

Root canal treatment of teeth with curved root canals*

Leczenie endodontyczne zębów z zakrzywionymi kanałami*

Katarzyna Olczak

Zakład Endodoncji, Katedra Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Polska
Department of Endodontics, Chair of Conservative Dentistry and Endodontics, Medical University of Lodz, Poland
Head: dr n. med. A. Palatyńska-Ulatowska

Abstract

Introduction. Endodontic treatment of curved root canals is usually difficult, time-consuming and associated with complications. In order to avoid failure, appropriate instrumentation and techniques are needed. In the course of treatment, it is necessary to properly shape and enlarge the coronal part of root canals. Instruments should be directly inserted into the canal in a straight line. Apical patency treatment should be applied and a glide path should be created before the final preparation of root canals. **Aim of the study.** To present cases of root canal treatment in teeth with curved root canals and to describe possible complications and methods for addressing more difficult problems occurring during preparation of curved root canals. **Materials and methods.** Cases of primary treatment and retreatment of root canals with a significant degree of curvature were examined. **Results.** Good results were obtained in all cases. Canals were formed according to their original morphology along the entire working length. **Conclusions.** Even canals which are significantly curved can be treated by adequate application of modern instrumentation with nickel-titanium files.

Streszczenie

Wprowadzenie. Leczenie endodontyczne zakrzywionych kanałów korzeniowych jest zwykle trudnym i czasochłonnym zabiegiem, podczas którego może dojść do wielu powikłań. Aby uniknąć niepowodzeń, należy stosować odpowiednie instrumentarium oraz techniki dedykowane opracowaniu kanałów zakrzywionych. W trakcie zabiegu należy m.in.: odpowiednio wypreparować poszerzenie ułatwiające i poszerzyć przykoronową część kanałów korzeniowych. Narzędzia powinny być wprowadzane do kanału w możliwie prostej linii. Koniecznie należy stosować zabieg apical patency, a przed ostatecznym opracowaniem kanałów stworzyć tzw. gładką ścieżkę. **Cel pracy.** Celem pracy jest przedstawienie przypadków leczenia endodontycznego zębów z zakrzywionymi kanałami korzeniowymi oraz opisanie powikłań i sposobów rozwiązywania problemów podczas opracowania kanałów o większym stopniu trudności. **Materiał i metody.** W pracy przedstawiono przypadki leczenia zębów z kanałami o znacznym stopniu krzywizny. Zaprezentowano przypadki pierwotnego, jak i powtórnego leczenia kanałowego. **Wyniki.** We wszystkich przypadkach uzyskano dobre wyniki leczenia. Kanały zostały ukształtowane zgodnie z ich pierwotną morfologią, na całej długości roboczej. **Wnioski.** Umiejętne stosowanie nowoczesnego instrumentarium, w tym niklowo-tytanowych narzędzi maszynowych, może doprowadzić do osiągnięcia sukcesu terapeutycznego również podczas leczenia kanałów o większym stopniu trudności, zakrzywionych.

KEYWORDS:

root canal preparation, endodontics, curved root canals

HASŁA INDEKSOWE:

leczenie endodontyczne, kanały zakrzywione, opracowanie kanałów korzeniowych

* Funded by 502-03/2-044-02/502-24-057.

* Źródło finansowania: 502-03/2-044-02/502-24-057.

Introduction

The success of endodontic treatment in the case of primary therapy is estimated at around 83%; however, the presence of inflammation in periapical tissues reduces the therapeutic success by approximately 10%. When teeth are endodontically retreated, the probability of procedural success is estimated at about 50-90%.^{1,2} There are various factors which affect successful root canal treatment, one of them being a precise chemo-mechanical preparation of canals and tight homogeneous sealing of the pulp cavity, both in the root and coronal portion.³ This task is even more difficult if anatomy of the pulp cavity is more complicated and root canal curvature is greater.⁴ According to *S.W. Schneider*, the degree of root canal curvature can be determined by measuring the angle between the long axis of the canal and the apex line. Assessment can be made on a radiograph, and on this basis a canal can be assigned to one of three types of root canal classification:⁵

Type 1 – straight root canals, very small curvature, the angle value below 5 degrees, canals easy to prepare,

Type 2 – root canals with moderate curvature, the angle between the long axis of the canal and the apex line is from 10 to 25 degrees, the canal preparation is moderately difficult,

Type 3 – root canals with a high degree of curvature, the angle value is greater than 25 degrees and the canal preparation is time-consuming and very difficult.

When assessing the anatomy of the root canal, the degree of curvature and the related difficulties in canal preparation, the clinician should bear in mind that not all anomalies of the pulp cavity structure are visible on the radiograph. On an X-ray, taken prior to the procedure, the canal curvature “extending” in a mesio-distal direction is usually observed. However, it is difficult to see the curvature of the canal in a bucco-lingual plane. Thus, even a single line of curvature detected on a radiograph should arouse greater alertness and caution in the endodontist during preparation. In a particularly difficult situation, an analysis of the tooth anatomy based on CT scans is recommended.⁶ The knowledge and

Wprowadzenie

Sukces zabiegów endodontycznych, w przypadku leczenia pierwotnego oceniany jest na około 83%, obecność zmian zapalnych w tkankach okołowierzchołkowych zmniejsza sukces terapeutyczny o ok. 10%. W przypadku zębów powtórnie leczonych endodontycznie, szansa powodzenia zabiegu szacowana jest na około 50%-90%.^{1,2} Na sukces leczenia składa się wiele czynników, a jednym z nich jest dokładne chemo-mechaniczne opracowanie kanałów oraz szczelne, homogenne zamknięcie jamy zęba, zarówno w części korzenia, jak i korony.³ Zadanie to jest tym trudniejsze, im bardziej jest skomplikowana anatomia jam zębowych i większa krzywizna kanałów korzeniowych.⁴ Według *S.W. Schneidera*,⁵ stopień zakrzywienia kanału można określić poprzez pomiar kąta zawartego pomiędzy osią główną kanału a linią wierzchołkową. Oceny można dokonać na zdjęciu rentgenowskim i na tej podstawie przyporządkować dany kanał do jednego z trzech typów klasyfikacji:

Typ 1 – kanały korzeniowe proste, zakrzywienie bardzo niewielkie, wartość kąta poniżej 5 stopni, kanały łatwe do opracowania.

Typ 2 – kanały korzeniowe średnio zakrzywione, kąt zawarty pomiędzy osią główną kanału a linią wierzchołkową wynosi od 10 do 25 stopni, kanały o przeciętnym stopniu trudności opracowania.

Typ 3 – kanały korzeniowe o dużym stopniu zakrzywienia, wartość kąta jest większa od 25 stopni, a opracowanie kanałów jest czasochłonne i bardzo trudne.

Przy ocenie anatomii kanałów korzeniowych, stopnia ich zakrzywienia i związanych z tym trudności opracowania należy pamiętać, że na zdjęciu rentgenowskim nie są widoczne wszystkie anomalie budowy jamy zęba. Na zdjęciu rentgenowskim, wykonanym przed zabiegiem, można zwykle zaobserwować krzywiznę „przebiegającą” w zębie w kierunku mezjano-dystalnym. Trudno natomiast dostrzec zakrzywienie kanału obecne w płaszczyźnie policzkowo-językowej. Stąd też, nawet jedna linia krzywizny wykryta na zdjęciu rentgenowskim powinna wzbudzić w dentyście większą czujność i ostrożność podczas preparacji. W szczególnie trudnych sytuacjach zaleca się ana-

skills of the operator, as well as the correct choice of modern instruments and their availability, including surgical microscope and nickel-titanium hand and rotary files, are extremely important. By using adequate endodontic instruments and work sequences, preparation of even very difficult canals can end with success.^{3,7,8}

Aim

The aim of the study was to present cases of endodontic treatment of curved root canals and to describe the complications and ways of solving problems during preparation of canals with a higher degree of difficulty.

Material and methods – case reports

Case 1

A patient, aged 34 years, was referred to the endodontic clinic for continuation of root canal treatment of tooth 48. The dentist who had begun endodontic treatment referred the patient to the endodontic clinic due to a high degree of the curvature of canals and difficulties in their preparation. After analysing a radiograph (Fig. 1) and isolating the tooth with a rubber dam, treatment of tooth 48 was undertaken. In the first phase of work, the pulp chamber was thoroughly prepared to expose all canal orifices and to eliminate any dentinal overhanging margins obscuring the entrance to the canals. For this purpose, a Start X[®] ultrasonic tip no. 1 (Dentsply Maileffer[®]) and a round bur on slow handpiece were used. After initial negotiation of canals, their coronal part was prepared by using a ProTaper Universal SX[®] (Dentsply Maileffer[®]) rotary instrument. Then the working length was measured with an apex locator and the canal was instrumented with hand K-files #10. A glide path was performed using rotary PathFile[®] instruments and inserting subsequent files with purple, white, and yellow stripes to the full working length. In between the placement of each larger instrument, the canal was thoroughly rinsed with a 5% sodium hypochlorite solution, and an apical patency procedure was performed using a C-Pilot hand file #08. After the initial preparation, the working length of canals was

lizę anatomii zębów na podstawie tomogramów.⁶ Niezwykle istotne są również wiedza i umiejętności operatora oraz właściwy wybór i dostęp do nowoczesnego instrumentarium, m. in.: mikroskopu zabiegowego oraz niklowo-tytanowych pilników ręcznych i maszynowych. Dzięki zastosowaniu specjalistycznych narzędzi i odpowiedniej sekwencji pracy, opracowanie nawet bardzo trudnych kanałów może zakończyć się sukcesem.^{3,7,8}

Cel pracy

Celem pracy jest przedstawienie przypadków leczenia endodontycznego zębów z zakrzywionymi kanałami korzeniowymi oraz opisanie powikłań i sposobów rozwiązywania problemów podczas opracowania kanałów o większym stopniu trudności.

Material i metody – opis przypadków

Przypadek 1

Pacjentka, lat 34, została skierowana w celu kontynuacji leczenia kanałowego zęba 48. Dentysta, który rozpoczął leczenie endodontyczne, ze względu na duży stopień zakrzywienia kanałów i trudności w ich opracowaniu, skierował pacjentkę do poradni specjalistycznej. Po analizie zdjęcia rentgenowskiego (Fig. 1) i założeniu koferdamu, przystąpiono do leczenia zęba 48. W pierwszej fazie pracy dokładnie opracowano komorę zęba, aby uwidocznić wszystkie ujścia kanałowe i zlikwidować ewentualne nawisy zębiny przysłaniające wejście do kanałów. W tym celu zastosowano końcówkę ultradźwiękową nr 1 z zestawu Start X[®] (Dentsply Maileffer[®]) oraz wiertła typu różyczki na mikrosilnik. Po wstępnej negocjacji kanałów, opracowano ich przykoronową część za pomocą narzędzia maszynowego ProTaper Universal SX[®] (Dentsply Maileffer[®]). Następnie zmierzono długość roboczą za pomocą endometru i opracowano kanał pilnikami ręcznymi do narzędzia K-file #10. Wykonano glide path za pomocą narzędzi maszynowych PathFile[®], wprowadzając na pełną długość roboczą kolejno pilniki: z fioletowym, białym i żółtym paskiem. Między poprzednim a następnym narzędziem dokładnie płukano kanał 5% roztworem podchlorynu sodu oraz wykonywano zabieg apical patency pilnikiem ręcznym C-pilot #08. Po wstęp-



Fig. 1. X-ray of tooth 38 prior to root canal treatment. Visible curved canals and curved mesial and distal roots.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 38 przed podjęciem leczenia kanałowego. Widoczne zakrzywienie kanałów oraz korzeni: bliższego oraz dystalnego.



Fig. 2. X-ray of tooth 38 after the final preparation and filling root canals.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 38 po ostatecznym opracowaniu i wypełnieniu kanałów korzeniowych.

measured again and the canals were prepared with Protaper Next[®] rotary instruments. In all canals, an X2 file was used as the last one. The final canal rinsing was carried out with a canal ultrasound scaler and tip activating the irrigant in the root canal lumen. The passive activation with sodium hypochlorite was used according to the *L. van der Sluis* method.⁹ After drying, the root canals were filled with the cold lateral condensation technique of gutta-percha and AH Plus[®] sealer. During treatment, a nickel-titanium finger spreader was applied. Next, gutta-percha cones were cut off, the canal orifices were secured with a flow composite (Flow Arkona[®] color), and the cavity was filled temporarily with a glass-ionomer. A control radiograph taken after the completion of the treatment showed proper canal obturation (Fig. 2). The patient returned to the referring dentist for further treatment.

Case 2

A patient, aged 60 years, was referred to the endodontic clinic for retreatment of tooth 38. A radiograph taken before the procedure showed a previous incorrect root canal therapy of this tooth: lack of fillings in mesial canals and incomplete obturation of the distal canal (Fig. 3). The patient did not report any complaints concerning tooth 38, but due to the planned prosthetic reconstruction, it was necessary to perform retreatment. After

nym opracowaniu, ponownie zmierzono długość roboczą kanałów i opracowano je za pomocą narzędzi maszynowych Protaper Next[®]. We wszystkich kanałach ostatnim pracującym pilnikiem było narzędzie X2. Ostateczne płukanie kanałów przeprowadzono z wykorzystaniem skalera ultradźwiękowego i końcówki aktywującej środek płuczący w świetle kanału korzeniowego. Zastosowano pasywną aktywację podchlorynu sodu wg *L. van der Sluis*.⁹ Po osuszeniu, kanały wypełniono techniką kondensacji bocznej zimnej gutaperki z uszczelniaczem AH Plus[®]. Podczas pracy używano rozpychacza palcowego wykonanego ze stopu niklo-tytanowego. Po odcięciu ćwieków gutaperkowych, ujścia kanałowe zabezpieczono materiałem kompozytowym typu flow (Flow color Arkona[®]), a ubytek wypełniono tymczasowo gładjonomerem. Zdjęcie kontrole wykonane po zakończeniu leczenia, wykazało prawidłowe wypełnienie kanałów (Fig. 2). Na dalsze leczenie pacjentka zgłosiła się do kierującego stomatologa.

Przypadek 2

Pacjent, lat 60, został skierowany w celu powtórnego leczenia kanałowego zęba 38. Na zdjęciu rentgenowskim wykonanym przed zabiegiem stwierdzono nieprawidłowe, wcześniejsze leczenie kanałowe zęba: brak wypełnienia w kanałach bliższych, niedopełnienie kanału dystalnego (Fig. 3). Pacjent nie zgłaszał żadnych dolegliwości ze strony



Fig. 3. X-ray of tooth 48 prior to root canal retreatment. The visible result of inadequate primary root canal treatment. Canals are not completely prepared or filled along their entire length.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 48 przed podjęciem powtórnego leczenia kanałowego. Widoczny efekt nieprawidłowego, pierwotnego leczenia kanałowego. Kanały nieopracowane i niewypełnione na całej długości.

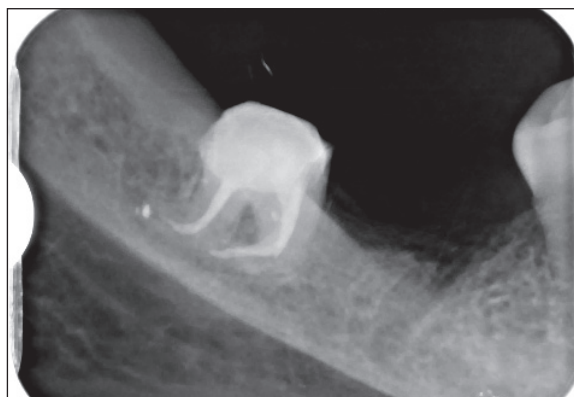


Fig. 4. X-ray of tooth 48 after the final preparation and retreatment. Zdjęcie rentgenowskie zęba 48 po ostatecznym opracowaniu i powtórnym wypełnieniu kanałów korzeniowych.

placing a rubber dam and the removal of restoration from the occlusal surface, the pulp chamber was prepared in a similar way as in case No. 1. Orifices of three canals were localized and prepared with Protaper Universal SX[®] rotary files. Next, the filling material from the distal canal was removed by using a small amount of an EndoslovE[®] (Septodont[®]) solvent and ProTaper Retreatment[®] (Dentsply Maileffer[®]) rotary instruments. After negotiating the canals and checking the canal patency with a hand #06 K-File, a preliminary measurement of the working length with an apex locator was carried out. Next, the canals were prepared up to #10 file and a glide path was performed using at first Path File[®] and later ProGlider[®] files. A scheme of file application was as follows: ProGlider[®] PathFile #13, PathFile #16, and PathFile #19. All files were inserted to the full working length, and after performing an apical patency procedure, canals were prepared using Protaper Next[®] files up to an X2/X3 instrument. In the last stage of the retreatment, the canals were filled with the continuous wave technique (CWT) according to Buchanan. Canal orifices were secured with a lining and a temporary cavity restoration and a radiograph (Fig. 4) was taken. The patient was referred to the prosthodontic clinic for further treatment.

zęba 38, jednak ze względu na planowaną odbudowę protetyczną, konieczne było powtórne leczenie endodontyczne. Po założeniu koferdamu i usunięciu wypełnienia z powierzchni zgryzowej opracowano komorę, podobnie jak w przypadku nr 1. Zlokalizowano ujścia 3 kanałów korzeniowych, po czym opracowano ich ujścia pilnikiem maszynowym Protaper Universal SX[®]. W kolejnym etapie pracy, usunięto materiał wypełniający kanał dystalny. Użyto do tego celu niewielkiej ilości rozpuszczalnika EndoslovE[®] (Septodont[®]) oraz narzędzi maszynowych ProTaper Retreatment[®] (Dentsply Maileffer[®]). Po negocjacji kanałów i sprawdzeniu drożności pilnikiem ręcznym K-File#06, dokonano wstępnego pomiaru długości roboczej za pomocą endometru. Następnie opracowano kanały do narzędzia #10 i wykonano glide path za pomocą pilników Path File[®], a następnie ProGlider[®]. Schemat pracy pilnikami był następujący: PathFile#13, PathFile#16, PathFile#19, ProGlider[®]. Wszystkie pilniki wprowadzono na pełną długość roboczą, a po wykonaniu zabiegu apical patency, opracowano kanały pilnikami Protaper Next[®] do narzędzia X2/X3. W ostatnim etapie pracy wypełniono kanały metodą ciągłej fali ciepła (CWT) wg Buchanana. Po zabezpieczeniu ujść kanałów podkładem i tymczasowym wypełnieniu ubytku, wykonano zdjęcie rentgenowskie (Fig. 4) i skierowano pacjenta na dalsze leczenie do poradni protetyki.



Fig. 5. X-ray of tooth 46 prior to root canal treatment. In addition to the curvature of the canals, the visible tilt of the tooth in the oral cavity probably due to lack of premolars.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 46 przed podjęciem leczenia kanałowego. Oprócz zakrzywienia kanałów, widoczne nachylenie zęba w jamie ustnej spowodowane prawdopodobnie brakiem zębów przedtrzonowych.

Case 3

A 43-year-old patient reported to the endodontic office for root canal treatment of tooth 47 (Fig. 5). On the basis of her dental history and intraoral examination, irreversible pulpitis was diagnosed. After nerve block anesthesia to the mandibular opening, a rubber dam was placed and the occlusal surface restoration was removed. The pulp chamber was prepared with round burs and lateral walls were smoothed with a Start X 1 ultrasonic tip. Root canal orifices were prepared with ProTaper Universal SX instruments and Gates® burs (#2 and #3). The first instrument, which reached the full working length, was a C-Pilot #06 file. Due to the large curvature of the canal felt by the operator, the coronal part of canals, mainly mesial, was widened. The canal preparation was carried out in such a way that a hand #10 K-file could freely move in the canal and the glide path was performed using a ProGlider® instrument. Because the canals were narrow and curved, the file did not reach the full working length after the first insertion of the ProGlider® file into the pulp cavity. During treatment, the canal was irrigated several times and the apical patency procedure was performed. In consequence, with every subsequent insertion the file was getting closer to the apex. The treatment was continued until the file reached the full working length. The final chemo-mechanical preparation of the canal



Fig. 6. X-ray of tooth 46 after the final preparation and filling root canals. The visible curvature of the S-shaped distal canal in the periapical area.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 46 po ostatecznym opracowaniu i wypełnieniu kanałów korzeniowych. Widoczne zakrzywienie kanału dystalnego w okolicy okołowierzchołkowej w kształcie litery „S”.

Przypadek 3

Pacjentka, lat 43 zgłosiła się w celu leczenia kanałowego zęba 47 (Fig. 5). Na podstawie zebranego wywiadu i badania wewnątrzustnego, stwierdzono nieodwracalne zapalenie miazgi. Wykonano znieczulenie przewodowe do otworu żuchwy, a następnie założono koferdam i usunięto wypełnienie z powierzchni zgryzowej. Komorę opracowano za pomocą różyczek, a ściany boczne wygładzono końcówką ultradźwiękową Start X nr 1. Ujścia kanałów opracowano narzędziami: ProTaper Universal SX, a następnie wiertłami typu Gates® (#2 i #3). Pierwszym narzędziem, który osiągnął pełną długość roboczą był pilnik typu C-pilot #06. Ze względu na wyczuwalną, dużą krzywiznę kanałów, znaczenie poszerzono przykoronową część kanałów, głównie bliższych. Po opracowaniu kanałów w taki sposób, aby pilnik ręczny K-file#10 swobodnie poruszał się w kanale, wykonano glide path narzędziem ProGlider®. Ponieważ kanały były wąskie i zakrzywione, pilnik nie osiągnął pełnej długości roboczej po pierwszym wprowadzeniu pilnika ProGlider® do jamy zęba. W trakcie pracy kilkakrotnie płukano kanał i wykonywano zabieg apical patency. Dzięki temu, przy każdym następnym wprowadzeniu, pilnik był coraz bliżej apexu. Zabieg kontynuowano, aż pilnik osiągnął pełną długość roboczą. Ostateczne chemo-mechaniczne opracowanie kanału wyko-

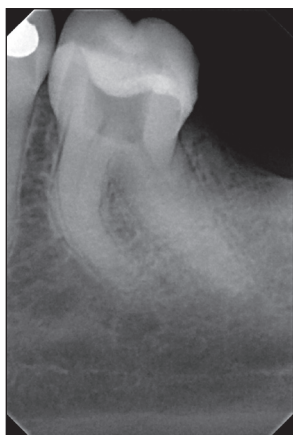


Fig. 7. X-ray of tooth 36 prior to root canal treatment. Mesial canals curved in the form of "arch"/ "C" letter. Distal root and canal curved distally.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 36 przed podjęciem leczenia kanałowego. Kanały bliższe zakrzywione w formie „łuku”/ litery „C”. Korzeń i kanał dystalny zagięte w stronę dalszą.

was performed with Protaper Next[®] rotary files. The last working file was X2. Canals, after drying, were permanently obturated using the technique of lateral condensation with cold gutta-percha and AH Plus[®] sealer. The pulp cavity was filled with a temporary dressing and a control radiograph was taken (Fig. 6).

Case 4

A 40-year-old patient was referred to the endodontic office for continuation of root canal treatment of tooth 36 (Fig. 7). On the basis of the available documentation, it was established that devitalization of tooth 36 had been performed two weeks earlier. The treatment was undertaken after the analysis of a radiograph and placement of a rubber dam. First, the dressing was removed and the pulp chamber as well as canal orifices were prepared as in case No. 1. Next, a glide path was performed with a File[®] Path instrument. The final preparation of canals was carried out using Protaper Next[®] files. An X2 file was the last instrument used in the mesial canals and an X3 file was used as the last one in the distal canals. The canals were finally obturated by means of the lateral condensation technique with cold gutta-percha and AH Plus[®] sealer. After placing a temporary restoration in the cavity, a control radiograph was taken (Fig. 8).



Fig. 8. X-ray of tooth 36 after the final preparation and filling root canals.

Zdjęcie rentgenowskie zęba 36 po ostatecznym opracowaniu i wypełnieniu kanałów korzeniowych.

nano za pomocą narzędzi maszynowych Protaper Next[®]. Ostatnim pracującym pilnikiem było narzędzie X2. Kanały, po osuszeniu, wypełniono ostatecznie kondensacją boczną zimnej gutaperki z uszczelniaczem AH Plus[®]. Po zabezpieczeniu jamy zęba opatrunkiem tymczasowym, wykonano kontrolne zdjęcie rentgenowskie (Fig. 6).

Przypadek 4

Pacjentka, lat 40, została skierowana w celu kontynuacji leczenia kanałowego zęba 36 (Fig. 7). Na podstawie dostępnej dokumentacji ustalono, że u pacjentki dwa tygodnie wcześniej wykonano dewitalizację zęba 36. Po analizie zdjęcia rentgenowskiego i założeniu koferdamu, przystąpiono do leczenia. Najpierw usunięto opatrunek i opracowano komorę oraz ujścia kanałowe, podobnie jak w przypadku nr 1. Następnie wykonano glide path za pomocą narzędzi Path File[®]. Ostateczne opracowanie kanałów przeprowadzono pilnikami Protaper Next[®]. W kanałach bliższych ostatnim pracującym pilnikiem było narzędzie X2, a w kanale dystalnym X3. Kanały wypełniono ostatecznie techniką kondensacji bocznej zimnej gutaperki z uszczelniaczem AH Plus[®]. Po tymczasowym wypełnieniu ubytku, wykonano kontrolne zdjęcie rentgenowskie (Fig. 8).

Results

Control radiographs taken after the completion of treatment showed the adequate preparation and filling of curved root canals.

Discussion

While preparing curved canals, a number of following complications can be encountered:

- a) ledges – artificially prepared concavities in the wall of the root canal; ledges often result in loss of the working length and formation of subsequent complications, e.g. creation of a false canal and/or perforation,
- b) canal transportation – a complication caused by the “transfer” of the main canal axis from its original position in the direction of a larger or smaller canal curvature,
- c) false path (i.e. *via falsa*) – an artificially prepared space in the root, partially or totally situated outside the lumen of the original canal. As a result, a large part of the proper canal is not cleaned, becoming a source of infection. An additional and unnecessary “tunnel”, whose walls become weaker and more likely to fracture in the root, is formed. A false path may be also a cause of perforation,
- d) perforation – a complication caused by puncturing the crown or root tissues. Preparation of curved canals may also lead to perforation called striping, which is the result of excessive preparation of one of the canal walls. This complication is particularly difficult to treat because a kind of “wound” much larger than the point perforation is created in the root,
- e) apical zip – often arises during preparation of curved canals with rigid steel curved instruments, especially when they are not initially pre-bent to the canal curvature. In the periapical region, a non-anatomical widening in a form of “niche” or “funnel” is produced, whose wider part is directed towards the apex. Such incorrect shape of the periapical region significantly impedes or prevents tight canal obturation, and often coexists with the “elbow” complication,
- f) elbow – constriction in the canal, frequently

Wyniki

Rentgenowskie zdjęcia kontrolne, wykonane po zakończeniu leczenia, wykazały prawidłowe opracowanie i wypełnienie zakrzywionych kanałów korzeniowych.

Dyskusja

Podczas opracowania kanałów zakrzywionych, może dojść do licznych powikłań, takich jak np.:

- a) stopnie – sztucznie wypreparowane zagłębienia w ścianie kanału korzeniowego; stopnie często są przyczyną utraty długości roboczej i powstawania kolejnych powikłań, np.: wytworzenia fałszywego kanału i/lub perforacji.
- b) transportacja kanału-powikłanie spowodowane „przeniesieniem” głównej osi kanału ze swego oryginalnego położenia w kierunku krzywizny większej lub mniejszej kanału.
- c) fałszywa droga (tzw. *via falsa*) – sztucznie wypreparowana przestrzeń w korzeniu w części lub w całości położona poza światłem oryginalnego kanału. W następstwie tego powikłania, duża część „właściwego kanału” jest nieoczyszczona, stanowiąc źródło infekcji. W wyniku wytworzenia dodatkowego, niepotrzebnego „tunelu” w korzeniu, jego ściany stają się słabsze i bardziej narażone na złamanie. Fałszywa droga może również kończyć się perforacją.
- d) perforacja – powikłanie spowodowane „przeździurawieniem” tkanek korony lub korzenia zęba. W trakcie opracowania kanałów zakrzywionych może również dojść do perforacji typu „zdarcia” (ang.: striping), która jest wynikiem nadmiernej preparacji jednej ze ścian kanału. To powikłanie jest szczególnie trudne do leczenia, gdyż w korzeniu powstaje rodzaj „rany” dużo większej niż w przypadku punktowej perforacji.
- e) zamek przywierzchołkowy – powstaje często w trakcie opracowania kanałów zakrzywionych narzędziami sztywnymi, stalowymi, szczególnie, gdy nie są one wstępnie dogięte do krzywizny kanału. W okolicy okołowierzchołkowej wytwarzane jest wówczas nieanatomiczne poszerzenie w postaci „niszy” lub „lejka” skierowanego szerszą częścią w stro-

located “in the middle” of the canal length.

After preparation, the canal resembles an hourglass instead of a cone tapering towards the anatomical opening,

- g) fracture of a canal instrument in the pulp cavity.⁷

The above-described complications are the most common but not the only failures that may occur during preparation of curved canals.⁷ To increase the likelihood of achieving therapeutic success, early phases of root canal treatment should be given due attention, i.e. preparation of the pulp chamber and canal orifices.⁸ After creating the correct widening, it is necessary to smooth lateral walls of the pulp chamber. It is difficult to see the operative field and insert an instrument into the root canal in a straight line due to overhanging dentinal margins. Smooth lateral walls can be obtained by using burs mounted on the endodontic motor or by using adequate ultrasonic tips. Particularly noteworthy here is the application of cylindrical instruments with an inactive tip of the working part. The blunt tip of the instrument protects the pulp chamber floor against perforation, and the specific shape of the instrument prepares lateral walls of the canal in the most ergonomic way.⁸

Moreover, it is very important, if not the most important, to provide sufficient enlargement of canal orifices in order to eliminate the coronal curvature. Omission of this stage of work, especially in the case of curved canals, results in a lack of possibility for even the smallest file to be inserted to the full working length. A situation in which the file can be inserted to a required depth despite a lack of canal orifice enlargement can lead to complications such as instrument fracture and transportation or perforation of the canal. The instrument “pushes” too much one of the canal walls, leaving the other portion of the pulp cavity completely unclean. After coronal enlargement of the canal orifice, it is easier to place the file in the canal.^{7,8} Moreover, it has been observed that a #06 file cannot be inserted into the pulp cavity prior to preparation of orifices. However, after the proper enlargement of the upper part of the canal, it is possible to use a #08-#15 K-File. The cause of file catching is often associated with a curved and

nę apeksu. Takie niepoprawne ukształtowanie okolicy okołowierzchołkowej znacznie utrudnia lub uniemożliwia szczelne wypełnienie kanału oraz często współistnieje z powikłaniem typu „kolanko”.

- f) kolanko – przewężenie w kanale, często zlokalizowane „pośrodku” długości kanału. Po opracowaniu, kanał zamiast stożka zwężającego się ku otworowi anatomicznemu, przypomina klepsydrę.

- g) złamanie narzędzia kanałowego w jamie zęba⁷.

Opisane powikłania należą do najczęstszych, ale nie jedynych niepowodzeń, które mogą wystąpić podczas preparacji kanałów zakrzywionych⁷. Aby zwiększyć szansę na osiągnięcie sukcesu terapeutycznego, należy zwrócić uwagę już na początkowe etapy leczenia kanałowego, tzn. opracowanie komory i ujść kanałowych⁸. Po stworzeniu właściwego poszerzenia ułatwiającego, konieczne należy wygładzić ściany boczne komory zęba. Nawisy zębiny utrudniają bowiem wgląd w pole operacyjne oraz wprowadzenie narzędzia w linii prostej do kanału korzeniowego. Wygładzenie ścian bocznych można dokonać za pomocą wiertel montowanych w mikrosilniku endodontycznym lub za pomocą odpowiednich końcówek ultradźwiękowych. Na szczególną uwagę zasługują tutaj narzędzia o walcowatym kształcie i z nieaktywnym wierzchołkiem części pracującej. Tępy wierzchołek instrumentu zabezpiecza dno komory przed perforacją, a specyficzny kształt narzędzia w najbardziej ergonomiczny sposób opracowuje boczne ściany komory.⁸

Bardzo istotne, o ile nie najważniejsze, jest również dostatecznie szerokie poszerzenie ujść kanałowych w celu likwidacji krzywizny przykoronowej. Pominięcie tego etapu pracy, szczególnie w przypadku kanałów zakrzywionych, skutkuje m.in.: brakiem możliwości wprowadzenia nawet najmniejszego pilnika na pełną długość roboczą. W sytuacji, gdy mimo nieposzerzenia ujścia kanałowego, udaje się wprowadzić pilnik na pożądaną głębokość, może dojść do powikłań typu: złamanie narzędzia, transportacja lub perforacja kanału. Narzędzie za bardzo „forsuje” jedną ze ścian kanału, pozostawiając inny fragment jamy zęba zupełnie nieoczyszczonym. Po poszerzeniu ujścia przykoronowego

narrow lumen of the canal erroneously recognized as obliteration of the pulp cavity. Widening the coronal and middle part of the canal in a secure manner straightens the canal, preparing it for insertion of subsequent instruments to the increasing length. The described above initial preparation of the upper part of the canal is called "preflaring". An additional benefit resulting from preflaring is to create better conditions for penetration of irrigants and to remove a large mass of the pulp at the beginning of treatment. After determining the working length and prior to the final shaping of the canal, the so-called "smooth path" also known as the "glide path" should be performed. This "smooth path" is the initial preparation of canal walls, which is aimed at removing/minimizing the unevenness present on the inner surface of the canal. Smoothing the walls of the canal reduces the risk of catching and subsequent fracture of files in the canal as well as facilitates manipulation of instruments of larger sizes.^{10,11} A "glide path" can be performed using hand files #15 and #20 ISO, but nowadays rotary files made of nickel titanium alloy, such as PathFile® (Dentsply Maillefer®), are more frequently recommended to be used for this purpose.¹¹⁻¹³ Path Files are available in three sizes: #13, #16 and #19, and three lengths: 21 mm, 25 mm, and 31 mm. They are characterized by high flexibility and resistance to cyclic fatigue. Scheme of work using these files is as follows: after initial negotiations and widening of the canal with a #10 hand file, subsequent instruments #13, #16 and #19 should be inserted into the canal to the full working length. Abundant rinsing of the canal, preferably with NaOCl, and apical patency procedure should be performed between changes of instruments. This procedure is to maintain the so-called apical patency, which in turn helps to maintain the correct working length of the canal, disinfect it properly, and shape the entire structure. Apical patency is necessary to move (approx. 0.5-1 mm) a file of a small diameter e.g., #08, #10 ISO beyond the functional or anatomical foramen. Failure to do this leads to accumulation of tissue debris in the periapical region and, in extreme cases, its complete blocking with dentine and pulp mass, instrument filings or drug chips, etc.

można często zaobserwować zjawisko łatwiejszego wprowadzenia pilnika do kanału.^{7,8} Obserwuje się również, że o ile przed opracowaniem ująć nie można było wprowadzić do jamy zęba pilnika #06, to po prawidłowym poszerzeniu górnej części kanału, udaje się bez problemu wprowadzić do niego K-File, np. w rozmiarze #08-#15. Przyczyna klinowania się pilnika często tkwi w zakrzywieniu i wąskim świetle kanału, mylnie uznawanym jako obliteracja jamy zęba. Poszerzenie przykoronowej i środkowej części kanału w bezpieczny sposób wyprostowuje kanał, przygotowując go do wprowadzenia kolejnych narzędzi na coraz większą długość. Opisaną wyżej czynność wstępnego opracowania „górnej części kanału” nazywa się terminem „preflaring”. Dodatkową korzyścią wynikającą z wykonania „preflaringu” jest stworzenie lepszych warunków do penetracji środków płuczących oraz usunięcie dużej masy miazgi już na początku leczenia. Po wyznaczeniu długości roboczej, a przed przystąpieniem do ostatecznego ukształtowania kanału, należy wykonać tzw. „gładką ścieżkę” („gładką drogę”) znaną również pod pojęciem „glide path”. Ta „gładka droga”, to wstępne opracowanie ścian kanału, którego celem jest zlikwidowanie/zminimalizowanie nierówności obecnych na wewnętrznej powierzchni kanału. Wygładzenie ścian kanału zmniejsza ryzyko zaklinowania i złamania kolejnych pilników w kanale oraz ułatwia operowanie narzędziami o większych rozmiarach.^{10,11} „Glide path” można wykonać pilnikami ręcznymi do narzędzia #15-#20 wg ISO, ale obecnie coraz częściej zaleca się wykorzystanie do tego celu pilników maszynowych wykonanych ze stopu niklowo-tytanowego, takich jak np. PathFile® (Dentsply Maillefer®).¹¹⁻¹³ Narzędzia Path File występują w trzech rozmiarach: #13, #16 i #19 oraz trzech długościach: 21mm, 25mm, 31mm. Charakteryzują się dużą elastycznością i odpornością na cykliczne zmęczenie materiału. Schemat pracy tymi pilnikami jest następujący: po wstępnej negocjacji i poszerzeniu kanału pilnikiem ręcznym #10, należy wprowadzić do kanału na pełną długość roboczą kolejno narzędzia #13, #16 i #19. Między pilnikami konieczne jest obfite płukanie kanału, najlepiej roztworem NaOCl. Zaleca się również wykonywanie zabiegu apical patency.

and further complications, such as perforation, *via falsa*, or lack of healing of inflammatory lesions in the periapical tissues. Apical patency treatment should be carried out during both the initial and final preparation of canals.¹⁴ It is also an essential activity when a glide path is performed with a ProGlider® (Dentsply Maillefer®) file. A ProGlider® file is made of M-Wire® alloy, which is a type of NiTi (nickel titanium) alloy produced by an advanced thermal process proprietary by the manufacturer.¹⁵ The most important advantages of files made of M-Wire alloy include greater flexibility, preserved cutting efficiency and increased resistance to cyclic fatigue, which is one of the causes of file fractures. In contrast to PathFile® files, only one ProGlider® file is sufficient to create a smooth path. ProGlider® file occurs only in one size and in three lengths. The diameter of the file at the tip is 16 ISO, but the instrument is characterized by an increasing taper. The file should work until it reaches the full working length.¹⁵ During this process, abundant irrigation of the canal and the apical patency procedure must be performed. After initial shaping, the canal must be widened and finally prepared for obturation. Due to the specific and difficult to treat anatomy of curved canals, different methods of their preparation are proposed, taking into account both hand and machine instruments; however, the most commonly proposed method is the crown-down technique or its modifications. In this technique, at first the coronal portion of the canal is enlarged and then the periapical section. The advantages of such a procedure have been discussed earlier in the article. If the endodontist does not have nickel-titanium rotary instruments enabling the formation of the upper part of the canal, they can use Pessó or Gates-Glidden burs. Some authors also propose combining the crown-down technique with the step-back method. After preparing the canal to the place of the curvature using the crown-down method, the periapical segment is then shaped with hand files in accordance with the principles of the step-back technique. The so-called anti-curvature preparation of root canals should be kept in mind, as it saves the dentine on the inner arch of the canal curvature, i.e. the “danger zone”.¹⁶

Zabieg ten ma na celu utrzymanie tzw. drożności wierzchołkowej, co z kolei pomaga w utrzymaniu prawidłowej długości roboczej kanału oraz jego prawidłowej dezynfekcji i ukształtowaniu na całym przebiegu. Apical patency polega na przejściu (ok. 0,5-1 mm) pilnikiem o małej średnicy, np.: #08, #10 wg ISO poza otwór fizjologiczny lub anatomiczny. Zaniechanie wykonywania tej czynności sprzyja gromadzeniu się resztek tkanek w okolicy okołowierzchołkowej, a w skrajnych przypadkach całkowitego jej zablokowania masami zębiny, miazgi, opiłkami z narzędzi lub leków itp. Efektem tego mogą być kolejne powikłania, np.: perforacja, *via falsa*, brak wygajania zmian zapalnych w tkankach okołowierzchołkowych. Zabieg apical patency należy wykonywać zarówno podczas wstępnego, jak i podczas ostatecznego opracowania kanałów.¹⁴ Jest on również nieodzowną czynnością podczas wykonywania glide path pilnikiem ProGlider® (Dentsply Maillefer®). W przeciwieństwie do pilników PathFile®, do stworzenia gładkiej ścieżki za pomocą pilnika ProGlider® wystarcza jedno narzędzie. ProGlider® występuje tylko w jednym rozmiarze i w trzech długościach. Średnica pilnika na wierzchołku wynosi 16 wg ISO, ale instrument charakteryzuje się wzrastającą stożkowatością. Narzędziem należy pracować tak długo, aż osiągnie pełną długość roboczą.¹⁵ Podczas pracy konieczne jest obfite płukanie kanału oraz wykonywanie czynności utrzymującej drożność okolicy okołowierzchołkowej (apical patency). Po wstępnym ukształtowaniu, należy poszerzyć kanał, czyli ostatecznie go opracować, przygotowując jednocześnie do wypełnienia. Ze względu na specyficzną, trudną do leczenia anatomie, do opracowania kanałów zakrzywionych proponowane są różne metody uwzględniające zarówno narzędzia ręczne, jak i maszynowe, przy czym najczęściej proponowaną jest technika crown-down lub jej modyfikacje. W tej technice najpierw poszerzana jest przykoronowa część kanału, a następnie odcinek przywierzchołkowy. Zalety takiego postępowania zostały omówione we wcześniejszym fragmencie artykułu. Jeśli dentysta nie dysponuje niklowo-tytanowymi narzędziami maszynowymi umożliwiającymi ukształtowanie górnej części kanału, można to uczynić za pomocą wiertel Pessó lub

Ni-Ti alloy files are often recommended for the final preparation of the curved canals. They can be both manual and rotary. Numerous studies emphasize, however, that the preparation of a curved canal with rotary instruments compared to manual ones saves time giving canals a better shape, which corresponds to their original anatomy, and contributes to optimal cleaning of the pulp cavity.¹⁷ In these cases, the final canal preparation was performed using Protaper Next[®] files (Dentsply Maillefer[®]) made of M-Wire[®] alloy. ProTaper Next[®] rotary instruments are the successor of the ProTaper Universal[®] system.

The most distinctive features of these files are as follows: a variable taper design, rectangular cross-section of the instrument with asymmetrically located axis of rotation, eccentric rotation of the instrument in the canal, the so-called rocking motion of the file (also called the snake movement), and a shorter time of preparation, due to a reduced number of files needed for proper shaping of the canal. The kit includes five files marked as X1, X2, X3, X4, X5. In most cases, the canal preparation can be terminated after the application of the X2 file. If the #25 hand K-file is caught in the periapical area after using an X2 file, there is no need to widen the canal. If the #25 K-file is loosely stuck in the canal, after inserting it to full working length, the canal should be prepared by using X3, etc.

ProTaper Next[®] rotary files are intended for preparation of canals with varying degrees of difficulty. In the literature, there are reports in which Protaper Next[®] files are used to shape both easy, straight, and highly curved canals, in particular troublesome S-shaped ones.^{17,18} ProTaper Next[®] files are also recommended for teaching students of dentistry.¹⁹ The authors, after shaping the canals with Protaper Next files, observed little transportation and centric preparation of canals.^{20,21} Due to the use of the modern method of research, namely microtomography, a view that rotary instruments contribute to the formation of microcracks in dentine has been invalidated.²²

Obviously, in addition to Protaper Next[®] files, there are many other files that can successfully prepare straight and curved canals. After getting

gates. Niektórzy autorzy proponują również łączenie techniki crown-down z metodą step-back. Po opracowaniu kanału do miejsca krzywizny metodą crown-down, odcinek przywierzchołkowy jest wówczas kształtowany pilnikami ręcznymi zgodnie z wytycznymi techniki step-back. Warto również pamiętać o tzw. antykrzywiznowym opracowaniu kanałów korzeniowych, oszczędzającym zębinę wewnętrznego łuku krzywizny kanału, czyli tzw.: „strefę zagrożenia”.¹⁶

Do ostatecznego opracowania kanałów zakrzywionych często są polecane pilniki wykonane ze stopu niklowo-tytanowego. Mogą być one zarówno ręczne, jak i maszynowe. W wielu pracach podkreśla się jednak, że maszynowe opracowanie kanałów zakrzywionych, w porównaniu z narzędziami ręcznymi, skraca czas pracy, nadaje kanałom lepszy kształt, zgodny z ich pierwotną anatomią oraz przyczynia się do optymalnego oczyszczenia jamy zęba.¹⁷ W powyższych przypadkach, do ostatecznego opracowania kanałów zastosowano pilniki Protaper Next[®] (Dentsply Maillefer[®]) wykonane ze stopu M-Wire[®]. Narzędzia maszynowe ProTaper Next[®] są następcą systemu ProTaper Universal[®].

Wśród najbardziej charakterystycznych cech tych pilników wymienia się: zmienną stożkowość (ang. taper), prostokątny przekrój narzędzia z asymetrycznie położoną osią obrotu, mimośrodowy obrót narzędzia w kanale, tzw. kołyszący ruch pilnika (nazywany również ruchem węża), skrócony czas preparacji dzięki ograniczeniu liczby pilników potrzebnych do właściwego ukształtowania kanału. W skład zestawu wchodzi pięć pilników oznaczonych jako X1, X2, X3, X4, X5. W większości przypadków, opracowanie kanału można zakończyć po zastosowaniu pilnika X2. Jeśli pilnik ręczny K-file#25 klinuje się w okolicy okołowierzchołkowej po użyciu narzędzia X2, to nie ma potrzeby poszerzania kanału korzeniowego. Jeśli K-file#25 luźno tkwi w kanale, po wprowadzeniu go na pełną długość roboczą, to należy opracować kanał za pomocą narzędzia X3 itd.

Pilniki maszynowe ProTaper Next[®], są dedykowane do opracowania kanałów o różnym stopniu trudności. W piśmiennictwie są prezentowane przypadki kształtowania Protaper Next[®] zarówno

to know the philosophy of work with each of them, the endodontist can also create their own protocol of shaping the canal. It is also acceptable to “combine” hand and rotary instruments while preparing root canals. Regardless of the name and type of instruments, the endodontist should make sure that the files used are new and possibly the best in their “class”. Seemingly economical benefit of the repeated use of the same file can end up with a broken instrument in the lumen of the root canal, which greatly complicates difficult enough treatment.⁷

Conclusion

Preparation of curved canals is a challenge for the dentist. It can be made successful due to the use of appropriate instruments as well as the knowledge and skills of adequate work sequences the operator.

kanałów łatwych, prostych, jak i kanałów silnie zakrzywionych, w tym szczególnie kłopotliwych kanałów w kształcie litery „S”.^{17,18} Pilniki ProTaper Next® są również polecane w procesie nauczania studentów.¹⁹ Autorzy badań, po ukształtowaniu kanałów narzędziami Protaper Next obserwowali bardzo małą transportację i centryczne opracowanie kanałów.^{20,21} Dzięki wykorzystaniu nowoczesnej metody badawczej – mikrotomografii, został również obalony pogląd, że narzędzia maszynowe przyczyniają się do powstawania mikropęknięć w zębinię.²²

Oprócz narzędzi Protaper Next®, dostępnych jest wiele innych pilników, którymi można z sukcesem opracować proste i zakrzywione kanały. Po zapoznaniu się z filozofią pracy każdego z nich, lekarz dentysta może również stworzyć swój własny protokół kształtowania kanału. Dopuszczalne jest również „łączenie” opracowania kanałów narzędziami maszynowymi i ręcznymi. Bez względu na nazwę i rodzaj instrumentarium warto zadbać o to, aby stosowane narzędzia były nowe i możliwie najlepsze w swojej „klasie”. Pozorna oszczędność, w postaci np.: wielokrotnego używania tego samego pilnika, może zakończyć się jego złamaniem w świetle kanału korzeniowego, co znacznie komplikuje i tak już trudny do przeprowadzenia zabieg.⁷

Wnioski

Opracowanie kanałów korzeniowych stanowi wyzwanie dla dentysty, jednak dzięki odpowiedniemu instrumentarium i technice pracy może zakończyć się sukcesem.

References

1. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I: Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 95-99.
2. Friedman S: Prognosis of initial endodontic therapy. *Endod Topics* 2002; 2: 59-88.
3. Bergenholz G, Spangberg LSW: Controversies in endodontic. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004; 15: 99-114.
4. Vertucci FJ: Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endo Topics* 2005; 10: 3-29.
5. Schneider SW: A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral med Oral Pathol.* 1971; 32: 271-275.
6. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F: Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod* 2010; 36: 1187-1190.

7. *Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH*: Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005; 10: 30-76.
8. *Peters OA*: Accessing root canal systems: knowledge base and clinical techniques. *ENDO* 2008; 2: 87-104.
9. *van der Sluis LWM*: Ultrasound in endodontics. *ENDO* 2007; 1: 29-35.
10. *West J*: The endodontic glide path: "Secret to rotary safety". *Dent Today* 2010; 29: 86-93.
11. *van der Vyver PJ*: Creating a glide path for rotary NiTi instruments: Part one. *Endod Practice* 2011a; 14: 40-43.
12. *van der Vyver PJ*: Creating a glide path for rotary NiTi instruments: Part two. *Endod Practice* 2011b; 14: 46-53.
13. *Berutti E, et al.*: Use of nickel-titanium rotary Pathfile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod* 2009; 35: 408-412.
14. *Souza RA*: The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J* 2006; 17: 6-9.
15. *Berutti E, Alovisi M, Pastorelli MA, Chiandussi G, Scotti N, Pasqualini D*: Energy Consumption of ProTaper Next X1 after Glide Path with PathFiles and ProGlider. *J Endod* 2014; 40: 2015-2018.
16. *Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH*: The anti-curvature filling method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc* 1980; 101: 792-794.
17. *Gutmann JL, Gao Y*: Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *Int Endod J* 2012; 45: 113-128.
18. *van der Vyver PJ, Scianamblo MJ*: Discuss the clinical guidelines for using Protaper Next instruments. *Endod Practice* 2013; 12: 33-40.
19. *Shimajima K, Watanabe R, Sato I, Mutoh N, Tani-Ishii N*: Evaluation of Curved-root Canal Preparation by ProTaper Next. *Jpn J Cons Dent* 2016; 59: 287-292.
20. *Gagliardi J, Versiani MA, de Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B*: Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals. *J Endod* 2015; 41: 1718-1724.
21. *Saberi N, Patel S, Mannocci F*: Comparison of centring ability and transportation between four nickel titanium instrumentation techniques by micro-computed tomography. *J Endod* 2014; 40: 1860-1864.
22. *De-Deus G, et al.*: Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. *J Endod* 2015; 41: 1116-1119.

Address: 92-213 Łódź, ul. Pomorska 251
Tel./Fax: +4842 6757418
e-mail: katarzyna.danuta.olczak@umed.lodz.pl

Received: 14th January 2017
Accepted: 12th November 2017