

POTENCJALNA MOŻLIWOŚĆ APEKSYFIKACJI I REGENERACJI MIAZGI W NIEDOJRZAŁYCH ZĘBACH STAŁYCH – PREZENTACJA DWÓCH PRZYPADKÓW KLINICZNYCH

PRACA RECENZOWANA

Streszczenie: Leczenie zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzeni i z martwą miazgą w dalszym ciągu stanowi duże wyzwanie kliniczne. Apeksyfikacja, która jest metodą powszechnie stosowaną w leczeniu tych przypadków, skutkuje zamykaniem się otworu wierzchołkowego tkanką zmineralizowaną, najczęściej w takim samym stadium rozwoju korzenia, w jakim był na początku leczenia.

W ostatnim czasie do praktyki klinicznej wprowadzono procedury z zakresu endodoncji regeneracyjnej, które wykorzystują mezenchymalne komórki macierzyste wierzchołkowej części brodawki zębowej, różnorodne rusztowania podtrzymujące i czynniki wzrostu, zgodnie z zasadami bioinżynierii tkankowej. Rewaskularyzacja pozwala na prawidłowy rozwój korzeni niedojrzałych zębów stałych z martwą miazgą.

Celem pracy jest opisanie protokołu apeksyfikacji i rewaskularyzacji w oparciu o własne przypadki kliniczne.

Abstract: The treatment of immature permanent teeth with necrotic pulp is still a major challenge in dentistry. Apexification, which is a commonly applied method in the treatment of such cases, results in the closing of the apical foramen with mineralised tissue, most frequently at the same stage of root development as at the onset of the therapy. Regenerative endodontic procedures, which involve the use of mesenchymal stem cells from apical papilla, various forms of supporting scaffolding and growth factors, have been introduced to clinical practice in recent times, in accordance with the principles of tissue bioengineering. Revascularisation enables correct development of roots in immature permanent teeth with pulp necrosis. The main aim of this article is to describe the protocol of apexification and revascularisation based on own clinical cases.

Słowa kluczowe: apeksyfikacja, mezenchymalne komórki macierzyste, regeneracja tkanek, leczenie endodontyczne

Key words: apexification, mesenchymal stem cells, tissue regeneration, endodontic treatment

lek. dent. Bartłomiej Górski¹, dr n. med. Katarzyna Brus-Sawczuk², dr n. med. Michał Sobczak³

¹ Zakład Chorób Błony Śluzowej i Przyzębia,
Instytut Stomatologii, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Renata Górka

² Zakład Stomatologii Zintegrowanej, Instytut Stomatologii,
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Kierownik: dr hab. n. med. Izabela Strużycka

³ Prywatna praktyka stomatologiczna AN54 w Warszawie

**Adres korespondencyjny,
mailing address:**

lek. dent. Bartłomiej Górski
Zakład Chorób Błony Śluzowej
i Przyzębia IS WUM

ul. Miodowa 18, 00-246 Warszawa

tel.: (22) 831 21 36

e-mail: śluzowki@o2.pl

Wstęp

Dane epidemiologiczne dotyczące częstości występowania urazowych uszkodzeń zębów stałych są rozbieżne. Na podstawie piśmiennictwa można wnioskować, że ich frekwencja waha się od 2,6% do 35%, a najczęściej urazom ulegają zęby stałe z niezakończonym rozwojem wierzchołka korzenia między 7. a 15. rokiem życia [1–3]. W przypadku 50% zębów stałych po urazie dochodzi do martwicy miazgi [4]. Leczenie endodontyczne zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzeni stwarza duże trudności – ze względu na uwarunkowania anatomiczne (cienkie ściany korzenia, szerokie otwory wierzchołkowe).

Apeksyfikacja

Konwencjonalną metodą leczenia zębów stałych z martwą miazgą i z niezakończonym rozwojem korzeni jest apeksyfikacja przy użyciu wodorotlenku wapnia – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lub MTA (ang. *mineral trioxide aggregate*). Doniesienia wskazują na to, że użycie $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pozwala na osiągnięcie sukcesu w 95% przypadków, jednak wymaga to wielu wizyt, czas formowania zmineralizowanej bariery wynosi od 3 do 24 miesięcy, a sam materiał zmienia właściwości mechaniczne zębiny (podłożem zmian są procesy destrukcyjne włókien kolagenowych) [5, 6]. Ponadto korzenie zębów poddanych apeksyfikacji przy użyciu wodorotlenku wapnia pozostają cienkie i są bardziej podatne na złamanie [7]. Procedura kliniczna trwa długo, co jest szczególnie traumatyzujące w przypadku młodych pacjentów. Ponadto badania naukowe wykazują, iż w trakcie leczenia endodontycznego ze środowiska jamy ustnej do światła kanałów korzeniowych dostaje się wiele gatunków mikrobiota wchodzących w skład biofilmów bakteryjnych

(potencjalnie przetrwała infekcja). Dlatego według współczesnych źródeł i zgodnie z zasadą stomatologii opartej na faktach należy ograniczać liczbę wizyt do niezbędnego minimum [8].

Preparatem obecnie polecanym w procedurze apeksyfikacji jest cement MTA, który pozwala na utworzenie bariery wierzchołkowej w postępowaniu jednoetapowym. Procedura taka skraca czas leczenia i daje lepsze wyniki niż zastosowanie $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pozwalając na uzyskanie sukcesu terapeutycznego w 94% przypadków [9, 10]. Trzeba jednak pamiętać, że korzenie zębów po apeksyfikacji przy użyciu MTA również pozostają cienkie i mogą być bardziej podatne na złamanie [11, 12].

Regeneracja miazgi

Regeneracyjna technika endodontyczna (ang. *regenerative endodontic technique* – RET) dotyczy zębów stałych z niezakończonym rozwojem wierzchołków korzeni i jest procedurą zatwierdzoną przez Amerykańskie Towarzystwo Stomatologiczne (ADA) jako rewaskularyzacja. W przeciwieństwie do apeksyfikacji, rewaskularyzacja umożliwia nie tylko prawidłowy rozwój korzeni, ale także odtworzenie czynnościowo funkcjonalnej tkanki miazgopodobnej. Niestety, obecnie regeneracja miazgi dojrzałych zębów stałych nie jest osiągalna ze względu na ograniczone drogi zaopatrzenia tej tkanki w substancje odżywcze (otwór wierzchołkowy) [13]. Iohara i wsp. [14] uzyskali regenerację kompleksu miazgowo-zębinowego w zębach poddanych pulpektomii na modelu zwierzęcym przy użyciu autogennych komórek macierzystych miazgi, implantowanych z czynnikiem stymulującym wzrost kolonii granulocytów (ang. *granulocyte colony stimulating factor* – G-CSF).

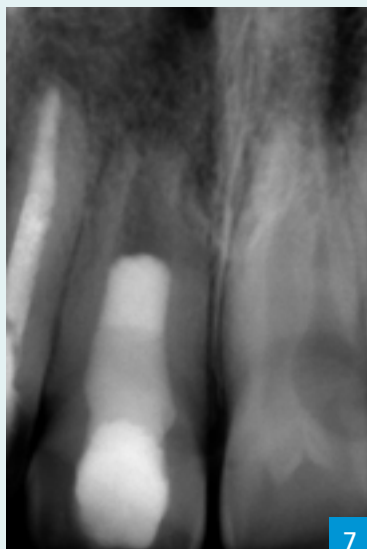
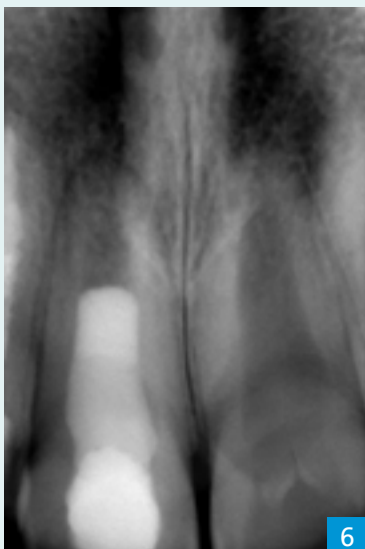
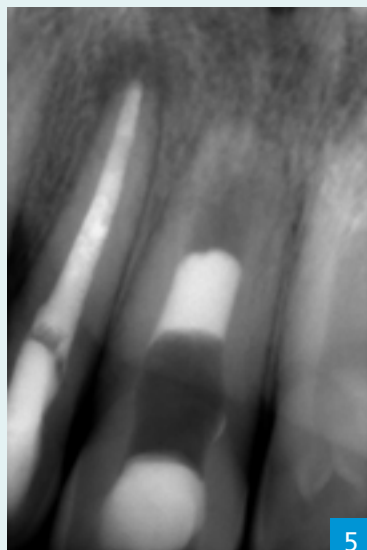
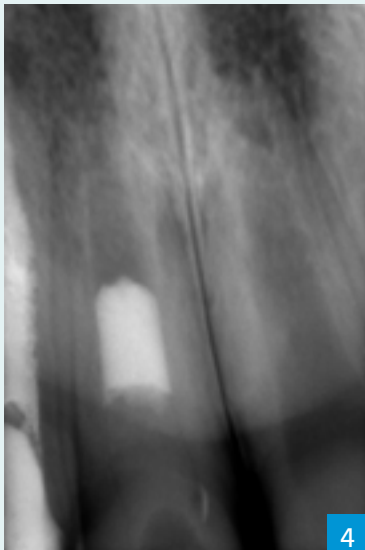
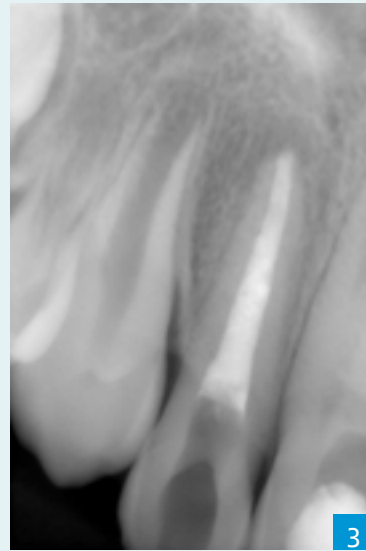
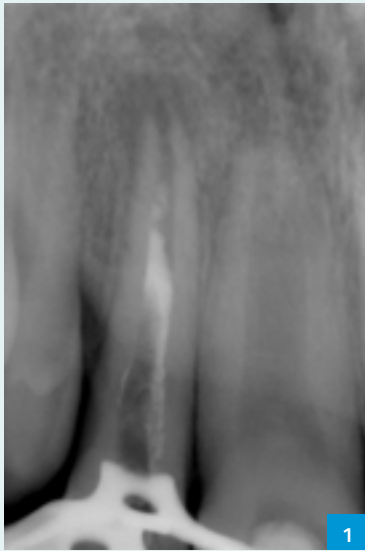
POTENTIAL POSSIBILITY OF APEXIFICATION AND REGENERATION OF DENTAL PULP IN IMMATURE PERMANENT TEETH – PRESENTATION OF TWO CLINICAL CASES

Introduction

Epidemiological data concerning the prevalence of traumatic damage of permanent teeth vary. Based on the literature, one may conclude that the frequency of occurrence of traumatic damage oscillates from 2.6% to 35% and it affects most often permanent teeth with unfinished apical development of a root between the age of 7 and 15 [1–3]. Pulp necrosis is observed in 50% of permanent teeth after a trauma [4]. An endodontic therapy of permanent teeth with incomplete development of root apices is highly difficult due to anatomical conditions (thin root walls, wide apical foramina).

Apexification

Apexification with the use of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (calcium hydroxide) or MTA (mineral trioxide aggregate) is one of the conventional methods of treating permanent teeth affected by pulp necrosis and with incomplete development of roots. Reports indicate that the use of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ makes it possible to achieve success in 95% of cases; however, this requires many appointments, while the time of mineralised barrier formation takes from 3 to 24 months and the very material changes the mechanical properties of dentin (destructive processes of collagen fibres are the basis of such changes) [5, 6]. Moreover, roots of the teeth subject to apexification using calcium hydroxide remain thin and are more susceptible to breaking [7]. The clinical procedure is long, which is particularly traumatic in the case of younger patients. Additionally, scientific research shows that during endodontic treatment many species of microbiota, which form a bacterial biofilm (potentially persistent infection), get from the oral environment to the lumen of root canals. Therefore, according to contemporary sources and based on the principles of evidence-based dentistry, the number of appointments needs to be limited to an absolute minimum [8]. MTA cement is presently a recommended product used in the procedure of apexification as it enables to create an apical barrier during a single-stage procedure. Such a procedure shortens the time of treatment and provides better results as compared to the use of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, allowing to achieve therapeutic success in 94% of cases [9, 10]. However, it is important to remember that roots of teeth after apexification using MTA also remain thin and may be more susceptible to breaking [11, 12].



Ryc. 1. Obraz radiologiczny zębów 12 i 11. Korzenie zębów Rc Ao. W okolicy wierzchołka korzenia zęba 12 przejaśnienie świadczące o przewlekłym stanie zapalnym tkanek okołowierzchołkowych.

Ryc. 2. Wytworzenie bariery wierzchołkowej z materiału Pro Root™ MTA w zębie 12.

Ryc. 3. Dopełnienie kanału w zębie 12 gutaperką (*back fill*) z uszczelniaczem AH Plus.

Ryc. 4, 5. Kontrola radiologiczna ułożenia cementu Pro Root™ MTA na skrzepie i gąbce kolagenowej.

Ryc. 6. Kontrolne badanie radiologiczne zębów po 3 miesiącach.

Ryc. 7. Kontrolne badanie radiologiczne po 12 miesiącach od zabiegu.

Fig. 1. Radiological image of teeth 12 and 11. Roots of teeth Rc Ao. Translucence in the vicinity of root apex in tooth 12, which indicates chronic inflammation of periapical tissues.

Fig. 2. Formation of the apical barrier with Pro Root™ MTA in tooth 12.

Fig. 3. Obturation of the canal in tooth 12 with gutta-percha (*back fill*) and AH Plus sealant.

Fig. 4, 5. Radiological control of Pro Root™ MTA placement on the clot and collagen sponge.

Fig. 6. Radiological follow-up of the teeth after 3 months.

Fig. 7. Radiological follow-up 12 months after the procedure.

SCAP proliferowały i różnicowały się w kierunku dojrzałych fenotypowo komórek miazgi i komórek przypominających odontoblasty, które odkładały zębinę.

SCAP proliferated and differentiated into mature pulpal cells and cells resembling odontoblasts, which then covered dentin.

Protokół rewaskularyzacji po raz pierwszy został opisany przez Banchsa i Tropego w 2004 roku [15]. Schemat postępowania przedstawiono w tabeli I. Kanał korzeniowy był dezynfekowany przy użyciu 5,25% roztworu podchlorynu sodu bez instrumentacji, następnie na 28 dni do kanału aplikowano pastę antybiotykową zawierającą ciprofloksacynę, minocyklinę i metronidazol (ang. *triple antibiotic paste* – TAP). Podczas kolejnej wizyty z kanału usuwano antybiotyki i wywoływano krwawienie z tkanek okołowierzchołkowych, dzięki czemu powstawało swoiste rusztowanie (płaszczyzna przylegania – ang. *scaffold*) umożliwiające migrację i proliferację komórek macierzystych z wierzchołkowej części brodawki zębowej (ang. *stem cells from apical papilla* – SCAP). Nad zorganizowanym skrzepem krwi zakładano barierę z MTA i wypełnienie stałe. SCAP proliferowały i różnicowały się w kierunku dojrzałych fenotypowo komórek miazgi i komórek przypominających odontoblasty, które odkładały zębinę. Jednak badania naukowe wykazały, że wysokie stężenia roztworów NaOCl zmniejszają przeżycie i potencjał proliferacyjny SCAP, a także denaturują obecne w zębinie czynniki wzrostu, przede wszystkim transformujący czynnik wzrostu β (ang. *transforming growth factor* β – TGF- β) [16–18]. Niedogodność tę pozwala wyeliminować zastosowanie 17% roztworu EDTA [19–21]. TAP o oryginalnym składzie okazała się być cytoto-

yczna dla mezenchymalnych komórek macierzystych [22]. Takushige i wsp. [23] udowodnili, że stężenie antybiotyków wynoszące 0,1 mg/ml (= 100 μ g/ml) jest biogodne oraz zapewnia skuteczny efekt przeciwbakteryjny. W związku z powyższym Diogenes i wsp. [24] – na podstawie przeglądu piśmiennictwa – zmodyfikowali procedurę rewaskularyzacji. Należy pamiętać, aby nie używać narzędzi endodontycznych na żadnym etapie rewaskularyzacji, oprócz konieczności indukcji krwawienia.

Przypadki kliniczne

Przypadek 1

Na rycinach 1–8 przedstawiono przypadek 10-letniego pacjenta, u którego najprawdopodobniej na skutek wgłobienia tkanek doszło do powikłania w postaci martwicy miazgi w zębach 12 i 11 (ryc. 1). W pierwszym etapie leczenia, po usunięciu martwych tkanek, kanał w zębach 12 i 11 zostały wypełnione pastą Ca(OH)₂. Następnie w zębie 12 przeprowadzono procedurę jednoetapowej apeksyfikacji, z wytworzeniem bariery z materiału Pro Root™ MTA (Maillefer, Dentsply, Szwajcaria), (ryc. 2, 3). Pozostałą część kanału wypełniono gutaperką iniekcyjną z uszczelniaczem AH Plus (Dentsply DeTrey, Niemcy).

Ze względu na bardzo szeroki otwór wierzchołkowy (o średnicy ponad 1,5 mm), w zębie 11 zdecydowano o przeprowadzeniu procedury RET, zgodnie z zalece-

Pulp regeneration

The regenerative endodontic technique (RET) is applied in the case of permanent teeth with incomplete development of root apices and is a procedure approved by the American Dental Association (ADA) as revascularisation. As opposed to apexification, revascularisation enables not only correct development of roots, but also allows recreating a functional pulp-like tissue. Unfortunately, at present, pulp regeneration of mature permanent teeth is not achievable due to limited ways of supplying this tissue with nutrients (apical foramen) [13]. Iohara et al. [14] obtained regeneration of the dentin-pulp complex in the teeth subject to pulpectomy on an animal model using autogenous pulpal stem cells, implanted with the granulocyte colony stimulating factor (G-CSF). The protocol of revascularisation was described for the first time by Banchs and Trope in 2004 [15]. The scheme of the procedure is presented in table I. The root canal was disinfected using 5.25% sodium hypochlorite solution without instrumentation; afterwards, an antibiotic paste with ciprofloxacin, minocycline and metronidazole (the so-called triple antibiotic paste, TAP) was applied into the canal for 28 days. During the next visit, the antibiotics were removed from the canal and bleeding from periapical tissues was induced, which made it possible to create specific scaffold (plane of adherence), enabling migration and proliferation of stem cells from apical papilla (SCAP). A barrier with MTA and a permanent filling were placed above the blood clot. SCAP proliferated and differentiated into mature pulpal cells and cells resembling odontoblasts, which then covered dentin.

However, scientific research revealed that high concentration of NaOCl solutions reduced the survival rate and proliferative potential of SCAP as well as denatured the growth factors found in dentin, among others the transforming growth factor β (TGF- β) [16–18]. It was possible to eliminate this inconvenience by applying 17% EDTA solution [19–21]. TAP of an original composition turned out to be cytotoxic for mesenchymal stem cells [22]. Takushige et al. [23] proved that the concentration of antibiotics totalling 0.1 mg/ml (= 100 μ g/ml) was biocompatible and guaranteed the required antibacterial effect. Therefore, Diogenes et al. [24], based on a literature review, modified the revascularisation procedure. Note that endodontic instruments must not be used during any stage of revascularisation, besides the necessity to induce bleeding.



8

Ryc. 8. Wewnątrzustny obraz kliniczny zębów rok po leczeniu.



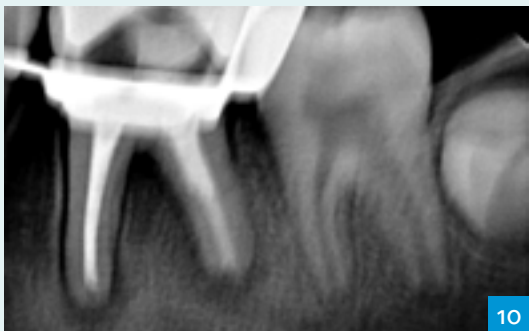
9

Ryc. 9. Zdjęcie zębowe zęba 46 po wykonaniu trwałej bariery w kanałach.

Ryc. 10. Zdjęcie zębowe zęba 46 po wypełnieniu kanałów korzeniowych.

Ryc. 11. Zdjęcie zębowe zęba 46 po 3 miesiącach od wypełnienia kanałów korzeniowych.

Ryc. 12. Zdjęcie pantomograficzne wykonane po 12 miesiącach od zakończenia leczenia endodontycznego zęba 46.



10

Fig. 8. Intraoral clinical picture one year after the treatment.

Fig. 9. Picture of tooth 46 after completion of the permanent barrier in the canals.

Fig. 10. Picture of tooth 46 after obturation of the root canals.

Fig. 11. Picture of tooth 46 taken 3 months after obturation of the root canals.

Fig. 12. Pantomographic picture taken 12 months after the end of the endodontic treatment of tooth 46.



11



12

niami postępowania regeneracyjnego opisanego powyżej z wykorzystaniem TAP. Jednak w tym konkretnym przypadku minocyklinę zastąpiono klindamycyną. Po uzyskaniu skrzepu w świetle kanału pokryto go gąbką kolagenową oraz materiałem Pro Root™ MTA, a podczas kolejnej wizyty dostęp do kanału zamknięto stałym wypełnieniem (ryc. 4, 5). Kontrolne badania RVG przeprowadzono po 3, 6 i 12 miesiącach od zabiegu jednoetapowej apeksyfikacji oraz RET, uzyskując sukces kliniczny i radiologiczny w obu zębach (ryc. 6–8).

Przypadek 2

Kolejny przypadek to przykład nieudanej apeksyfikacji przeprowadzonej w przebiegu wielowizytowego leczenia. Leczenie zęba 46 z nieodwracalnym zapaleniem miazgi u 9-letniej pacjentki rozpoczęto w 2009 roku. Początkowo do światła kanału zakładano wodorotlenek wapnia, jednak wskutek wielokrotnego otwierania (i wysięku – z wywiadu przeprowadzonego z matką dziewczynki), a także kilkukrotnej utraty wypełnienia czasowego doszło do wytworzenia się zmian w tkankach okołowierzchołkowych. Prawdopodobnie zabieg wymiany wodorotlenku wapnia zamieniono na różne antyseptyki zakładane do światła kanału na zmianę z wodorotlenkiem wapnia. Leczenie (łącznie 36 wizyt!) trwało 4 lata bez pozytywnego rezultatu, co stanowi przykład absolutnie niecelowego przedłużania leczenia. Pacjentka trafiła po tym czasie na leczenie specjalistyczne. Otwory wierzchołkowe były bardzo szerokie – nie doszło do zamknięcia wierzchołka lub proces zapalny spowodował wtórnie resorpcję. W trakcie jednej wizyty opracowano kanały z wykorzystaniem systemu SAF (RedentNova, Izrael), używając około 8 min × 4 ml na min 5,25%

roztworu podchlorynu sodu na każdy kanał. Po uzyskaniu czystości założono trwałą barierę z MTA, a podczas kolejnej wizyty dopełniono gutaperką iniekcyjną (ryc. 9, 10). Kontrola kliniczna i radiologiczna po 3 i 12 miesiącach od zakończenia leczenia wskazywały na prawidłowo przebiegające procesy gojenia (ryc. 11, 12).

Wnioski

Apeksyfikacja jest standardowym postępowaniem w zębach z niedojrzałym wierzchołkiem, nie zawsze jednak uzyskuje się odpowiednie pogrubienie ścianek zębiny.

Endodoncja regeneracyjna jest kolejnym etapem na drodze ku regeneracji utraconych w wyniku zapalenia miazgi i jej następowego obumarcia w stałych zębach niedojrzałych. Procedura ta wykorzystuje założenia bioinżynierii tkankowej i jako alternatywa dla apeksyfikacji umożliwia nie

tylko prawidłowy rozwój korzeni, ale także odtworzenie czynnościowo funkcjonalnej tkanki miazgopodobnej. Kluczową kwestią, która determinuje wyniki kliniczne, jest prawidłowa kwalifikacja przypadków.

1. *Praca w redakcji: 26.03.2015*
2. *Praca po recenzji: 04.11.2015*
3. *Praca skierowana do druku: 29.12.2015*

Piśmiennictwo References:

1. Andreassen J.O., Ravn J.J.: Epidemiology of traumatic dental injuries to primary and permanent teeth in Danish population sample. *Int. J. Oral Surg.*, 1972, 1, 5: 235–239.
2. Petti S., Tarsitani G.: Traumatic injuries to anterior teeth in Italian schoolchildren: prevalence and risk factors. *Endod. Dent. Traumatol.*, 1996, 12, 6: 294–297.
3. Forsberg C.M., Tedestam G.: Traumatic injuries to teeth in Swedish

Clinical cases

Case 1

Figures 1–8 present a case of a 10-year-old boy who suffered from complications in the form of pulp necrosis in teeth 12 and 11 as a result of tissue herniation (fig. 1). During the first stage of treatment, after removing dead cells, the canals in teeth 12 and 11 were filled with Ca(OH)₂ paste. Then, the procedure of single-stage apexification was performed in tooth 12, with the formation of a barrier from Pro Root™ MTA (Maillefer, Dentsply, Switzerland), (fig. 2, 3). The remaining part of the canal was filled with injected gutta-percha and AH Plus sealant (Dentsply DeTrey, Germany). Owing to a very wide apical foramen (diameter exceeding 1.5 mm), a decision was made to perform the RET procedure in tooth 11 based on the recommendations of the regenerative technique as described above, with the use of TAP. However, in this particular case, minocycline was replaced with clindamycin. The clot formed in the lumen of the canal was covered with a collagen sponge and Pro Root™ MTA, and access to the canal was closed with a permanent filling during the next appointment (fig. 4, 5). Control RVG examinations were carried out 3, 6 and 12 months after the single-stage procedure

Pierwsza pomoc	First aid
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znieczulenie miejscowe bez adrenaliny, założenie koferdamu, dostęp do kanału korzeniowego, ustalenie długości roboczej. 2. Delikatne płukanie kanału korzeniowego 3–6% roztworem NaOCl (20 ml/kanał), a następnie 0,12% roztworem glukonianu chlorheksydyny (10 ml/kanał). 3. Osuszenie kanału sączkami papierowymi. 4. Szczelne zamknięcie wypełnieniem czasowym. 5. Przetoka, obrzęk, objawy kliniczne – antybiotyki: amoksycylina – 500 mg lub klindamycyna – 150 mg. 6. Skierowanie do specjalisty. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Topical anaesthesia without adrenaline, dental dam placement, access to root canal, determination of working length. 2. Gentle root canal irrigation with 3–6% NaOCl solution (20 ml/canal), followed by 0.12% chlorhexidine gluconate solution (10 ml/canal). 3. Canal drying with paper points. 4. Tight closing with temporary filling. 5. Fistula, oedema, clinical symptoms – antibiotic: amoxicillin – 500 mg or clindamycin – 150 mg. 6. Referral to a specialist.
Druga wizyta	Second visit
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wielokrotne płukanie 5,25% roztworem podchlorynu sodu i 0,12% roztworem glukonianu chlorheksydyny. 2. Delikatne osuszenie kanału sączkami papierowymi. 3. Aplikacja do kanału pasty antybiotykowej: ciprofloksacyna + metronidazol + minocyklina. 4. Watka, wypełnienie czasowe. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Multiple irrigation with 5.25% sodium hypochlorite solution and 0.12% chlorhexidine gluconate solution. 2. Gentle canal drying with paper points. 3. Application of antibiotic paste into the canal: ciprofloxacin + metronidazole + minocycline. 4. Cotton ball, temporary filling.
Wizyta po 28 dniach	Visit after 28 days
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znieczulenie miejscowe bez adrenaliny. 2. Płukanie 5,25% roztworem podchlorynu sodu. 3. Indukcja krwawienia poprzez przejście pilnikiem K 2 mm poza otwór wierzchołkowy. Kanał wypełnia się krwią 3 mm do granicy szkliwno-cementowej. 4. Uformowanie skrzepu krwi (około 15 minut). 5. Skrzep uformowany – aplikacja MTA (warstwa grubości 3 mm poniżej CEJ). 6. Wilgotna wata do komory, opatrunek czasowy. 7. Po 2 tygodniach sprawdzenie jakości związanego MTA, aplikacja cementu szkło-jonomerowego o grubości 3–4 mm. 8. Wypełnienie kompozytowe. 9. Ustalenie harmonogramu wizyt kontrolnych. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Topical anaesthesia without adrenaline. 2. Irrigation with 5.25% sodium hypochlorite solution. 3. Bleeding induction by means of passing a K file 2 mm outside apical foramen. The canal is filled with blood 3 mm from the cement-enamel junction. 4. Blood clot formation (approximately 15 minutes). 5. Clot formed – MTA application (layer thickness 3 mm below CEJ). 6. Moist cotton ball application into the chamber, temporary dressing. 7. After 2 weeks, verification of bound MTA quality, application of glass-ionomer cement (thickness 3–4 mm). 8. Composite filling. 9. Scheduling subsequent control appointments.

Tabela I. Originalny schemat rewaskularyzacji [15]. Table I. Original scheme of revascularisation [15].

- children living in an urban area. *Swed. Dent. J.*, 1990, 14, 3: 115–122.
4. Robertson A. i wsp.: Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of permanent incisors. *J. Endod.*, 1996, 22, 10: 557–560.
 5. Kerkis I. i wsp.: Isolation and characterization of a population of immature dental pulp stem cells expressing OCT-4 and other embryonic stem cell markers. *Cells Tissues Organs*, 2006, 184, 3–4: 105–116.
 6. Rosenberg G., Murray P.E., Name-row K.: The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent. Traumatol.*, 2007, 23, 1: 26–29.
 7. Cvek M.: Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha: a retrospective clinical study. *Endod. Dent. Traumatol.*, 1992, 8, 2: 45–55.
 8. Sathorn C., Parashos P., Messer H.H.: Effectiveness of single- versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Int. Endod. J.*, 2005, 38, 6: 347–355.
 9. Sarris S. i wsp.: A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children – a pilot study. *Dent. Traumatol.*, 2008, 24, 1: 79–85.
 10. El-Meligy O.A., Avery D.R.: Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr. Dent.*, 2006, 28, 3: 248–253.
 11. Ballesio I. i wsp.: Radiographic appearance of apical closure in apexification: follow up after 7–13 years. *Eur. J. Paediatr. Dent.*, 2006, 7, 1: 29–34.
 12. Felipe W.T., Felipe M.C., Rocha M.J.: The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int. Endod. J.*, 2006, 39, 1: 2–9.
 13. Mao J.J. i wsp.: Regenerative endodontics: barriers and strategies for clinical translation. *Dent. Clin. North Am.*, 2012, 56, 3: 639–649.
 14. Iohara K. i wsp.: A novel combinatorial therapy with pulp stem cells and granulocyte colony stimulating factor for total pulp regeneration. *Stem Cells Trans. Med.*, 2013, 2, 7: 521–533.
 15. Banchs F., Trope M.: Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J. Endod.*, 2004, 30, 4: 196–200.
 16. Okita K., Ichisaka T., Yamanaka S.: Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells. *Nature*, 2007, 448: 313–317.
 17. Trevino E.G. i wsp.: 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.
 18. Egusa H. i wsp.: Stem cells in dentistry – part I: stem cell sources. *J. Prosthodont. Res.*, 2012, 56, 3: 151–165.
 19. Galler K.M. i wsp.: Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J. Endod.*, 2011, 37, 11: 1536–1541.
 20. Lin P. i wsp.: Efficient lentiviral transduction of human mesenchymal stem cells that preserves proliferation and differentiation capabilities. *Stem Cells Transl. Med.*, 2012, 1, 12: 886–897.
 21. Caplan A.I.: Adult mesenchymal stem cells and the NO pathways. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2013, 110, 8: 2695–2696.
 22. Ruparel N.B. i wsp.: Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J. Endod.*, 2012, 38, 10: 1372–1375.
 23. Takushige T. i wsp.: Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *Int. Endod. J.*, 2004, 37, 2: 132–138.
 24. Diogenes A. i wsp.: An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic Topics*, 2013, 28, 1: 2–23.

Lista piśmiennictwa dostępna jest także w formie elektronicznej na stronie www.edentico.pl 

of apexification and RET, and a clinical and radiological success was achieved in both teeth (fig. 6–8).

Case 2

This case is an example of unsuccessful apexification conducted in the course of a multi-stage therapy. The treatment of tooth 46 with irreversible pulpitis in a 9-year-old female patient began in 2009. Initially, calcium hydroxide was applied in the lumen of the canal, however, as a result of multiple cases of opening (and exudate – based on an interview with the girl's mother), as well as due to several cases of temporary filling loss, lesions in periapical tissue developed. Presumably, the procedure of calcium hydroxide replacement was modified and various antiseptics were placed into the lumen of the canal interchangeably with calcium hydroxide. The therapy (36 appointments in total) lasted 4 years without any positive results, which is an example of absolutely pointless prolongation of treatment. After that time, the patient was referred to a specialist therapy. The apical foramina were very wide – the apex was not closed or the inflammation process caused secondary resorption. During one visit, the canals were prepared using the SAF system (RedentNova, Israel), with the application of 8 min × 4 ml per min of 5.25% sodium hypochlorite solution in each canal. Having achieved adequate cleanliness, a permanent barrier with MTA was placed and injected gutta-percha was added during the next visit (fig. 9, 10). Clinical and radiological control performed 3 and 12 months after the end of the therapy revealed correctly progressing healing processes (fig. 11, 12).

Conclusions

Apexification is a standard procedure in teeth with incomplete apices; however, appropriate thickening of dentin walls is not achieved in every case. Regenerative endodontics is another stage on the path to regeneration of the tissues lost as a result of pulpitis and pulp necrosis in immature permanent teeth. This procedure is based on the principles of tissue bioengineering and, as an alternative to apexification, enables not only correct development of roots, but also allows recreating a functional pulp-like tissue. The key issue which determines clinical effects is correct classification of cases.

Bartłomiej Górski DDS,
Katarzyna Brus-Sawczuk MD PhD,
Michał Sobczak MD PhD

Received: 26.03.2015

Revised: 04.11.2015

Accepted: 29.12.2015

The list of references is also available in an electronic form on www.edentico.pl 