

Influence of mechanical instruments on creating root canal aberrations

Wpływ narzędzi maszynowych na tworzenie aberracji kanałów korzeniowych

Agata Koprowicz, Michał Łęski, Piotr Koprowicz, Halina Pawlicka

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: prof. H. Pawlicka

Abstract

Introduction. The purpose of the mechanical preparation of the root canal is to enlarge the canal and create a continuously tapering funnel form, from the coronal access cavity to the root apex, as well as to maintain the original canal shape and apical foramen in their original spatial relationship both to the periapical tissues and to the root surface. In the case of curved canals, pre-curved or flexible files, which adapt to the canal curvature, should be used. Failure to observe this rule is the most common cause of straightening the canal and committing procedural errors in the apical part such as formation of ledges, artificial constrictions called elbows, apical zips, fractures of the apical portion of the canal wall or formation of *via falsa* located at some distance from the anatomical apical foramen. **Aim of the study.** To evaluate the impact of working movement of files on transportation of the apical foramen, its diameter and the presence of aberrations in the canal's course. **Material and methods.** The study involved reciprocating files, WaveOne (Dentsply Maillefer) and Reciproc (VDW), and rotary ProTaper Next system (Dentsply Maillefer). Thirty resin blocks (Endo-Training-Bloc, Dentsply Maillefer) with hollow inside canals containing a single curvature (L-type canals) were used in the study. Prior to preparation, the working length of the canals was measured and then the canals were filled with black ink (Astra SA). After preparation, the blocks were fixed again and photographed. Images were superimposed in a computer software and measuring points were determined. The amount of removed

Streszczenie

Wprowadzenie. Zadaniem mechanicznego opracowania kanału korzeniowego jest poszerzenie oraz nadanie jamie zęba kształtu stale zwężającego się lejka, w kierunku od ujścia koronowego do wierzchołka, przy jednoczesnym zachowaniu oryginalnego przebiegu kanału oraz położenia otworu wierzchołkowego w stosunku do otaczających tkanek i powierzchni korzenia. Zakrzywione kanały należy opracowywać narzędziami wcześniej dogiętymi do krzywizny kanału lub na tyle giętkimi, że same dopasowują się do jej przebiegu. Nieprzestrzeganie tej zasady jest najczęstszą przyczyną prostowania kanału i popełniania błędów proceduralnych w przywierzchołkowej jego części w postaci: tworzenia schodków (ang. ledges), sztucznych przewężeń zwanych kolankiem (ang. elbow), okołowierzchołkowych nisz (ang. apical zip), odłamania fragmentu wierzchołkowej ściany kanału lub stworzenie fałszywego kanału, który znajduje się w mniejszej lub większej odległości od anatomicznego otworu wierzchołkowego. **Cel pracy.** Celem pracy była ocena wpływu ruchu i kształtu narzędzia na transportację otworu wierzchołkowego, jego średnicę, jak również występowanie aberracji w przebiegu kanału. **Material i metoda.** Badaniu poddano narzędzia recyprokalne WaveOne (Dentsply Maillefer) i Reciproc (VDW) oraz narzędzia rotacyjne ProTaper Next (Dentsply Maillefer). Do badań wykorzystano 30 bloczków z żywicy (Endo-Training-Bloc, Dentsply-Maillefer) ze sztucznymi kanałami z pojedynczą krzywizną (tzw. kanały typu L). Przed opracowaniem mierzono długość roboczą

KEYWORDS:

mechanical instrumentation, reciprocating movement, aberration, perforation, ledge

HASŁA INDEKSOWE:

narzędzia maszynowe, ruch recyprokalny, aberracje, perforacja, stopień

material corresponded to the distance between the measuring point and the wall of the canal after the preparation. The obtained data were subjected to statistical analysis. **Results.** This study has confirmed the scientists' opinions that differences in the structure and working movement of files affect the resulting shape of the root canal. The tested instruments ensure simulated canal preparation in a satisfactory manner. The concept of one file with high and variable taper carries the risk of more extensive canal transportation. However, the comparison of the preparation with the system based on a sequence of files did not reveal any statistically significant differences.

Introduction

Therapeutic success of root canal treatment depends primarily on the effective elimination of bacteria and prevention of inflammatory infection. This is achieved by optimal preparation of the canal and hermetic filling. Endodontic preparation is composed of two parts: mechanical, performed by means of various instruments, and chemical using various rinsing agents. The mechanical part involves enlargement of the root canal while maintaining its natural curvature and location of apical foramen. The shape of the canal is defined as a continuously tapering funnel form, from the coronal access cavity to the root apex. During root canal preparation, clinicians encounter problems that may involve treatment complications (overpreparation leading to perforation and aberration of canal walls, insufficient disinfection, overfilling of the material through the apex opening) as well as "technical" obstacles (associated with a long time of preparation, the need of using numerous instruments, fractures and deformation of files). The search for instruments, which meet the abovementioned criteria, continues. The use of nickel-titanium alloy, from which first manual and then machine files were made, has revolutionized endodontics. As a result, the time of endodontic treatment was reduced. Lower frequency of occurrence of procedural errors was also observed.

kanalów i wypełniono je czarnym tuszem kreślarskim (Astra S.A.). Po opracowaniu, bloczki ponownie fiksowano i fotografowano. Po nałożeniu zdjęć bloczków w programie komputerowym, wyznaczono tzw. punkty pomiarowe. Ilość usuniętego w trakcie opracowania materiału wyznaczała odległość między punktem pomiarowym a ścianą kanału po opracowaniu. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. **Wyniki.** Przeprowadzone badanie potwierdziło zdanie naukowców, że różnice w budowie i sposobie poruszania narzędzi w kanale wpływają na uzyskany kształt. Badane instrumenty zapewniają opracowanie kanałów symulowanych w sposób zadowalający. Wykorzystanie do opracowania kanału o skomplikowanej anatomii jednego pilnika o dużej i zmiennej stożkowatości, niesie ryzyko większej transportacji kanału. Porównanie z systemem opartym na sekwencji narzędzi nie wykazało istotnych statystycznie różnic.

Wprowadzenie

Sukces terapeutyczny leczenia kanałowego zależy przede wszystkim od skutecznej eliminacji bakterii i zapobiegania infekcji zapalnej. Jest to osiągnięte przez optymalne opracowanie kanału oraz szczelne jego wypełnienie. Procedura opracowania jest złożona z dwóch części: mechanicznej za pomocą różnych narzędzi oraz chemicznej, za pomocą różnych środków płuczących. Część mechaniczna uwzględnia poszerzenie kanału, z zachowaniem jego naturalnego przebiegu i położenia otworu fizjologicznego. Kształt kanału określany jest jako stożek stale zwężający się w kierunku od komory do wierzchołka. Podczas leczenia kanałowego klinicyści napotykają problemy, które mogą dotyczyć tzw. powikłań leczniczych (nadmierną preparację doprowadzającą do powstania perforacji i aberracji ścian kanałów, niedostateczne odkażenie, przepchnięcie materiału poza otwór fizjologiczny), a także utrudnień „technicznych” (związanych z długim czasem opracowania, koniecznością użycia wielu narzędzi, przypadków łamania i deformacji pilników). Trwają poszukiwania narzędzi, które spełniałyby wyżej wymienione założenia. Wykorzystanie stopu niklowo-tytanowego, z którego wykonano pilniki najpierw ręczne, a później maszynowe, zrewolucjonizowało endodoncję. Dzięki temu czas zabiegu endodontycznego został skrócony.

Expanded canal file sequences, however, require long-lasting treatment procedures and considerable effort to control them. In today's endodontics, there is a tendency to simplify the procedure of root canal treatment, which is not associated with inferior quality of its performance. Previous complicated sequences of endodontic files are now being replaced by a single file technique. Preparation with chemical agents in which various methods are applied, including a completely new concept of treatment by means of the innovative instruments with lattice-like structure (Self-Adjusting File), has also been reported.

Instrumentation of straight and wide root canals does not cause difficulties for endodontists. The basic principle of canal preparation is to maintain its natural course. In the case of curved canals, precurved or flexible files adapting to the canal curvature should be used. Failure to observe this rule is the most common cause of straightening the canal and committing procedural errors in the apical part in the form of ledges,¹⁻⁴ artificial constrictions called elbows,^{1,5} apical zips,^{1,2,6} fractures of the apical portion of the canal wall or *via falsa*^{1,7-9} located at some distance from the anatomical apex opening (Fig.1).

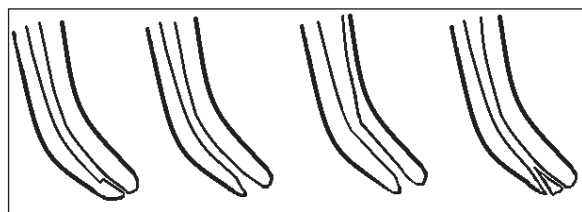


Fig. 1. Ledge, apical zip with perforations, elbow, perforation.
Stopień, apical zip z perforacją, kolano, perforacja

The aim of this study was to evaluate the effect of movement and shape of instruments on transportation of apical foramen, its diameter, as well as aberration in the course of the canal.

Material and methods

The study involved reciprocating files, WaveOne (Dentsply Maillefer) and Reciproc (VDW), and rotary ProTaper Next system (Dentsply Maillefer) (Fig. 2). Thirty resin blocks (Endo-Training-Bloc,

Zaobserwowano również mniejszą frekwencję tzw. błędów proceduralnych. Rozbudowane sekwencje narzędzi kanałowych wymagają jednak długo trwającej procedury leczenia i znacznego wysiłku ze strony operatora w celu ich opanowania. W dzisiejszej endodoncji można zauważyć tendencję do upraszczania procesu leczenia kanałowego, co nie oznacza gorszej jakości jego wykonania. Widzimy, że kiedyś skomplikowane sekwencje narzędzi kanałowych są obecnie zastępowane przez techniki jednego narzędzia. Podkreśla się również istotę chemicznego opracowania wspomaganego różnymi metodami, w tym zupełnie nową koncepcję leczenia za pomocą innowacyjnych instrumentów przypominających kształtem siatkę (Self Adjusting File).

Opracowanie prostych i szerokich kanałów korzeniowych nie sprawia lekarzowi wielu trudności. Podstawową zasadą opracowania kanałów jest zachowanie ich naturalnego przebiegu. Aby to osiągnąć, w przypadku kanałów zakrzywionych należy pracować narzędziami wcześniej dogiętymi do krzywizny kanału lub na tyle giętkimi, że same dopasowują się do jej przebiegu. Nieprzestrzeganie tej zasady jest najczęstszą przyczyną prostowania kanału i popełniania błędów proceduralnych w przywierzchołkowej jego części w postaci: tworzenia schodków (ang. ledges),¹⁻⁴ sztucznych przewężeń zwanych kolankiem (ang. elbow),^{1,5} okołowierzchołkowych nisz (ang. apical zip),^{1,2,6} odłamania fragmentu wierzchołkowej ściany kanału lub stworzenie fałszywego kanału,^{1,7-9} który znajduje się w mniejszej lub większej odległości od anatomicznego otworu wierzchołkowego (Fig. 1).

Celem pracy była ocena wpływu ruchu i kształtu narzędzia na transportację otworu wierzchołkowego, jego średnicę, jak również występowanie aberracji w przebiegu kanału.

Material i metoda

Badaniu poddano narzędzia recyprokalne WaveOne (Dentsply Maillefer) i Reciproc (VDW) oraz narzędzia rotacyjne ProTaper Next (Dentsply Maillefer) (Fig. 2). Do badań wykorzystano 30 bloczków z żywicy (Endo-Training-Bloc, Dentsply-Maillefer) z wydrążonymi we-

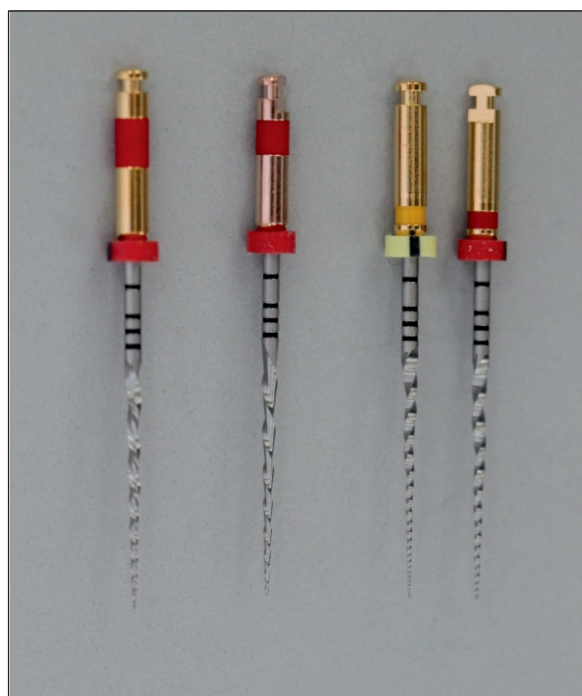


Fig. 2. Instruments WaveOne Primary, Reciproc R25, ProTaper Next X1 i X2.

Narzędzia WaveOne Primary, Reciproc R25, ProTaper Next X1 i X2.

Dentsply Maillefer) with hollow inside canals containing a single curvature (L-type canals) were used in the study, according to the method developed by *Dummer et al.*¹⁰ Depending on the machine instrument, three groups of 10 blocks each (A, B, C) were created. In group A, canals were prepared with WaveOne Primary files, canals in group B were prepared using Reciproc R25 files, while in group C, ProTaper Next files X1 and X2 were used. A VDW.SILVER micromotor and an Xsmart PLUS handpiece with a 6:1 reduction (Dentsply Maillefer) were applied. Prior to preparation, blocks were numbered from 1 to 10 by a diamond drill turbine. All the canals were prepared by a single operator and a single use of all files. Before establishing the working length, the canals were filled with black ink (Astra SA). Blocks with filled canals were photographed with Canon EOS 600D using TAMRON AF 18200 mm f/3.56.3 Di II LD Aspherical (IF) MACRO Zoom Lens with MeiKe Extension Ring with length adjustment. Blocks were fixed on a negatoscope.

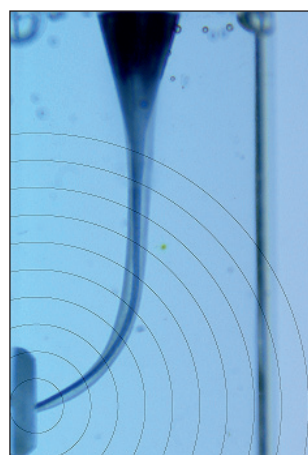


Fig. 3. Photos of L-type canals with drawn circles. Zdjęcia kanałów typu L z nakreślonymi okręgami.

wewnątrz, według metody opracowanej przez *Dummera i wsp.*,¹⁰ sztucznymi kanałami z pojedynczą krzywizną (tzw. kanały typu L). W zależności od zastosowanego systemu maszynowego stworzono 3 grupy (A, B, C), po 10 bloczków każda. W grupie A kanały opracowano narzędziami WaveOne Primary, kanały grupy B opracowano przy użyciu pilników Reciproc R25, natomiast w grupie C zastosowano system ProTaper Next X1 i X2. Do pracy wykorzystano mikrosilnik VDW.SILVER oraz X-smart PLUS Dentsply Maillefer z kątnicą o redukcji 6:1. Przed przystąpieniem do preparacji, bloczki ponumerowano wiertłem diamentowym na turbinę od 1 do 10. Wszystkie kanały zostały opracowane przez jednego operatora i z jednokrotnym użyciem wszystkich narzędzi. Przed opracowaniem mierzono długość roboczą kanałów i wypełniono je czarnym tuszem kreślarskim (Astra S.A.) Bloczki z wypełnionymi kanałami fotografowano aparatem Canon EOS 600D, przy użyciu obiektywu XR Diii TAMRON AF 18-200 mm F/3.5-6.3 (IF) MACRO z pośrednim pierścieniem z płynną regulacją odległości MeiKe EXT. Przed wykonaniem zdjęcia bloczki fiksowano w stałym położeniu na negatoskopie. Zdjęcia zapisywano w postaci plików JPEG. Przed preparacją wypłukiwano z kanałów tusz wodą. Po każdorazowym użyciu pilnika oczysz-

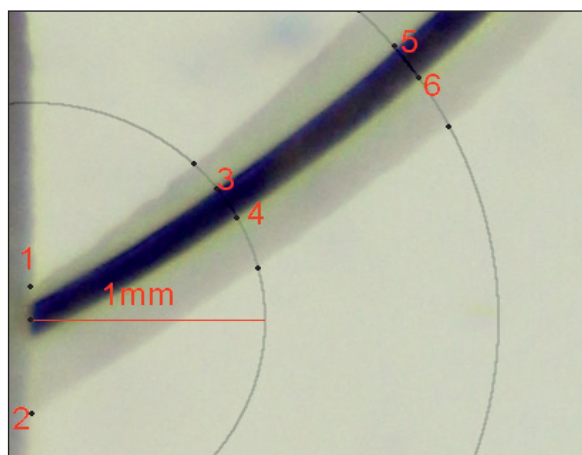


Fig. 4. Determination of measurement points.
Wyznaczanie punktów pomiarowych.

Images were recorded as JPEG files. Before the preparation, the ink in the canals was rinsed with water. After each use, the file was cleaned from chips and each canal was irrigated using 5 ml of water. After the preparation, blocks were again fixed and photographed. Images were recorded as the JPEG files at a resolution of 72 x 72 dpi. A total of 60 images of blocks with L-canals were taken. When all the images were completed (before and after the preparation of the canals), they were superimposed onto each other using GIMP 2.8.6. This program adjusts image sketches allowing for precise application of one image to another. Thirty superimposed images of L-canals were obtained in total (Fig. 3).

After the superimposition of images in a computer program, measuring points were determined. They were obtained by drawing circles centered on the apex of the canal before the preparation. The first circle had a radius of 1 mm and each subsequent circle was 1 mm larger. Ten obtained circles provided ten measuring points on the inner and outer wall of the canal. Measuring points were located at the intersections of circles and the canal walls before and after the preparation. The amount of removed material corresponded to the distance between the measuring point and the wall of the canal after the preparation.

czano go z opilków oraz stosowano irygację wykorzystując 5 ml wody podczas opracowania jednego kanału. Po opracowaniu, bloczki ponownie fiksowano i fotografowano. Zdjęcia zapisywano w postaci plików JPEG w rozdzielczości 72 x 72 dpi. Łącznie wykonano 60 zdjęć bloczków z L – kanałami. Po wykonaniu wszystkich fotografii, przed i po opracowaniu kanałów, zdjęcia nakładano na siebie przy użyciu programu GIMP 2.8.6. Program ten dopasowuje stałe elementy zdjęcia umożliwiając precyzyjne nałożenie jednego zdjęcia na drugie. Uzyskano 30 obrazów z nałożonymi na siebie zdjęciami L kanałów przed i po opracowaniu (Fig. 3).

Po nałożeniu zdjęć bloczków w programie komputerowym, wyznaczono tzw. punkty pomiarowe. Uzyskano je poprzez nakreślenie okręgów, których środkiem był wierzchołek kanału przed opracowaniem. Pierwszy okrąg miał promień równy 1 mm, każdy kolejny o 1 mm większy. Uzyskując 10 okręgów, otrzymano po 10 punktów pomiarowych na wewnętrznej i zewnętrznej ścianie kanału. Punkty pomiarowe znajdują się w miejscach przecięcia okręgów ze ścianami kanału przed i po opracowaniu. Ilość usuniętego w trakcie opracowania materiału wyznaczała odległość między punktem pomiarowym a ścianą kanału po opracowaniu. Pomiary prowadzono prostopadłe do ściany kanału przed opracowaniem. Zastosowano metodę wyznaczania punktów pomiarowych zaproponowaną przez Schäfera i wsp.^{11,12} (Fig. 4). Uzyskane wyniki zapisywano w plikach arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel.

Transportację wierzchołka, czyli jego przesunięcie w stronę wewnętrzną lub zewnętrzną, określano obliczając różnicę pomiędzy ilością usuniętego materiału pomiędzy pierwszym punktem pomiarowym i środkiem otworu wierzchołkowego (M1), a drugim punktem pomiarowym i środkiem otworu wierzchołkowego (M2). Wynik ujemny oznaczał większe opracowanie wierzchołka na zewnętrznej ścianie kanału, natomiast dodatni na wewnętrznej. Pomiarów dokonywano w programie komputerowym po 400-krotnym powiększeniu obrazu. Nadmierne poszerzenie otworu wierzchołkowego obliczano na podstawie sumy ilości usuniętego materiału pomiędzy 1 i 2 punktem

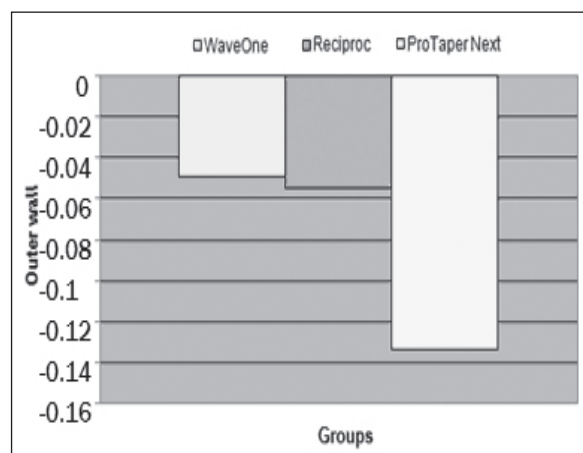


Fig. 5. The average value of transportation L-canals.
Średnia wartość transportacji w L-kanalach.

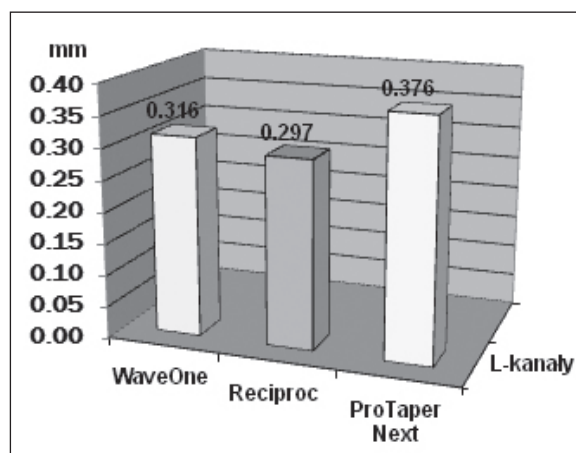


Fig. 6. The average value of the apical foramen diameter after the preparation depending on group.
Średnia wartość średnicy wierzchołka po opracowaniu w zależności od grupy i kształtu kanału.

Measurements were carried out perpendicular to the canal wall before preparation. The method of determining the measuring points was proposed by Schäfer et al.^{11,12} (Fig. 4). The results were recorded in the Microsoft Excel file.

Apical transportation, i.e. moving the apex towards the inner or outer side, was determined by calculating the difference between the amount of removed material between the first measuring point and the center of the apical foramen (M1) and the second measuring point and the center of the apical foramen (M2). A negative result signified more extensive preparation on the outer wall of the canal, while a positive one showed a more extensive preparation on the inner wall. Measurements were performed using a computer program with 400x magnification of the image. Excessive enlargement of the foramen was calculated from the sum of the amount of the removed material between the first and the second measuring point and the center of the apical foramen (M1 + M2). If the result exceeded 0.25 mm, the excessive preparation of the apical foramen was stated. The measurements were performed in a computer program with 400x magnification of the image. The prepared canals were evaluated for the presence of aberrations in the form of a ledge, zip, elbow or perforation. The images were magnified 200 times in a computer program and the results were recorded.

pomiarowym a środkiem otworu wierzchołkowego (M1 + M2). Jeśli wynik przekraczał 0,25 mm, to stwierdzano nadmierne opracowanie otworu wierzchołkowego. Pomiarów dokonywano w programie komputerowym po 400-krotnym powiększeniu obrazu. Opracowane kanały oceniano pod kątem występowania aberracji w postaci ledge, zip, elbow oraz perforacji. Obrazy uzyskane po nałożeniu zdjęć kanałów powiększono 200 razy w programie komputerowym i odnotowano wyniki. Dla opracowania zebranych danych zastosowano metody opisowe i metody wnioskowania statystycznego. Dla porównania dwóch prób niezależnych zastosowano test Manna-Whitney'a. Dla porównania częstości występowania poszczególnych odmian cech w badanych grupach skorzystano z testu niezależności χ^2 . W przypadku porównań kilku grup niezależnych zastosowano test Kruskala-Wallisa, nieparametryczny odpowiednik analizy wariancji dla klasyfikacji pojedynczej, a dla kilku prób zależnych – test Friedmana, będący nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej analizy wariancji dla pomiarów powtarzanych.

Wyniki

Po opracowaniu kanałów typu L obserwowano we wszystkich grupach przesunięcie wierzchołka na zewnątrz (Fig. 5). Transportacja zachodziła



Fig. 7. Ledge in L-canal.
Ledge w L-kanale.

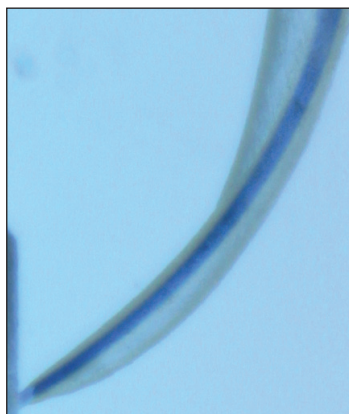


Fig. 8. Elbow in L-canal.
Elbow w L-kanale.



Fig. 9. Zip in L-canal.
Zip w L-kanale.

To elaborate the collected data, descriptive and statistical inference methods were used. The Mann-Whitney test was used for comparison of two independent samples. For comparison of the frequency of particular characteristic varieties in the study groups, the χ^2 test was applied. To compare a few independent groups, the Kruskal-Wallis test, a nonparametric equivalent of analysis of variances for the single classification, was used. In order to compare several dependent samples, the Friedman test, which is an equivalent to the non-parametric one-way analysis of variance for repeated measurements, was applied.

Results

In all study groups, the apex was transported towards the outside after the preparation of the L-type canals (Fig. 5). The most frequent transportation occurred in the WaveOne group, while there was no change in the position of the apical foramen in two cases of Reciproc and ProTaper Next groups, and one inner transportation was recorded in the Reciproc group.

In the ProTaper Next group, the highest value of apical transportation (the lowest mean) was obtained (-0.134 ± 0.131 mm). The WaveOne group was characterized by the highest mean (the lowest degree of transportation), which was -0.049 ± 0.044 mm.

najczęściej w grupie WaveOne, natomiast w grupach Reciproc i ProTaper Next w dwóch przypadkach nie doszło do zmiany położenia wierzchołka, w grupie Reciproc doszło do jednej transportacji do wewnątrz.

W grupie ProTaper Next uzyskano najwyższą wartość transportacji otworu wierzchołkowego (najmniejsza średnia), wynosiła ona $-0,134 \pm 0,131$ mm. Największą średnią charakteryzowała się grupa WaveOne (najmniejsza transportacja), wynosiła ona $-0,049 \pm 0,044$ mm.

Z przeprowadzonego badania wynika, że nadpreparację otworu wierzchołkowego obserwowano w każdej grupie. Żaden z kanałów typu L nie został opracowany do rozmiaru 0,25 mm w okolicy otworu wierzchołkowego. Najmniejszą średnią charakteryzowała się grupa Reciproc, wynosiła ona $0,297 \pm 0,058$ mm (Fig. 6).

Wśród analizowanych grup najczęściej zaobserwowano aberrację o typie Ledge (Fig. 7). W przypadku kanałów z jedną krzywizną częstość wynosiła w grupach WaveOne i ProTaper Next po 0,1, zaś w grupie Reciproc 0,20. Na drugim miejscu pod względem częstości występowania był Elbow (frakcja 0,20 w grupie WaveOne i 0,10 w grupie ProTaper Next) (Fig. 8). Z kolei Zip obserwowano jedynie w grupie ProTaper Next (frakcja 0,20) (Fig. 9) (Tab. 1).

Table 1. Frequency of aberration in groups WaveOne, Reciproc and ProTaper Next in L type canals

Type of aberration	Groups						Value of chi ² test	Significance p
	WaveOne		Reciproc		ProTaper Next			
	n	Fraction	n	Fraction	n	Fraction		
LEDGE	1	0.1	2	0.2	1	0.1	0.576	p>0.05
ELBOW	2	0.2	-	-	1	0.1	2.222	p>0.05
ZIP	-	-	-	-	2	0.2	4.285	p>0.05

The study results showed the overpreparation of the apical foramen in each group. None of the L-type canals was prepared to a size of 0.25 mm in the area of the apical foramen. The lowest mean was noticed in the Reciproc group, which equaled 0.297 ± 0.058 mm (Fig. 6).

Among the analyzed groups, ledge formation was the most frequently observed aberration (Fig. 7). In the case of canals with a single curvature, the frequency of ledge occurrence in ProTaper Next and WaveOne groups was 0.1, and in the Reciproc group 0.20 followed by elbow (fraction 0.20 in the WaveOne group and 0.10 in the ProTaper Next group) (Fig. 8). On the other hand, zipping was observed only in the ProTaper Next group (fraction 0.20) (Fig. 9) (Tab. 1).

Discussion

In this study, canal preparation produced single cases of aberrations. This is in compliance with observations of other researchers.¹³ Ledge formation, most frequently observed in the Reciproc group, may result from two aggressive cutting edges rotating alternately with smaller angles than the WaveOne file. In contrast, the zip formation, which coincides with the apical excessive preparation, mostly concerned the WaveOne file. It is likely that a modified cross-section shape of a convex triangle affects the disalignment of the opening and contributes to the creation of such complications.

During the preparation of the apical area, the apex was transported towards the outside in most of the cases. The most frequent transportation in the L-type canals was observed in the WaveOne

Dyskusja

W przeprowadzonym badaniu na skutek opracowania kanałów wystąpiły pojedyncze przypadki aberracji. Jest to zgodne z wynikami innych badań.¹³ Ledge obserwowany najczęściej w grupie Reciproc może wynikać z agresywnego cięcia żywicy za pomocą dwóch krawędzi tnących obracających się naprzemiennie o mniejszych kątach niż narzędzie WaveOne. Natomiast efekt zip, który współwystępuje z nadpreparacją otworu wierzchołkowego, najczęściej dotyczył instrumentu WaveOne. Być może przekrój poprzeczny o zmodyfikowanym kształcie wypukłego trójkąta narzędzia w okolicy wierzchołka wpływa na rozkalibrowanie otworu oraz przyczynia się do wytworzenia tego rodzaju powikłania.

Podczas opracowania okolicy wierzchołkowej w większości przypadków zachodziło przesunięcie wierzchołka na zewnątrz. Najczęściej do transportacji w kanałach typu L dochodziło w grupie WaveOne. Ta sama grupa powodowała najmniejszą średnią transportację wierzchołka. Trójkątny przekrój narzędzia WaveOne sprzyja równomiernej pracy po obu ścianach kanału, zachowując tym samym naturalne położenie otworu wierzchołkowego. Najmocniej przemieszczała wierzchołek grupa ProTaper Next. W grupie Reciproc pojawiały się przypadki braku transportacji lub transportacji do wewnątrz.

Po opracowaniu kanałów wszystkimi grupami w żadnym przypadku nie uzyskano wartości równej 0,25 mm w otworze wierzchołkowym. Wynik najbliższy pożądanej wartości uzyskała grupa narzędzi Reciproc, których przekrój ma najmniejszą powierzchnię. Odjęcie 0,5 mm od całkowitej dłu-

group. The same group had the lowest mean value of transportation. The triangular cross section of the WaveOne file contributes to uniform cutting on both canal walls, thereby maintaining the natural position of the apical opening. The apical area was most strongly transported in the ProTaper Next group. In the Reciproc group, a few cases with lack of transportation or inner transportation were recorded.

After the canal preparation with all groups of files, the value of 0.25 mm was not achieved in any apical foramen. The result closest to the desired value was obtained in the Reciproc group, which had the smallest cross-sectional surface. Subtracting 0.5 mm from the total working length of the canal prepared by reciprocating files provided better results in the achieved apical diameter. Continuous movement along the full working length of the canal by the ProTaper Next file increased the risk of apical overpreparation.

Any excessive apical preparation leads to iatrogenic errors and irreversibly reduces the strength of the tooth to cracking.^{14,15} Damage to the physiological foramen causes loss of the so called “apical stop”, which can result in irritation of the periapical tissues by the contents of the canal or filling materials pushed through the apex.¹⁶ Complications associated with the extrusion of the canal contents beyond the apical foramen and excessive preparation of the canal are caused by too much pressure and some tendency of files to “screw” into the wall of the canal. There is a risk of losing control of working length by the operator, and bacteria in the grooves of cutting edges can contribute to developing apical periodontitis.¹⁷ Research on the ProTaper Universal system has confirmed that this cross-sectional shape determines the subjective feeling of “drawing” the file into the depths of the canal and the effect of screwing into the canal wall.^{18,19} This is consistent with feelings of the authors of this study during the first work with the Reciproc file. This file seems to be “aggressive”, and since it easily screws deeper into the canal, the endodontist should above all control the moment of withdrawing the file when it reaches the determined working length.

To conclude, the differences in the structure and

gości roboczej kanałów opracowanych narzędziami recyprokalnymi, dało lepsze wyniki osiągniętej średnicy wierzchołka. Ruch ciągły na pełnej długości kanału narzędzia ProTaper Next zwiększył ryzyko nadpreparacji otworu wierzchołkowego.

Każda nadmierna preparacja kanału w okolicy wierzchołka korzenia prowadzi do jatrogennych błędów, jak również w nieodwracalny sposób zmniejsza wytrzymałość zęba na pęknięcia.^{14,15} Uszkodzenie otworu fizjologicznego powoduje utratę tzw. apical stop, przez co może dojść do podrażnienia tkanek okołowierzchołkowych przepchniętą zawartością kanału lub materiałami wypełniającymi.¹⁶ Powikłania w postaci przepchnięcia zawartości kanału poza otwór wierzchołkowy oraz jego nadmierna preparacja wynikają ze zbyt dużego nacisku podczas wprowadzania pilnika oraz samej tendencji pilników do „wkręcania się” w ściany kanału. Występuje wówczas ryzyko utraty kontroli długości roboczej przez operatora, a bakterie znajdujące się w wyźłobieniach ostrzy narzędzia mogą sprzyjać zapaleniu tkanek okołowierzchołkowych.¹⁷ Badania nad systemem ProTaper Universal potwierdziły, że to kształt przekroju poprzecznego decyduje o ocenie subiektywnego odczucia ”wciągania” pilnika w głąb kanału oraz efektu wkręcania się w ścianę kanału.^{18,19} Jest to zgodne z moimi odczuciami podczas pierwszej pracy narzędziem Reciproc. Narzędzie wydaje się być „agresywne” i ponieważ łatwo wkręca się w głąb kanału, gdy osiągnie określoną długość roboczą, należy przede wszystkim pilnować momentu wycofania pilnika.

Podsumowanie

Podsumowując można stwierdzić, że różnice w budowie i sposobie poruszania narzędzi w kanale wpływają na uzyskany kształt. Badane instrumenty zapewniają opracowanie kanałów symulowanych w sposób zadowalający. Koncepcja jednego pilnika o dużej i zmiennej stożkowatości niesie ryzyko większej transportacji kanału. Porównanie z systemem opartym na sekwencji narzędzi nie wykazało istotnych statystycznie różnic. Analizując dotychczasowe badania stwierdzono, że na efekt opracowania kanału mają wpływ budowa instrumentarium, technika jaką lekarz stosuje,

type of moving the instruments in the canal affect the resulting shape. The tested instruments produce simulated canal preparation in a satisfactory manner. The concept of using a single file with a high and variable taper carries the risk of a higher degree of canal transportation. The comparison with the system based on the sequence of files showed no statistically significant differences. Analyzing the studies to date, it has been found that the construction of instrumentation, the technique that the dentist uses, as well as the anatomy of the root canal system affect the result of canal preparation. So far, standards for testing machine systems have not been published. The scientists choose various parameters in the research according to their opinions. The search for the best method to prepare the root canal is still in progress. Therefore, the new mechanical systems require comparative tests to determine the benefits and risks arising from their use.

a także anatomia systemu korzeniowego. Jak dotąd nie opublikowano standardów przeprowadzania badań systemów maszynowych. Naukowcy w swoich pracach dobierają według uznania różne parametry. Poszukiwania najlepszej metody do opracowania kanałów korzeniowych wciąż trwają. Dlatego nowe systemy maszynowe wymagają badań porównawczych, dzięki którym można określić korzyści i czynniki ryzyka wynikające z ich stosowania.

References

1. *Hülsman M, Ove A Peters, Paul MH, Dummer:* Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005; 10: 30-76.
2. *Cohen S, Burrns R:* Pathways of the pulp. 9th ed. St. Louis: Mosby; 2006.
3. *Kim H-Ch, Cheung G S-P, Lee Ch-J, Kim B-M, Park J-K, Kang S-I:* Comparison of forces generated during root canal shaping and residual stresses of three nickel-titanium rotary files by using a three-dimensional finite-element analysis. *J Endod* 2008; 34: 743-747.
4. *Lambrianidis T:* Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endod Topics* 2006; 15: 56-74.
5. *Dziedzic A, Krupiński J:* Leksykon endodontyczny angielsko-polski. English-Polish Endodontic Lexicon. Płyta CD-ROM. Warszawa: Wydawnictwo Kwintesencja; 2008.
6. *Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V:* Root canal preparation with the Ni-Ti system K3, Mtwo and ProTaper. *Aust Endod J* 2007; 33: 73-81.
7. *Nicholls E:* Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surg Oral Med Pathol* 1962; 15: 603-612.
8. *Forzaneh M, Bitbol S, Friedman S:* Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phase I and II: Orthograde retreatment. *J Endod* 2004; 30: 627-633.
9. *Barańska-Gachowska M:* Endodoncja wieku rozwojowego i dojrzałego. Lublin: Czelej; 2004.
10. *Dummer PMH, Alodeh MHA, Al-Omari:* A method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *Int Endod J* 1991; 24: 63-66.
11. *Schäfer E, Lohmann D:* Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile – Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2002; 35: 505-513.
12. *Schäfer E, Tepel J, Hoppe W:* Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion Part 2. instrumentation of curved canals. *J Endod* 1995; 21: 493-497.
13. *Jafarzadeh H, Abbott PV:* Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod* 2007; 33: 1155-1162.
14. *Sathorn C, Palamara JEA, Messer HH:* A compa-

- ri-son of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod* 2005; 31: 283-287.
15. *Versluis A, Messer HH, Pintado MR*: Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *Int Endod J* 2006; 39: 931-939.
 16. *Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pascualini D*: Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod* 2004; 30: 228-230.
 17. *ELAyouti A, Weiger R, Löst C*: Frequency of Overinstrumentation with an Acceptable Radiographic Working Length. *J Endod* 2001; 27: 49-52.
 18. *Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P*: Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2003; 36: 288-295.
 19. *Clauder T, Baumann MA*: ProTaper NT system In Modern Endodontic Practice, *Dent Clin North Am* 2004; 48: 87-111.

Address: 92-216 Łódź, ul. Pomorska 251
Tel.: +4842 6757418, Fax: +4842 6757418
e-mail: endo@csk.umed.lodz.pl

Received: 14th June/August 2015

Accepted: 17th August 2015