.	Sukces klin.	Sukces rad.	Sukces klin.	Sukces rad.	Sukces klin.	Sukces rad.	Sukces klin.	Sukces rad.	Sukces klin.	Sukces rad.
Fuks i wsp. 1997 (28, 35, 55)	6-24	84%	73%	93%	75%								
Waterhouse i wsp. 2000 (42)	22	84%	84%					84%	84%				
Eidelman i wsp. 2001 (28)	6-30	93%	93%	100%	100%								
Dean i wsp. 2002 (44)	5	100%	92%							96%	84%		
Agamy i wsp. 2004 (25)	24	90%	90%	szary	szary	szary	szary						
				80%	85%	80%	85%						
Farsi i wsp. 2005 (39)	24	90%	87%	100%	100%								
Huth i wsp. 2005 (41)	24	96%	85%	100%	86%			87%	53%				Er:YAG 93% 78%
Naik i Hegde 2005 (26)	6			100%									
				(60% przebarwienie korony klin.)									
Liu i wsp. 2006 (49, 50)	6-64	86%	78%										Nd:YAG 97% 94%
Odabaş i wsp. 2007 (51)	12	90%	90%										Nd:YAG 86% 71%
Bagrololoomi i wsp. 2008 (45)	9	100%	97%							96%	84%		
Moretti i wsp. 2008 (29)	3-24	100%	100%	100%	100%			64%	64%				
Noorollahian 2008 (38)	24	100%	100%	100%	94%								
Sonmez i wsp. 2008 (4)	24	77%	77%	87%	73%	87%	67%	69%	46%				
Brandl i wsp. (2010) (37)		88,4%		94,7%									
SUMA		91%	88%	90%	78%	95%	91%	76%	61%	96%	84%	92%	81%

## WODOROTLENEK WAPNIA – $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Od wielu lat używany jest do leczenia biologicznego ze względu na swoje właściwości biologiczne, antybakteryjne i odontotropowe (42). Do użycia wprowadzony przez Hermanna w 1930 roku i Zandera w 1939 roku. Jego stosowanie w leczeniu metodą amputacji miazgi zębów mlecznych jest ograniczone ze względu na zagrożenie resorpcją wewnętrzną.

## ELEKTROKOAGULACJA

Rezultatem stosowania elektrokoagulacji, podobnie jak w przypadku siarczynu żelaza, jest homeostaza, bez właściwości odontotropowych czy dezynfekujących. Dewitalizację miazgi korzeniowej uzyskuje się poprzez jej fizyczne uszkodzenie. Pulpotomia elektrochirurgiczna została po raz pierwszy wykonana przez Macka w 1957 roku. W 1976 roku Irving i Anderman opublikowali pracę odnośnie użycia elektrokoagulacji w odontopediatrii. Metoda ta polega na zastosowaniu prądu zmiennego o wysokiej częstotliwości, efekt termiczny używany jest do niszczenia lub podziału tkanki żywej. W pulpotomii wykorzystuje się jego zdolności koagulacyjne oraz elektrofulgurację. Do zalet tej metody należą: łatwość aplikacji i krótki czas operacyjny; jest ona wolna od pozabiegowych dolegliwości i niesie ze sobą minimalne ryzyko perforacji dna komory. Jej wadą jest natomiast ryzyko przegrzania okolicznych tkanek i konieczność posiadania adekwatnego sprzętu oraz wyszkolonego do pracy tą metodą personelu. Aby uniknąć przegrzania tkanek, należy postępować zgodnie z zaleceniami. W świetle dostępnych danych skuteczność elektrokoagulacji jest zbliżona do amputacji z formokrezolem (43-45). Na Uniwersytecie w Granadzie w 2006 roku przebadano 29 dzieci – po roku obserwacji skuteczność radiologiczna wyniosła 91,3% dla dzieci leczonych formokrezolem i 95,8% w przypadku zastosowania elektrokoagulacji. Skuteczność kliniczna dla grupy z formokrezolem wyniosła 95,7 i 100% w przypadku elektrokoagulacji (45). Jednak brakuje dokładniejszych i długoczasowych badań nad skutkami i skutecznością tej metody, szczególnie w aspekcie realnych zmian histologicznych zachodzących w pozostałej miazdze korzeniowej pod wpływem zastosowania elektrokoagulacji.

## LASER

W przypadku zastosowania lasera o wysokiej energii oczekujemy nie tylko szybkiej homeostazy, jak w przypadku elektrokoagulacji, ale również sterylizacji i stymulacji regeneracji tkanki miazgowej (2, 23, 25, 26). Laser powoduje powstanie powierzchniowej warstwy martwicy poprzez koagulację, oddzielając pozostałą, żywą część miazgi od środowiska zewnętrznego. W niewielkim stopniu działa również przeciwbólowo i przeciwzapalnie. Niektórzy badacze podkreślają właściwości przyspieszające regenerację i gojenie powstałej rany miazgi po zastosowaniu lasera w pulpotomii – jego zdolność wpływu na metabolizm komórkowy i proliferację fibroblastów. Laser stymuluje

dentynogenezę. Jego największą korzyścią dla miazgi jest zdolność do modyfikacji struktury krystalicznej – restrukturyzacja i rekrytalizacja szkliwa, cementu i zębiny. Niektórzy autorzy zaobserwowali powstanie mostu zębinowego poniżej miejsca zastosowania lasera, inne badania tego nie potwierdzają. Obecnie w użyciu są lasery wysokoenergetyczne ( $\text{CO}_2$ , Er:YAG, Nd:YAG, argon) (46, 47). Skuteczność kliniczna amputacji wykonywanej laserem jest wysoka i podobna do rezultatów obserwowanych po zastosowaniu formokrezolu. Lepsze wyniki zaobserwowano po zastosowaniu lasera Nd:YAG. W 1997 roku Santucci użył lasera do koagulacji, łącząc go z cementem szkło-jonomerowym do pokrycia miazgi (46). Po 6 miesiącach obserwacji uzyskano pozytywne wyniki w 90% przypadkach. Rok później podobne efekty uzyskali Mortiz i wsp. – 89 i 93% po roku i dwóch latach obserwacji, w porównaniu z grupą kontrolną leczoną wodorotlenkiem wapnia – 68 i 66% (47). Histologicznie w zębach leczonych za pomocą lasera obserwuje się obszar obrzęku i naciek komórek zapalnych charakterystycznych dla zapalenia przewlekłego i ostrego poniżej warstwy martwicy, na całej długości miazgi, obecny po 28, jak i po 90 dniach od leczenia. Odontoblasty pozostają nietknięte. Istnieje korelacja między wielkością zaobserwowanego stanu zapalnego a użytą energią (48-54).

## INNE

Istnieją doniesienia o użyciu w leczeniu biologicznym zębów mlecznych ZnO z eugenolem (ZOE), kości liofilizowanej, BMPs, białka z rodziny  $\beta$ -1 oraz wzbogaconego koncentratu kolagenu. Stosuje się również materiały biologiczne polepszające i przyspieszające gojenie się miazgi, tj. mrożoną kość suchą, allogeniczną matrycę zębiny pozbawioną antygenów, kość allogeniczną z białkami i roztworem kolagenu, fibrynę bogatopłytkową. Pozwala to na odbudowę ubytków kostnych, minimalizując proces zapalny i przyspieszając proces gojenia. Użycie białek morfogenetycznych kości wraz ze wzbogaconym koncentratem kolagenu w pulpotomii zębów zwierzęcych nie spowodowało depozycji tkanek mineralnych w miejscu zastosowania preparatu, a w badaniu radiologicznym pooperacyjnym wykryto zmiany okołowierzchołkowe. Leczenie biologiczne z użyciem kolagenu posiada natomiast dość wysoki stopień niepowodzeń (55). Wytworzenie mostu zębinowego po zastosowaniu kości liofilizowanej obserwuję się w 100% leczonych zwierzęcych zębów trzonowych, badanie późniejsze wykazało natomiast obecność stanu zapalnego w zębach leczonych tą metodą. Wiele badań udowadnia, że ZOE prowokuje przewlekłe reakcje zapalne, podrażnia okoliczne tkanki okołokorzeniowe i wpływa na proces fizjologicznego wyrzynania się zębów stałych. Zasada stosowania fibryny bogatopłytkowej opiera się na rewaskularyzacji miazgi, umożliwieniu dalszego wzrostu i rozwoju korzeni niecałkowicie ukształtowanych zębów (apeksyfikacji) oraz wygojeniu zmian zapalnych w tkankach okołowierzchołkowych. Regeneracja miazgi możliwa jest dzięki zastosowaniu komórek macierzystych. W badaniach zaobserwowano wytworzenie się w kanale

tkanki cementopodobnej, kościopodobnej oraz zbliżonej do ożębnej, a w niewielu przypadkach – tkanki budową zbliżoną do miazgi. Wymagane są dalsze szczegółowe badania nad preparatem i jego skutecznością ze względu na niewielką, jak do tej pory, ilość badań przeprowadzonych wśród ludzi (56). Rozumiejąc rolę TGF- $\beta$  w naprawie tkanek zęba (zębina reparacyjna, sklerotyczna) oraz rolę i potencjał komórek macierzystych, można tłumaczyć nowoczesne kierunki i rozwiązania dla biologicznego leczenia zębów mlecznych. Wymienione substancje nie są jednak stosowane w codziennej praktyce klinicznej (57-59).

## WNIOSKI

Podsumowując, obecnych jest wiele metod pokrycia miazgi korzeniowej po usunięciu miazgi komorowej (pulpotomii) w leczeniu uzębienia mlecznego (60). W przedstawionych pracach zademonstrowano porównywalną do użycia formokrezolu skuteczność aldehydu glutarowego, MTA, siarczanu żelaza, elektrokoagulacji czy amputacji miazgi za pomocą lasera. Alternatywą o mniejszej skuteczności okazał się wodorotlenek wapnia (tab. 1). Częściej jednak niż w innych przypadkach po jego zastosowaniu dochodzi do powikłania w postaci resorpcji wewnętrznej. Wyniki ba-

dań naukowych podają MTA jako najlepszą alternatywę dla formokrezolu. Jego zalety to:

- sukces kliniczny i radiologiczny bliski 100% po dwóch latach od leczenia,
- wysoka biokompatybilność i mniejsza cytotoksyczność,
- wysoka szczelność i mały mikroprzeciek,
- efekt antybakteryjny dla niektórych szczepów bakteryjnych fakultatywnych,
- niska rozpuszczalność,
- higroskopijność i możliwość pracy w środowisku wilgotnym,
- brak wpływu na zawiązki zębów stałych.

Używając MTA, należy mieć na względzie inne zmienne, takie jak: wiek pacjenta, obecność zawiązka zęba stałego, status socjoekonomiczny. Brakuje badań obserwujących długoczasowe skutki stosowania wyżej wymienionych preparatów jako środków alternatywnych dla formokrezolu w pulpocie w zębach mlecznych. Formokrezol nadal więc pozostaje złotym standardem, a sukces leczniczy oparty jest nie tylko na rodzaju użytego preparatu, ale i na właściwej diagnostyce, kwalifikacji zęba do leczenia biologicznego oraz na umiejętnościach operatora.

## ADRES DO KORESPONDENCJI

\*Anna Węglarz  
Klinika Stomatologii Dziecięcej,  
Zakład Stomatologii Dziecięcej WUM  
ul. Miodowa 18, 03-802 Warszawa  
tel.: +48 660-526-456  
handh.ana@gmail.com

## PIŚMIENNICTWO

1. Herman K, Składnik-Jankowska J, Fita K: Current view on pulpotomy in primary teeth pulp diseases treatment dent. *Med Probl* 2010; 47(2): 230-235.
2. Barańska-Gachowska M: Endodoncja wieku rozwojowego i dojrzałego. Wydawnictwo Czelej, Lublin 2004.
3. Cameron A, Widmer R: Stomatologia dziecięca. Wyd. II, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013.
4. Sonmez D, Sari S, Cetinbaş T: A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. *J Endod* 2008; 34(8): 950-955.
5. Walker LA, Sanders BJ, Jones JE et al.: Current trends in pulp therapy: a survey analyzing pulpotomy techniques taught in pediatric dental residency programs. *J Dent Child* 2013; 80(1): 31-35.
6. Ranly DM: Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. *Pediatr Dent* 1994; 16(6): 403-409.
7. Bala Prasanna Kumar C: Pulpotomy in primary teeth. A review. *J IADS* 2011; 2: 29-31.
8. Biondi AM, Cortese SG, Ortolani A et al.: Pulpotomías en molares primarios. *Revista de la Facultad de Odontología (UBA)* 2008; 23(54/55): 13-17.
9. Sweet CA: Treatment for deciduous teeth with exposed pulps. *Mich St Dent J* 1937; 19: 13.
10. Nunn JH, Smeaton I, Gilroy J: The development of formocresol as a medicament for primary molar pulpotomy procedures. *J Dent Child* 1996; 63(1): 51-53.
11. Roberts JF: Treatment of vital and non-vital primary molar teeth by one-stage formocresol pulpotomy: clinical success and effect upon age of exfoliation. *Int J Pediatr Dent* 1996; 6: 111-115.
12. Dunston B, Coll JA: A survey of primary tooth pulp therapy as taught in US dental schools and practiced by diplomates of the American Board Of Pediatric Dentistry. *Pediatr Dent* 2008; 30(1): 42-48.
13. Srinivasan V, Patchett C, Watwehause RJ: Is there life after buclleys formocresol. Part I: A narrative review of alternative interventions and materials? *International J Pediatr Dent* 2006; 16: 117-127.
14. Srinivasan V, Patchett C, Watwehause RJ: Is there life after buclleys Formocresol. Part II: Development of a protocol for the management of extensive caries in the primary molar. *International J Pediatr Dent* 2006; 16: 199-206.
15. Amorin L, Toledo O, Estrela C et al.: Antimicrobial analysis of different root canal filling pastes used in pediatric dentistry by two experimental methods. *BBraz Dent J* 2006; 17(4): 317-322.
16. Coll J, Josell S, Nassof S et al.: An evaluation of pulpal therapy in primary incisors. *The American Academy of Pediatric Dentistry* 1998; 10(3): 178-185.
17. Wrzyszczyk-Kowalczyk A, Pregiel B: Leczenie endodontyczne

zapaleń miazgi w zębach mlecznych. *Dent Med Probl* 2002; 39(2): 289-292. **18.** Méndez Blanco VM, Alvarez Congost C, Alvarez Brasa C: Pulpotomías en la dentición decidua: buscando alternativas. *Odontología Pediátrica* 1995; 4(3): 145-149. **19.** Herman K, Składnik-Jankowska J, Fita K: Obecne poglądy dotyczące leczenia amputacyjnego chorób miazgi zębów mlecznych. *Dent Med Probl* 2010; 47(2): 230-235. **20.** Ketley CE, Goodman JR: Formocresol toxicity: is there a suitable alternative for pulpotomy of primary molars? *Int J Paediatr Dent* 1991; 1(2): 67-72. **21.** Willard MR: Radiographic changes following formocresol pulpotomy in primary molars. *J Dent Child* 1976; 43: 414-415. **22.** Strange D, Seale S, Nunn M, Strange M: Outcome of formocresol/ZOE sub-base pulpotomies utilizing alternative 138 radiographic success criteria. *Pediatr Dent* 2001; 23: 312-331. **23.** Lee SJ, Mehdi M, Torabinejad M: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endodontics* 1993; 19(11): 541-544. **24.** Łuczaj-Cepowicz E: MTA – właściwości i możliwości zastosowania klinicznego w stomatologii. *Przegląd literatury. Stom Współ* 2010; 17(4): 45-52. **25.** Agamy HA, Bakry NS, Mounir MF, Avery DR: Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and Formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent* 2004; 26: 302-309. **26.** Naik S, Hegde AM: Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: An *in vivo* study. *J Indian Soc Pedo Prev Dent* 2005: 13-16. **27.** Hernández HI, Mendoza AM, Corona JP: Estudio clínico de pulpotomía con agregado trióxido mineral en 58 molares primarios. *Oral* 2011; 37: 719-723. **28.** Eidelman E, Holgan G, Fuks AB: Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001; 23: 15-18. **29.** Moretti AB, Sakai VT, Oliveira TM et al.: The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. *Int Endod J* 2008; 41(7): 547-555. **30.** Maroto Edo M: Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, Madrid 2004 [tesis doctoral]. **31.** Maroto Edo M, Barbería Leache E, Vera González V, Salazar Velásquez L: Contrastada experiencia clínica, a largo plazo, en el uso del agregado trióxido mineral en pulpotomías de dientes temporales. *Ciencia* 2007; 177: 1-9. **32.** Maroto Edo M, Barbería Leache E, Planells del Pozo P: Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales: estudio piloto a quince meses. *RCOE* 2004; 9(1): 23-30. **33.** Dammaschke T, Gerth H, Zuchner H, Schaffer E: Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005; 21: 731-738. **34.** Contreras MF, Sáez S, Bellet LJ: Pulpotomías con MTA en molares primarios. *Dentum* 2007; 7(4): 168-174. **35.** Hernández HI, Trejo Tejeda SE, Parra RO et al.: Efectividad del Agregado Trióxido de Mineral (MTA) como apósito pulparde pulpotomías en molares primarios. *Facultad de Odontología, Ciencia UAT* 2008; 3: 68-71. **36.** Fuks AB, Eidelman E, Cleaton-Jones P: Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *J Dent Child* 1997; 64: 254-259. **37.** Brandl A, Daszkowska M, Hilt A, Wochna-Sobańska M: Retrospektywna, porównawcza ocena kliniczna wyników leczenia miazgi zębów mlecznych metodą pulpotomii za pomocą formokrezolu, aldehydu glutarowego i siarczanu żelaza. *Czas Stomatol* 2010; 63(1): 27-33. **38.** Noorollahian H: Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp medicaments for pulpotomies in primary molars. *Br Dent J* 2008; 14: 204-211. **39.** Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt A: Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2005; 29(4): 307-311. **40.** Zaror SC, Vergara GC, Déaz MJ, Aracena RD: Pulpotomías con sulfato ferrico y MTA en dientes primarios: serie de casos. *Int J Odontostomat* 2011; 5(1): 77-82. **41.** Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatar N et al.: Effectiveness of 4 pulpotomy techniques – randomized controlled trial. *J Dent Res* 2005; 84(12): 1144-1148. **42.** Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM: An investigation of the relative efficacy of Buckley's Formocresol and calcium hydroxide in primary molar vital pulp therapy. *Br Dent J* 2000; 188(1): 32-36. **43.** Anderman II: The use of electrosurgery in children's dentistry Indications for use of electrosurgery in pedodontics. *Dent Clin North Am* 1982; 26(4): 711-728. **44.** Dean JA, Mack RB, Fulkerson BT, Sanders BJ: Comparison of electrosurgical and formocresol pulpotomy in children. *Int J Pediatr Dent* 2002; 12(3): 177-182. **45.** Bahrololoomi Z, Moeintaghavi A, Emtiazi M, Hosseini G: Clinical and radiographic comparison of primary molars after formocresol and electrosurgical pulpotomy: a randomized clinical trial. *Indian J Dent Res* 2008; 19: 219-223. **46.** Caprioglio C, Olivi G, Genovese MD: Lasery

w stomatologii dziecięcej – perspektywa kliniczna. *Dental Tribune* 2011; 9: 10-15.

47. Pescheck A, Pescheck B, Moritz A: Pulpotomy of Primary Molars with the use of a carbon dioxide laser: results of a long-term in vivo study. *J Oral Laser Applications* 2002; 2(3): 165-169.

48. Sanchez Ortega J, Bolanos Cadmona MV, Gonzales Lopez S: Pulpotomias al formocresol y por electrofulguración en molares primarios: evaluación clínica y radiológica a doce meses en la facultad de Odontología. Granada 2006 [tesis doctoral].

49. Liu J, Chen L, Chao S: Laser pulpotomy of primary teeth. *Pediatr Dent* 1999; 21(2): 128-129.

50. Liu J: Effects of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars. *J Endo* 2006; 32: 404-407.

51. Odabaş ME, Bodur H, Barış E, Demir C: Clinical, radiographic and histopathologic evaluation of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary teeth. *J Endod* 2007; 33(4): 415-421.

52. Caprioglio C, Olivi G, Genovese MD: Lasery w stomatologii dziecięcej – perspektywa kliniczna. *Stomatol Dziecięca* 2011; 1: 14-24.

53. Elliot RD, Roberts HW, Burks J, Phillips C: Evaluation of the carbon dioxide laser on vital human primary pulp tissue. *Pediatr Dent* 1999; 21(6): 327-331.

54. Todea C, Kerezsi C, Balabuc C et al.: Pulp Capping – from Conventional to laser-assisted therapy (II). *J Oral Laser Applications* 2008; 8: 147-155.

55. Fuks AB, Jones PC, Michaeli Y, Bimstein E: Pulp response to collagen and glutaraldehyde in pulpotomized primary teeth of baboons. *Pediatr Dent* 1991; 13(3): 142-150.

56. Fadavi S, Anderson AW: A comparison of the pulpal response to freeze-dried bone, calcium hydroxide, and zinc-oxide eugenol in primary teeth in two cynomolgus monkeys. *Pediatr Dent* 1996; 18(1): 52-56.

57. Pazera R, Szczepańska J: Nowoczesna metoda leczenia martwicy miazgi w zębach z nieukształtowanym wierzchołkiem – rewaskularyzacja miazgi. Część I. *Nowa Stomatologia* 2014; 1: 37-40.

58. Nakashima M: The induction of reparative dentine in the amputated dental pulp of the dog by bone morphogenetic protein. *Arch Oral Biol* 1990; 35: 493-497.

59. Silva LA, Silva FW, Leonardo MR, Assed S: Radiographic evaluation of pulpal and periapical response of dogs' teeth after pulpotomy and use of recombinant human bone morphogenetic protein-7 as a capping agent. *J Dent Chil (Chic)* 2008; 75(1): 14-19.

60. Markovic D, Zivojinovic V, Vucetic M: Evaluation of three pulpotomy medicaments in primary teeth. *Eur. J Paediatr Dent* 2005; 6(3): 133-138.

nadesłano: 23.04.2015

zaakceptowano do druku: 01.06.2015