MATEUSZ RADWAŃSKI^{A–D}, MICHAŁ ŁĘSKI^{A–D}, KATARZYNA DETKA^{B, D},
HALINA PAWLICKA^{E, F}

Kształtowanie sztucznych kanałów korzeniowych w kształcie litery L trzema nikłowo-tytanowymi systemami narzędzi endodontycznych

Comparison of Three Different Nickel-Titanium Endodontic Systems in Shaping Simulated L-Shaped Canals

Zakład Endodoncji, Katedra Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska

A – koncepcja i projekt badania, B – gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – analiza i interpretacja danych, D – napisanie artykułu, E – krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Streszczenie

Wprowadzenie. Chemomechaniczne opracowanie kanału korzeniowego odgrywa najważniejszą rolę w leczeniu endodontycznym. Bardzo istotne jest również zachowanie integralności i umiejscowienia struktur anatomicznych w wierzchołkowym odcinku kanału oraz unikanie nadmiernego osłabienia korzenia wskutek błędów na etapie opracowania. Szczególne wyzwanie stanowią kanały o dużym stopniu zakrzywienia. Współcześnie wprowadzono wiele nikłowo-tytanowych narzędzi, zwiększając tym samym efektywność opracowania kanałów i bezpieczeństwo pracy w porównaniu z narzędziami wykonanymi ze stali nierdzewnej.

Cel pracy. Porównanie opracowania sztucznych kanałów w kształcie litery L z użyciem ProTaper Universal®, ProTaper Next® i WaveOne Gold®.

Materiał i metody. Trzydzieści bloczków z wykonanymi wewnątrz kanałami w kształcie litery L użyto w badaniu i podzielono na 3 grupy (po 10 w każdej). Kanały zostały opracowane do rozmiaru 25 przy wierzchołku, w każdym przypadku sekwencją narzędzi zalecaną przez producenta. Wskaźnik centralnego położenia narzędzia podczas pracy w kanale, zmianę długości roboczej oraz transportację wierzchołka poddano ocenie.

Wyniki. Użycie narzędzi WaveOne Gold zapewniło najbardziej centralną preparację okolicy przywierzchołkowej sztucznych kanałów w kształcie litery L. Większe odchylenie od oryginalnego przebiegu kanału odnotowano dla narzędzi ProTaper Next. Praca narzędziami ProTaper Universal szczególnie w kanałach zakrzywionych, jak wynika z przeprowadzonych badań, powoduje natomiast największe zmiany w przebiegu kanału. Najmniejszą średnią zmianę długości roboczej oraz transportację wierzchołka zaobserwowano po instrumentacji narzędziami WaveOne Gold.

Wnioski. Spośród badanych narzędzi najlepszą skuteczność w opracowaniu sztucznych kanałów typu L wykazują narzędzia WaveOne Gold (**Dent. Med. Probl.** 2016, 53, 2, 222–229).

Słowa kluczowe: nikłowo-tytanowe narzędzia rotacyjne, opracowanie kanałów korzeniowych, bloczki żywiczne, ruch recyprokalny.

Abstract

Background. Chemomechanical preparation of the root canal system is a key factor in endodontic therapy. It is also important to maintain the integrity and localization of anatomical structures in the apical region of the canal and avoid excessive weakening of the root as a result of errors which occur during preparation. One of the challenges in endodontic treatment is the preparation of canals with high degree of curvature. Nowadays, many nickel-titanium instruments have been introduced, thereby increasing the efficiency and safety of root canal preparation, as compared to stainless steel hand files.

Objectives. The purpose of this study was to compare the shaping ability of ProTaper Universal®, ProTaper Next® and WaveOne Gold® files in simulated L-curved canals.

Material and Methods. Thirty resin blocks with simulated L-curved canals were used in this experimental study and randomly divided into three groups (ten in each). The canals were prepared with files to an apical size of 25 according to the recommendations of the manufacturer. The authors measured the centering ratio, the change of working length, and the transportation of apex so as to investigate the shaping ability of instruments.

Results. In the present study, WaveOne Gold Files have provided the most central apical preparation in artificial L-shaped canals. Greater deviation from the original course of the canal was reported for ProTaper Next. On the other hand, ProTaper Universal Files, according to the study, caused the greatest changes in the course of the canal. The lowest average change in the working length and transportation were observed for WaveOne Gold.

Conclusions. Within the study's limitation, it has been demonstrated that, among the tested files, WaveOne Gold develops the best artificial L-curved canals (**Dent. Med. Probl.** 2016, 53, 2, 222–229).

Key words: nickel-titanium rotary files, root canal preparation, resin blocks, reciprocating movement.

Chemomechaniczne opracowanie systemu kanałowego odgrywa najważniejszą rolę w leczeniu endodontycznym. Celem zabiegu jest: usunięcie miazgi, poszerzenie kanału korzeniowego, dezynfekcja systemu kanałowego z ostatecznym trójwymiarowym jego wypełnieniem. Istotne jest również zachowanie integralności i umiejscowienia struktur anatomicznych w wierzchołkowym odcinku kanału oraz unikanie nadmiernego osłabienia korzenia wskutek błędów na etapie opracowania [1, 2]. W przypadku kanałów o silnym stopniu zakrzywienia i szczególnych cechach anatomicznych (np. kanały w kształcie litery „C”) nie zawsze udaje się spełnić wszystkie te cele jednocześnie [3].

Współcześnie na rynek wprowadzono wiele systemów narzędzi wykonanych ze stopu niklo-tytanowego, zwiększając tym samym efektywność opracowania kanałów i bezpieczeństwo pracy w porównaniu z narzędziami wykonanymi ze stali nierdzewnej [4]. Narzędzia różnią się między sobą przekrojem, stożkowatością, ukształtowaniem powierzchni tnących i wierzchołka, a także procentową zawartością wagową poszczególnych składników stopu niklo-tytanowego oraz technologią ich wykonania [5]. Wyróżnia się również różne techniki preparacji narzędziami maszynowymi. Obserwuje się także tendencję do zmniejszenia liczby instrumentów umożliwiających optymalne poszerzenie kanałów korzeniowych, dzięki czemu skraca się czas pracy, a procedura opracowania staje się bardziej przejrzysta [6].

W skład zestawu podstawowego systemu ProTaper Universal® (Dentsply Maillefer) wchodzi 6 niklo-tytanowych narzędzi: 3 „shaper” (Sx, S1 i S2) używane do opracowania ujścia kanału oraz jego 2/3 przykoronkowej części oraz 3 „finishing” (F1, F2 i F3) do opracowywania 1/3 przywierzchołkowej części kanału. Pilniki Sx-F2 na przekroju poprzecznym mają kształt wypukłego trójkąta. Pilnik F3 ma natomiast zmodyfikowany przekrój polegający na obecności wyżłobień na powierzchniach między krawędziami tnącymi. Modyfikacja ta została wprowadzona w celu zwiększenia jego giętkości. Do zestawu podstawowego

wego producent dołączył dwa narzędzia uzupełniające (F4 oraz F5) o przekroju narzędzia F3 do opracowywania szczególnie szerokich kanałów. Ważnymi cechami narzędzi ProTaper Universal są: zmienna stożkowatość w obrębie jednego narzędzia oraz zaokrąglony, bezpieczny wierzchołek (*rounded safe tip*).

ProTaper Next® (Dentsply Maillefer) jest następcą znajdującego się na rynku od lat uniwersalnego systemu ProTaper. Nowością jest czworokątny przekrój narzędzia, który zapewnia przestrzeń dla materiału powstałego podczas opracowywania kanału. Narzędzia są wykonane ze stopu M-WIRE®, dzięki czemu są bardziej sprężyste i odporne na cykliczne zmęczenie. Istnieje 5 narzędzi ProTaper Next: X1 (.04/#17), X2 (.06/#25), X3 (.07/#30), X4 (.06/#30) i X5 (.06/#50). Instrumenty są dostępne w długościach: 21 mm, 25 mm i 31 mm. Narzędzia ProTaper Next są dostarczane w sterylnych blistrach w stanie gotowym do użycia. Producent zaleca jednorazowe użycie, ponieważ pozwala to wyeliminować ryzyko zakażeń krzyżowych i obniża częstość łamania instrumentów.

Odminną techniką preparacji w stosunku do pełnoobrotowych instrumentów niklo-tytanowych (ProTaper Universal i ProTaper Next) charakteryzują się narzędzia WaveOne Gold® (Dentsply Maillefer).

Bazując na technice zrównoważonej siły według Roane et al. [7, 8], podczas stosowania instrumentów endodontycznych z naprzemiennym ruchem prawo-lewym opracowano specjalne instrumenty stosowane w maszynowej wersji techniki zrównoważonej siły, czyli tzw. technice recyprokalnej. Ruch recyprokalny różni się od tradycyjnej oscylacji tym, że instrument napędzany recyprokalnie wykonuje najpierw większy ruch kątowy w kierunku cięcia, a następnie mniejszy ruch kątowy w kierunku przeciwnym. W ten sposób uzyskuje się pełen obrót netto, który w jednostce czasu oznacza wyraźnie mniej obrotów w kanale niż w przypadku tradycyjnych systemów pełnoobrotowych. Dzięki większej stożkowatości instrumentu jest możliwe skuteczne odprowadzenie

zębiny/usuwanego materiału w kierunku dokoronowym i właściwe oczyszczenie systemu kanałowego [9, 10].

Narzędzia WaveOne Gold są nową generacją niklowo-tytanowych narzędzi opartą na technice recyprokalnej. Dzięki procesowi obróbki termicznej z następczym chłodzeniem uzyskują złoty wygląd, są bardziej giętkie i odporne na cykliczne zmęczenie. W skład systemu wchodzi 4 narzędzia różniące się rozmiarami przy wierzchołku: .07/#20 (Small), .07/#25 (Primary), .06/#35 (Medium), .05/#45 (Large). WaveOne Gold są dostępne w 3 długościach: 21, 25 oraz 31 mm. Przekrój narzędzi ma kształt równoległoboku i w zależności od umiejscowienia części pracującej kontakt narzędzia ze ścianą kanału może być jedno lub dwupunktowy. Zmniejsza się dzięki temu możliwość zablokowania narzędzia podczas pracy.

Celem pracy było porównanie skuteczności opracowania sztucznych kanałów w kształcie litery L.

Material i metody

Do badań laboratoryjnych użyto 30 bloczków z żywicy (Endo-Training Blocks 02 taper®, REFA 0177, Dentsply Maillefer, CH-1338 Ballaigues, Szwajcaria) z wykonanymi wewnątrz sztucznymi kanałami w kształcie litery L. Kanały wyprodukowano z użyciem cwieków srebrnych o stożkowatości 2% i rozmiarze na wierzchołku 15. Całkowita długość kanału wynosiła 17 mm (WL).

Bloczki podzielono na 3 grupy, po 10 bloczków w każdej. Przed przystąpieniem do pracy narzędziami maszynowymi potwierdzono drożność i długość roboczą kanału narzędziem ręcznym

(pilniki Kerra – rozmiar 15). Następnie bloczki wypełniono czarnym tuszem.

Do badań wykorzystano narzędzia ProTaper Universal, ProTaper Next oraz WaveOne Gold (ryc. 1).

Pierwszą grupę (10 bloczków) opracowano narzędziami ProTaper Universal z użyciem mikrosilnika TECNICA® (Dentsply Maillefer) ustawionego na 300 obrotów na minutę oraz 2 Ncm momentu obrotowego. Wykonano glide path narzędziem K-File 15, a następnie zastosowano sekwencję narzędzi: Sx, S1, S2, F1 oraz F2.

Drugą grupę (10 bloczków) opracowano narzędziami ProTaper Next z użyciem mikrosilnika TECNICA (Dentsply Maillefer) ustawionego na 300 obrotów na minutę oraz 2 Ncm momentu obrotowego. Przed pracą systemem wykonano glide path narzędziami Path Files: P1, P2 (Dentsply Maillefer). Następnie zastosowano sekwencję narzędzi zalecaną przez producenta: X1 (17/.04) oraz X2 (25/.06) na pełną długość roboczą.

Trzecią grupę (10 bloczków) opracowano narzędziami WaveOne Gold z użyciem mikrosilnika WaveOne Endo Motor® (Dentsply Maillefer). Zastosowano sekwencję zalecaną przez producenta. W pierwszej kolejności opracowano 2/3 części koronowej kanału (11 mm) do rozmiaru 15 pilnikiem K oraz narzędziem maszynowym WaveOne Gold .07/#25 (Primary). Następnie wykonano glide path narzędziem K-File 10 i 15 oraz poszerzono kanał narzędziem maszynowym .07/#25 (Primary) do momentu osiągnięcia pełnej długości roboczej.

Kanały wszystkich badanych grup zostały opracowane do rozmiaru 25 na wierzchołku (narzędzie F2 [.08/#25], X2 [.07/#25] oraz Primary [.07/#25]). Każde narzędzie było użyte jeden raz.

Ryc. 1. Niklowo-tytanowe narzędzia użyte w badaniu:

A – ProTaper Universal,
B – ProTaper Next,
C – WaveOne Gold

Fig. 1. Nickel-titanium files used in the study:

A – ProTaper Universal,
B – ProTaper Next,
C – WaveOne Gold

Ryc. 2. Pomiar centralnego położenia narzędzia w kanale podczas pracy. X1 – ilość usuniętego materiału ze ściany wewnętrznej, X2 – ilość usuniętego materiału ze ściany zewnętrznej, Y – średnica kanału po opracowaniu

Fig. 2. Measurement of centering ability. X1 – amount of material removed from inner canal wall, X2 – amount of material removed from outer canal wall, Y – diameter of the canal after preparation

Kanały pomiędzy kolejnymi narzędziami były obficie płukane 0,9% roztworem soli fizjologicznej, a jako lubrykantu użyto gliceryny.

Bloczki przed opracowaniem i po nim fiksovano w stałej pozycji i fotografowano. Zdjęcia zapisywano w postaci plików JPEG. Następnie zdjęcia nakładano na siebie z użyciem programu GIMP 2.6®.

Ocenie poddano zdolność instrumentu do utrzymania centralnego położenia w kanale podczas pracy (centering ability), zmianę długości roboczej oraz transportację wierzchołka.

Po nałożeniu bloczków wyznaczono punkty pomiarowe poprzez wykreślenie okręgów oddalonych od siebie o 1 mm, uzyskując 20 punktów pomiarowych, po 10 na każdej ścianie. Za punkty pomiarowe uznano miejsca przecięcia okręgów ze ścianami kanału przed opracowaniem. W celu określenia centralnego położenia instrumentu w kanale podczas pracy wyznaczono wskaźnik (centering ratio) z użyciem wzoru: $(X1-X2)/Y$, gdzie X1 oznaczał ilość usuniętego materiału ze ściany wewnętrznej, X2 wskazywał na ilość usuniętego materiału ze ściany zewnętrznej, a Y to średnica kanału po ostatecznym opracowaniu (ryc. 2). W punktach znajdujących się o 1 mm od wierzchołka (punkt 1 dla krzywizny mniejszej i większej kanału) określano przesunięcie wierzchołka, tzn. jego transportację na zewnątrz lub do wewnątrz krzywizny. Pomiarów dokonywano w programie komputerowym w powiększeniu 200x, z dokładnością do 0,01 mm.

Po opracowaniu kanałów mierzono długość roboczą za pomocą linijki endodontycznej i z wykorzystaniem lupy. Pomiarów wykonywano z dokładnością do 0,25 mm. Odnotowywano zmianę długości w stosunku do długości kanału przed opracowaniem (17 mm).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Do porównania średnich w 3 grupach zastosowano test Kruskala-Wallisa, a dla porównania grup parami test Manna-Whitneya. Poziom istotności wynosił $p < 0,05$.

Wyniki

Wskaźnik centralnego położenia instrumentu w kanale

Zdolność instrumentu do utrzymania centralnego położenia w kanale podczas pracy przedstawiono na ryc. 3. Porównanie wszystkich trzech średnich łącznie wykazało istotne statystycznie

Ryc. 3. Porównanie wskaźnika centralnego położenia instrumentu w kanale podczas pracy

Fig. 3. Comparison of the centering ratio

różnice w początkowych trzech punktach pomiaru ($p < 0,05$) oraz w punktach końcowych, w odległości od 7 do 10 mm od wierzchołka ($p < 0,01$). W każdej z trzech pierwszych odległości (1–3 mm) największe odchylenie od centralnej osi kanału zanotowano dla narzędzi ProTaper Universal. Różnica w przypadku porównania parami okazała się istotna statystycznie. W 1 mm zarówno między ProTaper Universal a ProTaper Next ($p = 0,0376$), jak i między ProTaper Universal a WaveOne Gold ($p = 0,0452$). W 2 mm między ProTaper Universal a WaveOne Gold ($p = 0,0091$), a w 3 mm między ProTaper Universal a ProTaper Next ($p = 0,014$). W 7, 8, 9 oraz 10 punkcie pomiaru różnice okazały się istotne statystycznie między narzędziami ProTaper Universal a ProTaper Next (odpowiednio: $p = 0,0367$, $p = 0,0073$, $p = 0,0036$, $p = 0,0073$) oraz między ProTaper Next a WaveOne Gold (odpowiednio: $p = 0,0022$, $p = 0,0073$, $p = 0,0257$, $p = 0,0211$).

Zmiana długości roboczej

Porównanie zmiany długości roboczej zestawiono na ryc. 4.

Istnieje istotna statystycznie różnica zmiany długości roboczej kanału w przypadku porównania ProTaper Universal, ProTaper Next i WaveOne Gold ($p < 0,01$). Największą zmianę długości roboczej zaobserwowano po opracowaniu kanałów narzędziami ProTaper Universal ($0,34 \pm 0,117$ mm), a najmniejszą w przypadku narzędzi WaveOne Gold ($0,15 \pm 0,071$ mm). Porównanie parami wykazało istotną statystycznie różnicę w zakresie zmiany długości roboczej kanału między ProTaper Universal a WaveOne Gold ($p = 0,0017$) oraz między ProTaper Next a WaveOne Gold ($p = 0,0284$). Zatem istotnie statystycznie mniejsza była zmiana długości roboczej kanału w przypadku stosowania narzędzi WaveOne Gold niż w przypadku ProTaper Universal i ProTaper Next.

Ryc. 4. Zmiana długości roboczej kanału [mm]. Wyniki przedstawiono w postaci średniej i odchylenia standardowego

Fig. 4. Change of the working length. Data presented as mean $\pm$ SD

Transportacja wierzchołka

Porównanie transportacji wierzchołka pokazano na ryc. 5.

W przypadku narzędzi ProTaper Universal w jednym tylko przypadku transportacja była w stronę wewnętrzną (wynik ujemny). W większości opracowanych kanałów (8 przypadków) dla narzędzi ProTaper Next transportacja była w stronę wewnętrzną. Z kolei w przypadku narzędzi WaveOne Gold w czterech przypadkach transportacja nastąpiła w stronę wewnętrzną. Dla narzędzi ProTaper Next i WaveOne Gold wartości średnie transportacji okazały się ujemne.

Porównanie średnich wykazało, że w przypadku narzędzi ProTaper Universal transportacja była przeciętnie większa niż dla ProTaper Next i niż dla WaveOne Gold. Różnica między przeciętną transportacją w przypadku tych par narzędzi jest istotna statystycznie na poziomie błędów $p < 0,05$.

Ryc. 5. Transportacja wierzchołka [mm]. Wyniki przedstawiono w postaci średniej i odchylenia standardowego

Fig. 5. Apical transportation [mm]. Data presented as mean $\pm$ SD

Omówienie

W przeprowadzonym badaniu porównywalno skuteczność opracowania kanałów w kształcie litery L z użyciem niklowo-tytanowych narzędzi: ProTaper Universal, ProTaper Next oraz WaveOne Gold.

Wiele czynników może wpływać na kształtowanie kanałów za pomocą maszynowych narzędzi niklowo-tytanowych. Można do nich zaliczyć m.in.: sieć krystaliczną stopu, budowę narzędzia maszynowego (stożkowatość, geometrię przekroju poprzecznego) czy technikę preparacji [11].

Wyróżnia się 3 główne struktury faz krystalicznych stopu niklowo-tytanowego: austenit, martenzyt oraz fazę przejściową R. W fazie austenicznej stop niklowo-tytanowy jest twardy i bar-

dzo wytrzymały, podczas gdy w fazie martenzytycznej staje się bardziej sprężysty i ciągliwy [12]. Narzędzia ProTaper Universal mają strukturę kryształiczną austenitu, natomiast narzędzia ProTaper Next oraz WaveOne Gold martenzytu.

Stożkowatość jest to stopień zwiększania średnicy narzędzia od wierzchołka do uchwytu. Narzędzia maszynowe mogą charakteryzować się stałą stożkowatością (constant taper), zwiększającą się stożkowatością (progressive taper) oraz malejącą stożkowatością (decreasing taper) [13]. Wzrastająca stożkowatość zwiększa sprężystość narzędzia, podczas gdy malejąca powoduje zwiększenie jego sztywności [14]. Narzędzia S1 oraz S2 systemu ProTaper Universal charakteryzuje zwiększająca się stożkowatość, podczas gdy narzędzia F1 oraz F2 charakteryzują się malejącą stożkowatością. Narzędzia X1 oraz X2 systemu ProTaper Next w swojej części wierzchołkowej mają wzrastającą stożkowatość, a w części koronowej malejącą. Narzędzie Primary WaveOne Gold charakteryzuje się malejącą stożkowatością.

Niklowo-tytanowe narzędzia maszynowe charakteryzuje również różnorodność przekroju poprzecznego części pracującej [15]. Kształt przekroju ma bezpośredni związek z innym istotnym parametrem, tzw. przestrzenią na wióry. Im większa przestrzeń na wióry (przestrzeń między ścianą kanału korzeniowego a przekrojem instrumentu) tym bardziej skutecznie instrument jest w stanie odprowadzić usunięte resztki materiału/zębiny z kanału korzeniowego w kierunku koronowym. Narzędzia ProTaper Universal charakteryzuje symetryczny przekrój, podczas gdy narzędzia ProTaper Next i WaveOne Gold pracują w przekroju asymetrycznym. Producenci twierdzą, że asymetryczny przekrój instrumentu zmniejsza jego obciążenie oraz efekt wkręcania, umożliwiając tym samym uzyskanie prawidłowego kształtu także silnie zakrzywionych kanałów korzeniowych [16].

Do badań użyto bloczków wykonanych z żywicy. Taki model oceny jest często wykorzystywany w celu uniknięcia problemów, jakie sprawia dobór zębów naturalnych o zbliżonej anatomii systemu kanałowego. Zaletą bloczków żywicznych jest standaryzacja kąta i promienia krzywizny kanału oraz rozmiaru i stożkowatości jego światła [17]. Należy jednak pamiętać, że uzyskanych wyników nie należy odnosić do sytuacji klinicznej z uwagi na podstawowe różnice właściwości tworzywa sztucznego i zębiny [18].

W przypadku porównywania opracowania kanałów korzeniowych ważne jest również zachowanie identycznego rozmiaru na wierzchołku [19]. Wszystkie zastosowane systemy narzędzi miały ten sam rozmiar na wierzchołku, który wynosił 25, różniły się jedynie stożkowatością.

W przypadku narzędzi grupy pierwszej (ProTaper Universal) stożkowatość wynosiła .08, natomiast dla narzędzi grupy drugiej (ProTaper Next) i trzeciej (WaveOne Gold) .07.

Największe znaczenie w ramach preparacji kanału korzeniowego ma zachowanie integralności anatomii kanału korzeniowego i umiejscowienia otworu wierzchołkowego [20]. W badaniu analizie poddano zdolność instrumentu do pozostania centralnie w kanale podczas pracy, zmianę długości roboczej oraz transportację wierzchołka.

Zdolność narzędzia do utrzymania centralnego położenia w kanale podczas pracy obliczono zgodnie ze wzorem $(X1-X2)/Y$, gdzie X1 oznaczał ilość usuniętego materiału ze ściany wewnętrznej, X2 wskazywał na ilość usuniętego materiału ze ściany zewnętrznej, a Y to średnica kanału po ostatecznym opracowaniu. Im niższy wynik (bliższy wartości 0), tym narzędzie w mniejszym stopniu zmieniał oryginalny przebieg kanału. W okolicy przywierzchołkowej, jak i okolicy przykoronowej najbardziej centralną preparację zaobserwowano w przypadku opracowania kanałów w kształcie litery L z użyciem narzędzi WaveOne Gold. W okolicy przywierzchołkowej największe odchylenie od centralnego przebiegu sztucznego kanału odnotowano dla narzędzi ProTaper Universal. Według Filho et al. [21] może być to związane z techniką preparacji. W przeprowadzonym badaniu [21] porównującym skuteczność opracowania sztucznych kanałów systemami Reciproc®, UnicOne® (systemy recyprokalne) z narzędziami ProTaper Universal (pełnoobrotowy system maszynowy) autorzy wykazali, że narzędzia pracujące techniką recyprokalną w lepszym stopniu zachowywały oryginalny przebieg kanału. Z kolei badania Wu et al. [11] porównując kształtowanie sztucznych kanałów w kształcie litery L i S trzema systemami maszynowymi (ProTaper Universal, ProTaper Next oraz WaveOne®), wykazały, że najmniejsze odchylenia od oryginalnego przebiegu kanału typu L w okolicy przywierzchołkowej były obserwowane w przypadku preparacji narzędziami ProTaper Next, największe zaś w przypadku WaveOne. Bezsprzeczne pozostaje jednak, że narzędzia maszynowe podczas pracy mają tendencję do prostowania zakrzywionych kanałów [11].

Kolejnym parametrem poddanym ocenie była zmiana długości roboczej. W większości badań nad opracowaniem kanałów korzeniowych obserwuje się utratę długości roboczej po instrumentacji narzędziami maszynowymi [22–24]. W badaniu porównującym opracowanie kanałów typu L z użyciem narzędzi ProTaper Universal i ProTaper Next [22] istotnie mniejszą utratę długości roboczej odnotowano po opracowaniu kanałów narzędziami ProTaper Next. Badania, w których do

opracowania sztucznych zakrzywionych kanałów korzeniowych użyto systemu ProTaper Universal wskazywały na największą utratę długości roboczej w stosunku do długości kanału przed opracowaniem [22, 24, 25]. Efekt ten wg Filho et al. [21] może być najprawdopodobniej wynikiem użycia większej liczby narzędzi do opracowania kanału i ruchu podczas pracy – pełnoobrotowa technika preparacji. W przypadku przeprowadzonych przez nas badań istotnie statystycznie mniejsza była zmiana długości roboczej kanału w przypadku stosowania narzędzi WaveOne Gold niż w przypadku ProTaper Universal i ProTaper Next.

Ostatnim parametrem poddanym ocenie była transportacja wierzchołka, czyli nadmierne usunięcie materiału po wewnętrznej stronie krzywizny, któremu towarzyszy po stronie przeciwnej zbyt duże usunięcie materiału żywicznego w części wierzchołkowej. Na zmianę umiejscowienia otworu wierzchołkowego podczas pracy narzędziami maszynowymi mają wpływ m.in.: cechy stopu, z którego są wykonane narzędzia i związana z tym giętkość narzędzi, przekrój części pracującej, ruch podczas pracy w kanale korzeniowym, wcześniejsze odpowiednie przygotowanie kanału przed opracowaniem (glide path), a także czas kontaktu narzędzia ze ścianą kanału podczas pracy [26]. W badaniu porównującym narzędzia ProTaper Universal i ProTaper Next [22] istotnie mniejszą transportację wierzchołka na ścianę zewnętrzną obserwowano po instrumen-

tacji narzędziami ProTaper Next. W badaniu Wu et al. [11] porównującym narzędzia ProTaper Universal, ProTaper Next oraz WaveOne najmniejszą transportację wierzchołka stwierdzono po opracowaniu kanałów narzędziami ProTaper Next. W przypadku przeprowadzonych badań własnych najmniejszą średnią transportację wierzchołka obserwowano dla narzędzi WaveOne Gold (–0,001 mm). Była ona niewiele mniejsza niż dla narzędzi ProTaper Next (–0,003 mm). Największą transportację wierzchołka odnotowano dla kanałów w kształcie litery L opracowywanych narzędziami ProTaper Universal (0,036 mm). Narzędzia WaveOne Gold oraz ProTaper Next w porównaniu z ProTaper Universal charakteryzują się większą giętkością i asymetrycznym przekrojem części pracującej narzędzia. Można więc przypuszczać, że cechy te wpłynęły na uzyskane wartości transportacji wierzchołka.

Użycie narzędzi WaveOne Gold zapewniło najbardziej centralną preparację okolicy przywierzchołkowej sztucznych kanałów w kształcie litery L. Większe odchylenie od oryginalnego przebiegu kanału odnotowano dla narzędzi ProTaper Next. Natomiast praca narzędziami ProTaper Universal szczególnie w kanałach zakrzywionych, jak wynika z przeprowadzonych badań, powoduje największe zmiany w przebiegu kanału. Najmniejszą średnią zmianę długości roboczej oraz transportację wierzchołka zaobserwowano po instrumentacji narzędziami WaveOne Gold.

Piśmiennictwo

- [1] HÜLSMANN M., PETERS O.A., DUMMER P.M.: Mechanical preparation of root canals: Shaping goals, techniques and means. *Endod Topics*, 2005, 10, 30–76.
- [2] SCHILDER H.: Cleaning and shaping the root canal. *Dent. Clin. North Am.* 1974, 18, 269–296.
- [3] WEINE F., KELLY R., LIO P.: The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J. Endod.* 1975, 1, 262–266.
- [4] YIN L.Y., XIE X.L., CHEN M.M., LIU L.H., LING T.Y.: Experimental study of preparing curved root canals with different instruments. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 2008, 26, 660–663.
- [5] MENDES D.A., AGUIAR C.M., CÂMARA A.C.: Comparison of the centering ability of the ProTaper Universal, ProFile and Twisted File Rotary System. *Braz. J. Oral Sci.* 2011, 10, 282–287.
- [6] PETERS O.A.: Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J. Endod.* 2004, 30, 559–567.
- [7] ROANE J.B., SABALA C.L., DUNCANSON M.G. JR: The „balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J. Endod.* 1985, 11, 203–211.
- [8] YARED G.: Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int. Endod. J.* 2008, 41, 339–344.
- [9] ALBERCHT L.J., BAUMGARTNER J.C., MARSHALL J.G.: Evaluation of apical debris removal using various sizes and taper of ProFile GT files. *J. Endod.* 2004, 30, 425–428.
- [10] BÜRKLEIN E., HINSCHITZ K., DAMMASCHKE T., SCHÄFER E.: Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int. Endod. J.* 2012, 45, 449–461.
- [11] WU H., PENG C., BAI Y., HU X., WANG L., LI C.: Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health*, 2015, 15, 27.
- [12] SHEN Y., ZHOU H.M., ZHENG Y.F., PENG B., HAAPASALO M.: Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J. Endod.* 2013, 39, 163–172.
- [13] GERGI R., ABOU R.J., OSTA N., SADER J., NAAMAN A.: Taper preparation variability compared to current taper standards using computed tomography. *Int. J. Dent.* 2012, 265695.

- [14] 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.
- [15] VERSLUIS A., KIM H.C., LEE W., KIM B.M., LEE C.J.: Flexural stiffness and stresses in nickel-titanium rotary files for various pitch and cross-sectional geometries. *J. Endod.* 2012, 38, 1399–1403.
- [16] http://micro-mega.com/en/wp-content/uploads/2012/10/EndoBook_EN1_14_v1.pdf
- [17] DUMMER P.M., ALODEH M.H., AL-OMARI M.A.: A method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *Int. Endod. J.* 1991, 24, 63–66.
- [18] BAUMANN M.A., ROTH A.: Effect of experience on quality of canal preparation with rotary nickel-titanium files. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 1999, 88, 714–718.
- [19] PAQUÉ F., MUSCH U., HÜLSMANN M.: Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int. Endod. J.* 2005, 38, 8–16.
- [20] BÜRKLEIN S., SCHÄFER E.: Straightening of the canal curvature during preparation. Critical analysis. *Endodontol. J.* 2015, 2, 104–115 [in Polish].
- [21] MAIA FILHO E.M., RIZZI C.D.E., COELHO M.B., SANTOS S.F., COSTA L.M., CARVALHO C.N., TAVAREZ R.R., SOARES J.A.: Shaping ability of Reciproc, UnicOne and Protaper Universal in simulated root canals. *Sci. World J.* 2015, Article ID 690854.
- [22] ŁĘSKI M., RADWAŃSKI M., PAWLICKA H.: Comparison of the shaping ability of two rotary files in simulated L-curved canals. *Dent. Med. Probl.* 2014, 51, 336–344 [in Polish].
- [23] RADWAŃSKI M., ŁĘSKI M., PAWLICKA H.: Shaping ability of three modern rotary instruments in simulated L-curved canals. *J. Stomatol.* 2015, 68, 240–254.
- [24] ŁĘSKI M., RADWAŃSKI M., PAWLICKA H.: Comparison of the shaping ability of three rotary instruments in simulated L-curved canals. *Magazyn Stomatol.* 2015, 25, 11, 52–57 [in Polish].
- [25] RADWAŃSKI M., ŁĘSKI M., PAWLICKA H.: Comparing the shaping ability of two Ni-Ti instruments – eS5 Endostar and ProTaper – in simulated L-curved canals. *e-Dentico*, 2014, 49, 98–107.
- [26] TAŞDEMİR T., AYDEMİR H., INAN U., UNAL O.: Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. *Int. Endod. J.* 2005, 38, 402–408.

Adres do korespondencji:

Mateusz Radwański
Zakład Endodoncji UM w Łodzi
ul. Pomorska 251
92-213 Łódź
Polska
e-mail: mateusz.radwanski@gmail.com

Konflikt interesów: nie występuje

Praca wpłynęła do Redakcji: 29.12.2015 r.
Po recenzji: 1.01.2016 r.
Zaakceptowano do druku: 9.01.2016 r.

Received: 29.12.2015
Revised: 1.01.2016
Accepted: 9.01.2016