

RENATA PAZERA¹, MAGDALENA PIECHOTA-URBAŃSKA², PATRYCJA PROC³, JOANNA SZCZEPAŃSKA³

Metody leczenia endodontycznego zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzenia – rewaskularyzacja, 12-miesięczna obserwacja. Część II*

The methods of treatment of immature permanent teeth – revascularization, 12-months observation. Part II

¹Studia doktoranckie, Zakład Stomatologii Wieków Rozwojowego, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

²Zakład Farmacji Aptecznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

³Zakład Stomatologii Wieków Rozwojowego, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

KEYWORDS

revascularization, apexification, apexogenesis, MTA, tripleantibiotic paste

SUMMARY

Introduction. Apexogenesis is the process of shaping the root for 3 years after the appearance of the crown in the oral cavity. The condition for continuing this process is to preserve the vitality of the tooth. Injury, caries or disorders of the anatomical structure may cause necrosis or irreversible pulpitis. The assumption of endodontic treatment of immature permanent teeth is to create a mineralized barrier closing the lumen of the canal (apexification) or continuing the development of the root (revascularization). Regeneration of the pulpo-dentinal complex allows for the increase of root length, thickening of its walls and narrowing of the apical hole. This can be achieved by a new treatment method – revascularization. The advantage of this therapeutic method is to avoid all the defects arising after endodontic treatment with the use of apexification, i.e. tooth brittleness, susceptibility to root fracture, discoloration of the tooth tissue.

Aim. The aim of the study was to evaluate the modern method of treatment of necrosis or irreversible pulpitis in immature permanent teeth by revascularization in the aspect of tissue healing, regeneration of the pulp-dentinal complex, thickness growth and the length of the root walls.

Material and methods. The study was conducted among 7 children aged 7-12, including 3 girls and 2 boys. Revascularization was performed in 7 teeth. The study involved 6 central incisors and 1 premolars. During the treatment, polyurethane paste and MTA were used. The control group consisted of patients who were tested using MTA due to the inability to perform revascularization. 23 patients aged 7-13 were qualified to the control group. Control tests were carried out after 3, 6, 12 months after treatment. The clinical condition of the tooth and the radiological image were evaluated.

Results. Radiological examination was crucial in assessing the effectiveness of the revascularization procedure. It confirmed the decrease of periapical lesions, increase in root length, root wall thickness and closing of the apical hole. During the clinical examination, the subjective feelings of the patient, discoloration of the tooth's tissues, reaction to tapping, tooth mobility, depth of the gingival pocket, tenderness of the appendage and tightness of the final filling were controlled. The obtained results were compared with the control group.

Conclusions. Revascularization is a promising treatment for immature permanent teeth due to the increase in the length of the root and the thickness of its walls. As a result, the teeth after treatment are more durable and are better for long-term maintenance in the mouth. The procedure of revascularization has some limitations at the stage of patient's qualification for the procedure. If it is not possible to perform this procedure, the alternative is to apexify using MTA.

*Praca finansowana z projektu badawczego dla młodych naukowców i doktorantów UM w Łodzi nr 502-03/2-043-02/502-24-047.

WSTĘP

Apeksogeneza jest to proces kształtowania korzenia, który trwa 3 lata od momentu pojawienia się korony zęba w jamie ustnej. Proces ten stymulowany jest przez pochwękę Hertwiga, brodawkę zębową, cement korzeniowy, ozębnią oraz komórki macierzyste miazgi. Żywotność zęba jest warunkiem zainicjowania tego procesu. Zadziałanie w tym okresie czynnika szkodliwego, m.in. urazu lub próchnicy, może doprowadzić do uszkodzenia miazgi. Miazga niedojrzałego zęba, z uwagi na przewagę składników komórkowych, posiada duże zdolności regeneracyjne. Odpowiednie zaopatrzenie zęba, m.in. pokrycie pośrednie, bezpośrednie lub amputacja, umożliwia kontynuację procesu apeksogenezy (1-3).

Nieodwracalne zapalenie lub martwica miazgi wymagają całkowitego usunięcia jej z kanału, gdyż stanowi ona źródło zakażenia. Wśród proponowanych metod leczenia można wymienić apeksyfikację z wykorzystaniem MTA/wodorotlenku wapnia oraz rewaskularyzację. Celem ostatniej z wymienionych metod leczenia jest regeneracja kompleksu miazgowo-zębinowego i przywrócenie utraconej funkcji tkanek. Zaletami tej metody jest kontynuacja procesu rozwoju korzenia – wzrost długości i grubości ścian korzenia oraz zwężanie otworu wierzchołkowego (4, 5).

CEL PRACY

Celem pracy było przedstawienie wyników leczenia endodontycznego zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków metodą rewaskularyzacji po 12-miesięcznej obserwacji. Porównano wyniki alternatywnych metod leczenia endodontycznego zębów z niezakończonym rozwojem korzeni – apeksyfikacji i rewaskularyzacji.

MATERIAŁ I METODY

Do badań zakwalifikowano 27 pacjentów w wieku 7-13 lat, w tym 14 dziewczynek i 13 chłopców, którzy zgłosili się do Zakładu Stomatologii Wieku Rozwojowego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi celem leczenia endodontycznego niedojrzałych zębów stałych. Wśród przyczyn chorób miazgi można wymienić uraz lub próchnicę.

Czynnikami decydującymi o możliwości wykonania rewaskularyzacji były następujące: wiek pacjenta i szerokość otworu wierzchołkowego ≥ 1 mm, stan kliniczny zęba niewymagający odbudowy protetycznej, dobry stan ogólny pacjenta, dobra współpraca oraz nierozpoczęte wcześniej leczenie endodontyczne. Pacjentów niespełniających wymienionych wymogów zakwalifikowano do zabiegu apeksyfikacji z wykorzystaniem MTA.

Zgodnie z obowiązującymi standardami zabieg rewaskularyzacji wykonywano w osłonie koferdamu i rozpoczynano od wykonania zdjęcia radiologicznego obrazującego stan tkanek okołowierzchołkowych, kondycję korzenia oraz jego długość. Jedną z głównych zasad rewaskularyzacji jest nieopracowywanie mechaniczne kanałów korzeniowych. Opracowywanie chemicznie kanałów zębów polegało na przepłukiwaniu 5,25% NaOCl (przez 30 min z wymianą

plynu co 5 min) oraz aplikacji na okres 2-4 tygodni pasty poliantybiotykowej. Każdorazowo zarabiano ją *ex tempore* przed umieszczeniem w kanale zęba. W skład pasty wchodziły następujące antybiotyki: ciprofloksacyna, cefaklor, minocyklina w ilości 20 mg każdy. Odpowiednie ilości odmierzano na wadze laboratoryjnej i mieszano z podłożem celem uzyskania konsystencji kremowej. Makrogol i glikol propylenowy stanowiły podłoże dla pasty poliantybiotykowej, a przygotowywane były przez Zakład Farmacji Apektecznej w stężeniu 1 g/mL.

Brak dolegliwości bólowych zgłaszanych przez pacjenta umożliwił na kolejnej wizycie wykonanie kolejnego etapu – skrwawienia okolicy okołowierzchołkowej poprzez umieszczenie pilnika na głębokości 1 mm dłuższej niż długość robocza. Stabilizacja skrzepu trwała 15 min, po czym umieszczano na nim MTA. Po związaniu materiału odbudowywano ubytek materiałem kompozytowym. Zabieg apeksyfikacji w grupie kontrolnej wykonywano zgodnie z obowiązującymi standardami. Badania kontrolne przeprowadzono po 3, 6 i 12 miesiącach od zakończenia leczenia. Każdorazowo wykonywano zdjęcie radiologiczne wewnątrzustne. Zastosowano kryteria oceny wyszczególnione w tabeli 1.

Badania przeprowadzono zgodnie z zaleceniami Konwencji Helsińskiej po uzyskaniu zgody Lokalnej Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi – uchwała nr RNN/289/13/KE z dnia 19.11.2013 roku.

WYNIKI

W trakcie badania kontrolnego uwzględniano symptomy wynikające z wywiadu oraz wynik analizy zdjęcia radiologicznego. Nie odnotowano patologicznych objawów zgłaszanych przez pacjentów w żadnej z grup, tj. samoistnych dolegliwości bólowych, zwiększonej ruchomości zębów, dodatniej reakcji na opukiwanie, bolesności uciskowej wyrostka (tab. 2 i 3).

Umieszczenie MTA w okolicy szyjki zęba spowodowało, że przebarwienie po rewaskularyzacji pojawiło się w 5 przypadkach powyżej 1/3 korony zęba oraz w 2 przypadkach w rejonie szyjki zęba. Miejsce umieszczenia MTA w rewaskularyzacji stało się przyczyną odnotowania przebarwienia tkanek zęba w 100% przypadków. W grupie kontrolnej stwierdzono pojawienie się go w 3 z 24 przypadków. W dwóch pozostałych przypadkach przebarwienie leczonego zęba występowało już przed leczeniem (tab. 2 i 3).

Oceniając tkanki przyzębia wokół zębów, w których wykonywano apeksyfikację i rewaskularyzację, nie stwierdza się pogłębienia kieszeni dziąsłowych po przeprowadzonych zabiegach. Jednak pomimo wykonanego zabiegu rewaskularyzacji pierwotnie pogłębiona kieszonka dziąsłowa utrzymywała się w jednym przypadku z uwagi na uszkodzoną blaszkę kostną wyrostka w wyniku samego urazu. Wykonany instruktaż higieny doprowadził do zmniejszenia pierwotnie pogłębionych kieszonek w dwóch przypadkach. Również w grupie kontrolnej pierwotnie pogłębione kieszonki dziąsłowe wynikały z zaniedbań higienicznych bądź urazu (1 ząb – 1°), który był powodem

Tab. 1. Kryteria oceny

Kryterium oceny		Wynik		
Dolegliwości zgłaszane przez pacjenta	0 – brak	1 – ból przy nagryzaniu	2 – pojedynczy okresowo występujący epizod bólowy	3 – bóle samoistne
Przebarwienie tkanki zęba	0 – brak	1 – przebarwienie występujące przed leczeniem	2 – przebarwienie w okolicy szyjki zęba	3 – przebarwienie przekraczające 1/3 korony zęba
Reakcja na opukiwanie	0 – brak	1 – dodatnia reakcja na opukiwanie pionowe	2 – dodatnia reakcja na opukiwanie poziome	3 – dodatnia reakcja na opukiwanie pionowe i poziome
Ruchomość (wg skali Halla)	0 – ruchomość fizjologiczna	1 – ruchomość w łuku < 1 mm	2 – ruchomość w łuku \geq 1 mm, ale < 2 mm	3 – ruchomość w łuku \geq 2 mm i/lub w płaszczyźnie pionowej
Głębokość kieszonki dziąsłowej	0 – zdrowe przyzębie	1 – głębokość kieszonek nieprzekraczająca 3 mm	2 – głębokość kieszonek od 3,5 do 5,5 mm	3 – głębokość kieszonek \geq 6 mm
Bolesność uciskowa wyrostka	0 – brak	1 – niejednoznaczny, niepowtarzalny ból przy ucisku wyrostka	2 – bolesność uciskowa wyrostka o niedużym nasileniu	3 – bolesność uciskowa wyrostka o dużym nasileniu, widoczny stan zapalny w sklepieniu przedsionka
Szczelność wypełnienia kompozytowego/ odbudowy (wg skali Ryge'a)	0 – gładka powierzchnia wypełnienia, brak przebarwień i utraty ciągłości szczelności brzeżnej	1 – niewielka porowatość i powierzchowne uszkodzenie brzegu wypełnienia	2 – mocno porowate, przebarwione, uszkodzenie brzegu wypełnienia, odroczone wymiana	3 – utrata części wypełnienia, silne przebarwienie, próchnica wtórna
Charakterystyka zmian okołokorzeniowych	0 – brak zmian okołokorzeniowych	1 – zmniejszenie się zmian okołokorzeniowych	2 – nieogające się zmiany okołokorzeniowe	3 – postępujące/nowo powstałe zmiany okołokorzeniowe
Wytworzenie zmineralizowanej bariery	0 – brak	1 – most zębinowy nie przekracza 1/2 szerokości otworu wierzchołkowego	2 – most zębinowy przekraczający 1/2 szerokości otworu wierzchołkowego	3 – wyraźny most zębinowy w pełni zamykający otwór wierzchołkowy
Wzrost grubości ścian korzenia	0 – brak zmian	1 – zmiana szerokości światła kanału o 0,5-1 mm	2 – zmiana szerokości światła kanału o 1-1,5 mm	3 – zmiana szerokości światła kanału > 1,5 mm
Wzrost długości korzenia	0 – brak zmian	1 – wzrost długości korzenia o 0,5-1 mm	2 – wzrost długości korzenia o 1-1,5 mm	3 – wzrost długości korzenia > 1,5 mm

przeprowadzenia procedury apeksyfikacyjnej. Podane parametry pozostały niezmiennie w trakcie 12-miesięcznej obserwacji (tab. 2 i 3).

Rewaskularyzację wykonano w zębach, które początkowo charakteryzowały się: 3 zęby z ruchomością fizjologiczną, 2 zęby z ruchomością w łuku poniżej 1 mm, 1 ząb z ruchomością w zakresie \leq 1-2 > oraz 1 ząb z ruchomością w łuku \geq 2 mm lub w płaszczyźnie pionowej. Wygojenie zmian okołokorzeniowych i regeneracja blaszki kostnej pozwoliły na stabilizację zębów. Już w trakcie wizyty kontrolnej po 3 miesiącach odnotowano zmniejszenie ruchomości: 4 zęby z ruchomością fizjologiczną oraz 3 z ruchomością w łuku < 1 mm. W grupie kontrolnej wykazano, że 1 ząb z 26 utrzymał swoją zwiększoną ruchomość w zakresie \leq 1-2 >.

Znaczna poprawa nastąpiła w 3 przypadkach, w których już po 3 miesiącach od zakończonego leczenia zarejestrowano zmniejszenie ruchomości. W zębach z ruchomością fizjologiczną (20 przypadków) nie zauważono pogłębiania się kieszonek dziąsłowych. Odnotowane wyniki klasyfikowano według skali Halla (tab. 2 i 3).

Analizę szczelności odbudowy po zakończonym leczeniu przeprowadzono według skali Ryge'a. W każdym z przypadków pogorszenie stanu klinicznego wynikało z niedostatecznej higieny jamy ustnej. Już po 3 miesiącach od zakończonego leczenia jedno wypełnienie charakteryzowało się niewielką porowatością i powierzchownym uszkodzeniem brzegu wypełnienia. Na kolejnej wizycie kontrolnej po 12 miesiącach dodatkowo jeszcze jedno

Tab. 2. Apeksyfikacja – wyniki

Apeksyfikacja (26 zębów) przyczyna: uraz 21, próchnica 5 zębów				
Czas	0 M	3 M	6 M	12 M
Dolegliwości zgłaszane przez pacjenta	Pacjenci zgłaszali: ból samoistny, na nagryzanie, w trakcie spożywania pokarmów.		W każdym z przypadków nie odnotowano zgłaszania przez pacjentów dolegliwości bólowych w trakcie wizyt kontrolnych.	
Przebarwienie tkanki zęba	25 zębów – 0° 1 ząb – 1°	22 zęby – 0° 3 zęby – 2° 1 ząb – 3°	22 zęby – 0° 3 zęby – 2° 1 ząb – 3°	22 zęby – 0° 3 zęby – 2° 1 ząb – 3°
Reakcja na opukiwanie	3 zęby – 0° 17 zębów – 1° 4 zęby – 2° 3 zęby – 3°	W każdym z przypadków nastąpiła znaczna poprawa. Pacjenci nie zgłaszali dolegliwości na opukiwanie pionowe i poziome.		
Ruchomość (wg skali Halla)	20 zębów – 0° 2 zęby – 1° 4 zęby – 2°	21 zębów – 0° 4 zęby – 1° 1 ząb – 2°	22 zęby – 0° 3 zęby – 1° 1 ząb – 2°	22 zęby – 0° 3 zęby – 1° 1 ząb – 2°
Głębokość kieszonki dziąsłowej (głębokość)	25 zębów – 0° 1 ząb – 1° (< 1 mm – 20 zębów 1-2 mm – 5 zębów 3 mm – 1 ząb)	W każdym z przypadków nie stwierdza się zmian w zakresie głębokości kieszeni dziąsłowej w trakcie wizyt kontrolnych.		
Bolesność uciskowa wyrostka	18 zębów – 0° 3 zęby – 1° 5 zębów – 2°	21 zębów – 0° 5 zębów – 1°	26 zębów – 0°	26 zębów – 0°
Szczelność wypełnienia kompozytowego/ odbudowy (wg skali Ryge'a)	-----	26 zębów – prawidłowa struktura, barwa, przyleganie i retencja	4 zęby – lekko porowata powierzchnia, wymagane polerowanie	2 zęby – próchnica wtórna 1 ząb – częściowa utrata retencji
Charakterystyka zmian okołokorzeniowych	16 zębów – obecność zmian okołowierzchołkowych 10 zębów – brak zmian okołowierzchołkowych	16 zębów – 1° 10 zębów – 0°	16 zębów – 1° 10 zębów – 0°	26 zębów – 0°
Wytworzenie zmineralizowanej bariery	-----	21 zębów – 1° 5 zębów – 0°	24 zęby – 2° 2 zęby – 1°	26 zębów – 3°

Źródło: (6)

wypełnienie stało się mocno porowate, przebarwione z uszkodzonym brzegiem wypełnienia. Zbliżone wyniki uzyskano w grupie kontrolnej, w której po 6-miesięcznym okresie obserwacji zębów po apeksyfikacji zaobserwowano w 4 z 26 przypadków lekko porowatą powierzchnię wypełnienia wymagającą polerowania. Kolejno po 12 miesiącach zaistniała konieczność wymiany wypełnienia w 4 przypadkach (tab. 2 i 3).

Bolesność uciskowa wyrostka występowała u 6 pacjentów, a po przeprowadzonym zabiegu rewaskularyzacji nastąpiła znaczna poprawa. W trakcie badania kontrolnego po 6 miesiącach nie odnotowano reakcji na ucisk wyrostka w rzucie korzenia. Analizując stan tkanek okołowierzchołkowych reakcją na opukiwanie, zauważono, że w każdym

z przypadków grupy kontrolnej nastąpiła znaczna poprawa. Całkowite wygojenie zmian we wszystkich przypadkach nastąpiło po 12 miesiącach (tab. 2 i 3).

O powodzeniu rewaskularyzacji świadczy wzrost długości korzenia oraz grubości jego ścian. W trakcie badań kontrolnych zaobserwowano takie zjawisko w 5 przypadkach (ryc. 1). W pozostałych dwóch przypadkach odnotowano postępującą resorpcję zapalną, która prawdopodobnie wynikała z rozległości urazu oraz czasu jego zaopatrzenia. W grupie kontrolnej sukcesem leczniczym było zaobserwowanie wytworzenia zmineralizowanej bariery zamykającej światło korzenia (ryc. 2). Odnotowano to we wszystkich przypadkach po 12 miesiącach od zakończonego leczenia (tab. 2 i 3).

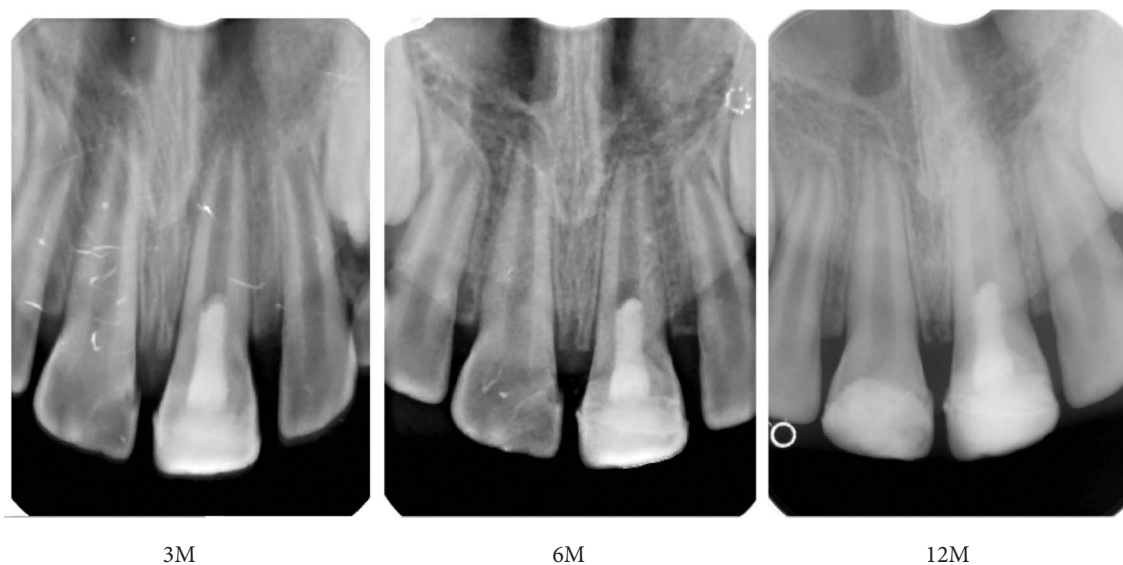
Tab. 3. Rewaskularyzacja – wyniki

Rewaskularyzacja (7 zębów) przyczyna: uraz 6, próchnica 1				
Czas	0 M	3 M	6 M	12 M
Dolegliwości zgłaszane przez pacjenta	3 zęby – 0° 3 zęby – 1° 1 ząb – 3°	W każdym z przypadków nie odnotowano zgłaszania przez pacjentów dolegliwości bólowych w trakcie wizyt kontrolnych.		
Przebarwienie tkanki zęba	5 zębów – 0° 2 zęby – 3°	5 zębów – 3° 2 zęby – 2°	5 zębów – 3° 2 zęby – 2°	5 zębów – 3° 2 zęby – 2°
Reakcja na opukiwanie	5 zębów – 3° 2 zęby – 1°	5 zębów – 0° 2 zęby – 1°	Znaczna poprawa. Ujemna reakcja na opukiwanie pionowe i poziome.	
Ruchomość (wg skali Halla)	3 zęby – 0° 2 zęby – 1° 1 ząb – 2° 1 ząb – 3°	4 zęby – 0° 3 zęby – 1°	4 zęby – 0° 3 zęby – 1°	4 zęby – 0° 3 zęby – 1°
Głębokość kieszonki dziąsłowej	6 zębów – 1° 1 ząb – 2°	2 zęby – 0° 4 zęby – 1° 1 ząb – 2°	2 zęby – 0° 4 zęby – 1° 1 ząb – 2°	2 zęby – 0° 4 zęby – 1° 1 ząb – 2°
Bolesność uciskowa wyrostka	4 zęby – 3° 2 zęby – 2° 1 ząb – 0°	5 zębów – 0° 2 zęby – 1°	7 zębów – 0°	7 zębów – 0°
Szczelność wypełnienia kompozytowego/ odbudowy (wg skali Ryge'a)	-----	6 zębów – 0° 1 ząb – 1°	6 zębów – 0° 1 ząb – 1°	5 zębów – 0° 1 ząb – 1° 1 ząb – 2°
Charakterystyka zmian okołokorzeniowych	7 zębów – obecność zmian okołowierzchołkowych	2 zęby – 0° 3 zęby – 1° 2 zęby – 3°*	7 zębów – 0°*	7 zębów – 0°*
Wzrost grubości ścian korzenia	-----	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*
Wzrost długości korzenia	-----	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*	5 zębów – 0° 2 zęby – -----*

*wystąpienie resorpcji zapalnej, prawdopodobnie jako skutek rozległego urazu ozębnej



Ryc. 1. Apeksyfikacja – obserwacja 12-miesięczna



Ryc. 2. Rewaskularyzacja – obserwacja 12-miesięczna

DYSKUSJA

Martwica lub nieodwracalne zapalenie miazgi są wskazaniami do leczenia endodontycznego. Usunięcie miazgi z niedojrzałych zębów stałych doprowadza do zahamowania apeksogenezy. W zależności od wieku pacjenta w chwili zadziałania czynnika uszkodzającego, ząb pozostaje w różnym stadium rozwoju. Wąskie ściany korzenia, szeroki kanał i otwór wierzchołkowy uniemożliwiają wyleczenie zęba metodami standardowymi. Wśród proponowanych metod wyróżnia się apeksyfikację i rewaskularyzację. Wodorotlenek wapnia, MTA, Biodentyne są materiałami wykorzystywanymi w apeksyfikacji. Założeniem tej metody jest wytworzenie zmineralizowanej bariery zamykającej otwór wierzchołkowy, ale procedura ta nie zapewnia kontynuacji rozwoju korzenia. Jak wynika z literatury, rewaskularyzacja jest nowoczesną metodą leczenia zębów niedojrzałych, która może doprowadzić do wzrostu długości korzenia i grubości jego ścian (4, 7).

O powodzeniu zabiegu świadczą: zmniejszające się zmiany okołowierzchołkowe na zdjęciach radiologicznych, brak dolegliwości bólowych zgłaszanych przez pacjenta, występowanie zmineralizowanych barier zamykających otwory wierzchołkowe i brak dolegliwości w wyniku opukiwania pionowego/poziomego. Parametry te uległy poprawie zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej. Właściwości przeciwbakteryjne i przeciwzapalne zastosowanych preparatów, m.in. wodorotlenek wapnia, MTA, pasta poliantybiotykowa, 5,25% NaOCl, umożliwiły wygojenie zmian okołokorzeniowych i usunięcie bakterii. Eldeniz i wsp. (8) podkreślił, że o zaletach MTA świadczy m.in. jego działanie przeciwbakteryjne.

Jedynie chemiczna komponenta opracowywania kanału korzeniowego, jak ma to miejsce w przypadku rewaskularyzacji, wymaga zastosowania wysokich stężeń środków użytych do tego celu. Większą skuteczność i lepszą penetrację NaOCl w wyższych stężeniach potwierdzają

w swoich badaniach Siqueira i wsp. (9). Dyskusyjnym stała się przeżywalność kluczowych dla metod regeneracyjnych komórek macierzystych po zastosowaniu takich preparatów. Badania Trevino i wsp. (10) potwierdzają przeżywalność komórek macierzystych brodawki wierzchołkowej w 74% po zastosowaniu 6% NaOCl, 17% EDTA, 6% NaOCl. W trakcie badania zachowano szczególne środki ostrożności podczas przepłukiwania kanału podchlorynem sodu, m.in. powolne wprowadzanie płynu do kanału zęba, osłona koferdamem. Metoda rewaskularyzacji jest jeszcze w trakcie badań, choćby ze względu na konieczność dopracowania stężenia NaOCl, które zapewni optymalny proces gojenia.

Doniesienia Ring i wsp. (11), o niewystarczającym działaniu NaOCl jako pojedynczego środka przeciwbakteryjnego (mała objętość i niestabilność cząstek płynu), skutkuje zastosowaniem dodatkowego środka odkażającego – pasty poliantybiotykowej. Według Bystrom i Sundqvist (12) redukcja liczebności bakterii przy zastosowaniu NaOCl wynosi tylko 40-60%. Pierwotny skład pasty poliantybiotykowej zawierał: minocyklinę, metronidazol i ciprofloksacynę. W niektórych badaniach zastąpiono minocyklinę cefaklorem, który nie przebarwia tkanki zęba i nie działał antyangiogenicznie (13). Badacze problemu rewaskularyzacji przedstawiają różne propozycje stężeń tych antybiotyków. Twórcy pasty poliantybiotykowej, Hoshino i Takushige, udowodnili redukcję liczby bakterii o prawie 99%, wykorzystując stężenie pasty 20 µg/mL (14). Stało się to przedmiotem dalszych badań, w których zaproponowano stężenia – 25 lub 39 µg/mL (13). Ustalając zawartość poszczególnych składników pasty, zwrócono uwagę na działanie bakteriobójcze przy minimalnym efekcie cytotoksycznym. W niniejszych badaniach każdorazowo pasta poliantybiotykowa była zarabiana *ex tempore* w stężeniu 20 mg/mL. Wybór tego stężenia wynikał z opublikowanych danych (15) i z doświadczenia recepturowego Zakładu Farmacji Aptecznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Brak dolegliwości zgłaszanych przez

pacjentów i gojenie się zmian okołowierzchołkowych widocznych na zdjęciach radiologicznych świadczyły o powodzeniu dezynfekcji jamy zęba, a więc właściwym doborze stężenia antybiotyków.

Trudność w każdorazowym przygotowaniu pasty poliantybiotykowej skłaniała wielu badaczy do poszukiwania alternatywnych środków. Z uwagi na dużą dostępność proponowano zastosowanie wodorotlenku wapnia lub formokrezolu w metodach regeneracyjnych (16, 17). Badania Bose i wsp. (18) udowodniły powodzenie rewaskularyzacji zarówno po zastosowaniu wodorotlenku wapnia, jak i pasty poliantybiotykowej. Natomiast inne badania donoszą o destrukcyjnym wpływie wodorotlenku wapnia na komórki macierzyste z uwagi na wysokie pH tego preparatu. Dodatkowo udowodniono wzrost kruchości ścian korzenia po zastosowaniu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ z uwagi na jego właściwości higroskopijne i proteolityczne (19, 20).

Kolejnym etapem rewaskularyzacji jest skrwawienie okolicy okołowierzchołkowej. Szerokość otworu wierzchołkowego korzenia wpływa na możliwość powodzenia skrwawienia tego obszaru. Według dostępnego piśmiennictwa, minimalna szerokość, przy której dochodzi do napływu krwi do kanału zęba, wynosi 1 mm (21). W przeprowadzonym badaniu zaobserwowano wprost proporcjonalną zależność między szerokością otworu wierzchołkowego a łatwością wykonania rewaskularyzacji. Podjęto nieudaną próbę skrwawienia okolicy okołowierzchołkowej u jednego pacjenta z 0,9-mm szerokością otworu wierzchołkowego. Wyniki obecnych badań potwierdzają dane z literatury o minimalnej 1-mm szerokości otworu wierzchołkowego w chwili uszkodzenia zęba, która warunkuje podjęcie się zabiegu rewaskularyzacji.

Skrwawienie polegało na podrażnieniu tej okolicy pilnikiem endodontycznym. Z uwagi na możliwe dolegliwości bólowe poprzedzono ten etap wykonaniem znieczulenia. Do znieczulenia podczas przeprowadzania skrwawienia zalecane są preparaty bez środków naczyniozężających, np. Mepidont 3%, które nie wpłynęłyby negatywnie na organizację skrzepu (22). W trakcie przeprowadzonych badań, pomimo znieczulenia pacjenci zgłaszali jednak minimalne, krótkotrwałe dolegliwości bólowe. Celem skrwawienia okolicy okołowierzchołkowej było wytworzenie stabilnego skrzepu stanowiącego rusztowanie dla czynników wzrostu i komórek macierzystych. Poszukiwania alternatywnych preparatów dla skrzepu polegały na zastosowaniu m.in. żeli kolagenowych/alginatowych czy włókien kwasu poliglikolowego. Niedostateczne efekty po zastosowaniu wymienionych środków potwierdziły wyższość naturalnego skrzepu (23). Jedynie zastosowanie fibryny bogatopłytkowej (ang. *platelet rich fibrin* – PRF) pozwoliło uzyskać oczekiwane efekty. Dodatkowo udowodniono, że PRF stymuluje komórki macierzyste w kierunku odontoblastów (24).

W celu skrwawienia okolicy okołowierzchołkowej umieszczano pilnik na długość dłuższą o 1 mm od długości roboczej, co prowokowało krwawienie. Kolejno,

po 15 minutach potrzebnych na wytworzenie skrzepu, wykonywano kondensację na nim MTA. Po tym czasie nie dochodziło już do zapadania się MTA pod wpływem ciężaru własnego ustabilizowanego skrzepu. Wiązanie MTA w warunkach wilgotnych zapewniała wilgotna watka umieszczana każdorazowo na 24 godziny – czas wiązania 4-6 godzin. W przeprowadzonym badaniu opatrunkiem zakładanym między wizytami był materiał szkło-jonomerowy dla uzyskania idealnej szczelności.

Zaletami wykonywanych zabiegów rewaskularyzacji są także skrócenie czasu leczenia i zmniejszenie liczby wizyt. Wynikiem tego jest mniejszy odsetek złamań zębów, a z uwagi na brak konieczności wielokrotnej wymiany opatrunków wewnątrzkanałowych mniejsze ryzyko reinfekcji kanału zęba. Dodatkowo pacjenci nie zniechęcali się do leczenia i zgłaszali się według ustalonego schematu w trakcie jego trwania. Zdjęcia radiologiczne wykonywane w trakcie badań kontrolnych dowodzą o wzroście grubości ścian i zamykaniu się otworów okołowierzchołkowych w wyniku stosowania tej procedury. Zgodne jest z wynikami innych badań, np. Wigler i wsp. (23) oraz Wang i wsp. (24), którzy twierdzą, że w większości wypadków powstaje tkanka zbliżona do ozębnej, kości, cementu. Tłumaczą to wprowadzeniem do kanału zęba odpowiednich komórek macierzystych z okolicy okołowierzchołkowej oraz charakterystycznych stymulujących morfogenów.

Z piśmiennictwa wynika, że zabieg rewaskularyzacji z wykorzystaniem MTA umożliwia zakończenie leczenia w krótszym okresie czasu, z lepszymi wynikami kliniczno-radiologicznymi, m.in. w postaci grubszego i bardziej zorganizowanego mostu zębinowego, w porównaniu z wodorotlenkiem wapnia. Własne badania potwierdziły także, że zastosowany skuteczny protokół leczenia zębów niedojrzałych powodował każdorazowe wygojenie się zmian okołowierzchołkowych, bez kolejno występujących powikłań oraz że regeneracja kompleksu miążsgowo-zębinowego umożliwiła dalszy wzrost długości korzenia i grubości jego ścian, zwiększając szanse na długotrwałe utrzymanie zęba w jamie ustnej.

Natomiast wadami zabiegu rewaskularyzacji są: niepowtarzalność pomiarów wykonanych na zdjęciach radiologicznych ze względu na brak możliwości powtórzenia tej samej projekcji zdjęcia i obrania identycznych punktów pomiaru; brak możliwości oceny żywotności zregenerowanej tkanki w kanale zęba z uwagi na jej umiejscowienie poniżej połączenia szklino-cementowego; małe grupy badane w związku ze specyficznością wskazań do zabiegu.

W przeprowadzonym badaniu zaobserwowano postępującą resorpcję zapalną w 2 zębach, w których wykonano rewaskularyzację. Z uwagi na duży uraz okolicy tych zębów u pacjenta nie można było jednoznacznie stwierdzić, czy przyczyną powstałej resorpcji był uraz czy powikłanie rewaskularyzacji. Czynnikiem wywołującym postępującą zapalną resorpcję zewnętrzną jest mechaniczne/chemiczne uszkodzenie powierzchni korzenia. Zwichnięcie całkowite i intruzja są statystycznie najczęściej obciążone ryzykiem

resorpcji zapalnej lub wymiennej. Odpowiednie postępowanie wdrożone bezpośrednio po urazie ma zasadniczy wpływ na powodzenie leczenia i uniknięcie powikłań, w tym resorpcji. W przypadku zwichnięcia całkowitego należy szybko wprowadzić ząb stały do zębodołu lub przechowywać do tego czasu w odpowiednim medium, m.in.: ślina, mleko, fizjologiczny roztwór soli, roztwór Hanksa. Duży zakres uszkodzenia tkanek przyzębia z brakiem możliwości samoistnej regeneracji czy infekcja są przyczyną postępującej resorpcji, pomimo prowadzonego leczenia. Alobaid i wsp. (1) wyodrębnili w swoich badaniach grupę pacjentów po ciężkich urazach. Potwierdzili w ten sposób, że resorpcja po wykonanej rewaskularyzacji może wynikać z siły urazu i niewłaściwego zaopatrzenia zęba po tym zdarzeniu (25-28). Apeksyfikacja z wykorzystaniem MTA, która stanowiła grupę kontrolną, nie skutkowała wystąpieniem powikłań, m.in. resorpcji, w żadnym z leczonych przypadków.

Leczenie zębów w strefie estetycznej wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na ich wygląd po zakończonym leczeniu.

Wadą stosowanego materiału MTA jest przebarwienie tkanek zęba po jego zastosowaniu. Próby poprawy efektu estetycznego obejmowały: zastosowanie wersji White MTA, umieszczenie poniżej korony klinicznej, dokładne oczyszczenie komory zęba. W przeprowadzonym badaniu zaobserwowano przebarwienie koron zębów zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej. Według Chang (29) odpowiedzialnym za występowanie przebarwienia jest żelazo, którego jest zdecydowanie mniej w wersji White MTA.

WNIOSKI

1. Rewaskularyzacja jest obiecującą metodą leczenia niedojrzałych zębów stałych z uwagi na wzrost długości korzenia i grubości jego ścian. W efekcie zęby po leczeniu są bardziej wytrzymałe i lepiej rokują na długotrwałe utrzymanie w jamie ustnej.
2. Zabieg rewaskularyzacji posiada pewne ograniczenia na etapie kwalifikacji pacjenta do zabiegu. W przypadku braku możliwości wykonania tego zabiegu alternatywą jest apeksyfikacja z wykorzystaniem MTA.

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

ADRES DO KORESPONDENCJI

Joanna Szczepańska
Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ul. Pomorska 251, 92-213 Łódź
tel.: +48 (42) 675-75-16
joanna.szczepanska@umed.lodz.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Alobaid AS, Cortes LM, Lo J et al.: Radiographic and clinical outcomes of the treatment of immature permanent teeth by revascularization or apexification: a pilot retrospective cohort study. *J Endod* 2014; 40(8): 1063-1070.
2. Chen Yu-Po, del Mar Jovani Sancho M, Sheth CC: Is revascularization of immature permanent teeth an effective and reproducible technique? *Dent Traumatol* 2015; 31: 429-436.
3. Olczak-Kowalczyk D, Szczepańska J, Kaczmarek U: Współczesna stomatologia wieku rozwojowego. Wyd. 1. Med. Tour Press International, Otwock 2017.
4. Bastone EB, Freer TJ, McNamara JR: Epidemiology of dental trauma: A review of the literature. *Aust Dent J* 2000; 45: 2-9.
5. Sheehy EC, Roberts GJ: Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J* 1997; 11: 241-246.
6. Pazera R, Piechota-Urbańska M, Proc P, Szczepańska J: Metody leczenia endodontycznego zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzenia – apeksyfikacja, 12-miesięczna obserwacja. Część I. *Med Rodz* 2017; 3: 192-197.
7. Shabahang S: Treatment Options: Apexogenesis and Apexification. *JOE* 2013; 3(39): 26-29.
8. Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoglu H, Orstawi D: Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *J Endod* 2006; 4(32): 345-349.
9. Siqueira JF, Batista MM, Fraga RC, Uzeda M: Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod* 1998; 24(6): 414-416.
10. Trevino EG, Patwardhan AN, Henry MA et al.: Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips. *J Endod* 2011; 37(8): 1109-1115.
11. Ring KC, Murray PE, Namerow KN et al.: The comparison of the effect of endodontic irrigation on cell adherence to root canal dentin. *J Endod* 2008; 34(12): 1474-1479.
12. Bystrom A, Sundqvist G: The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985; 18(1): 35-40.
13. Namour M, Theys S: Pulp Revascularization of Immature Permanent Teeth: A Review of the Literature and a Proposal of a New Clinical Protocol. *Sci World J* 2014; 2014: 1-9.
14. Hoshino E, Takushige T: LSTR 3Mix-MP method-better and efficient clinical procedures of lesion sterilization and tissue repair (LSTR) therapy. *Dent Rev* 1998; 666: 57-106.

15. Arabska-Przedpeńska B, Pawlicka H: Współczesna endodoncja w praktyce. Wyd. 1. Bestom DENTOnet.pl, Łódź 2011.
16. Shah N, Logani A, Bhaskar U, Aggarwal V: Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. *J Endod* 2008; 34(8): 919-925.
17. 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.
18. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves KA: Retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *JOE* 2009; 35(10): 1343-1349.
19. Banchs F, Trope M: Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004; 30(4): 196-200.
20. Neha K, Kansal R, Garg P et al.: Management of immature teeth by dentin – pulp regeneration – a recent approach. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011; 16(7): 997-1004.
21. Pazera R, Szczepańska J: Nowoczesna metoda leczenia martwicy miazgi w zębach z nieukształtowanym wierzchołkiem – rewaskularyzacja miazgi. Część II. *Nowa Stomatol* 2014; 1: 37-40.
22. Rehman ST, Rana MJ, Mujtaba M, Khan AA: Revascularization: a review of the previous literature and clinical use of two different types of intracanal medicaments. *Pak Oral Dental J* 2015; 3(35): 513-518.
23. Wigler R, Kaufman AY, Lin S et al.: Revascularization: A Treatment for Permanent Teeth with Necrotic Pulp and Incomplete Root Development. *JOE* 2013; 3(39): 319-326.
24. Wang X, Thibodeau B, Trope M et al.: Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2010; 36(1): 56-63.
25. Kowalczyk K, Wójcicka A, Iwanicka-Grzegorek E: Resorpcja zewnętrzna twardych tkanek zęba i kości wyrostka zębodołowego – patomechanizm powstawania. *Nowa Stomatol* 2011; 4: 170-174.
26. Fuss Z, Tsesis I, Lin S: Root resorption – diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol* 2003; 19(4): 175-182.
27. Fortuniak A, Szczepańska J: Późna replantacja zęba siecznego stałego – opis przypadku. *Poradnik Stomatol* 2008; 3(77): 69-72.
28. Marczuk-Kolada G, Łuczaj-Cepowicz E, Sołtysiuk I et al.: Leczenie wybitych siekaczy górnych stałych – opis dwóch przypadków. *Nowa Stomatol* 2005; 2: 70-74.
29. Chang SW: Chemical characteristics of mineral trioxide aggregate and its hydration reaction. *Restor Dent Endod* 2012; 37(4): 188-193.

nadesłano: 22.01.2018

zaakceptowano do druku: 12.02.2018