

# Analiza porównawcza jakości opracowania kanałów korzeniowych systemami narzędzi rotacyjnych K3 oraz HyFlex

## Badanie *in vitro*

Wojciech Wilkoński<sup>1, 2</sup>, Bartłomiej Karaś<sup>1, 3</sup>, Lidia Jamróz-Wilkońska<sup>2</sup>, Jerzy Krupiński<sup>4</sup>, Janusz Opila<sup>5</sup>

### Comparative analysis of quality of root canal preparation using K3 and HyFlex rotary instruments. Studies *in vitro*

Praca recenzowana

<sup>1</sup>Dział Badawczy Polskiego Towarzystwa Endodontycznego  
Kierownik: dr n. med. Wojciech Wilkoński

<sup>2</sup>Prywatny Gabinet Stomatologiczny w Wadowicach

<sup>3</sup>Prywatny Gabinet Stomatologiczny we Wrocławiu

<sup>4</sup>Emerytowany profesor Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

<sup>5</sup>Katedra Informatyki Stosowanej Wydziału Zarządzania AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Kierownik: prof. dr hab. inż. Jan Tadeusz Duda

#### Streszczenie

Celem badania było porównanie jakości opracowania kanałów korzeniowych, o różnym kształcie przekrojów poprzecznych, za pomocą systemów narzędzi rotacyjnych HyFlex oraz K3. Kanały korzeniowe opracowano narzędziami badanych systemów techniką „crown-down”, obficie przepłukano, a następnie korzenie poprzecznie nacięto i rozłupano na trzy równe części. Przekroje poprzeczne poddano analizie i ocenie pod mikroskopem zabiegowym. Korzystniejsze wyniki uzyskano, stosując narzędzia systemu HyFlex. W części wierzchołkowej badanych kanałów optymalne rezultaty osiągnięto, opracowując je narzędziami K3. W części środkowej nie stwierdzono różnic między systemami narzędzi. W części koronowej lepsze wyniki uzyskano, stosując narzędzia systemu HyFlex. W próbkach z kanałami o okrągłym i owalnym przekroju poprzecznym stwierdzono podobną skuteczność obu badanych systemów, natomiast w próbkach z kanałami nieregularnymi lepsze efekty uzyskano w przypadku systemu HyFlex.

#### Summary

The aim of the study was to compare the quality of root canal preparations in teeth with canals of various cross-sectional shapes that were prepared with the help of the HyFlex and K3 systems of rotary instruments. Root canals were instrumented with examined systems using the “crown-down” technique, with copious irrigation. Next, the roots were cut crossways and split into three even sections. The transverse sections were analysed and evaluated using the operational microscope. Better results were obtained using instruments from the HyFlex system. In the apical section of the canals the best results were achieved using K3 instruments. In the middle section there were not found to be any differences between the systems of instruments used. In the coronal part better results were obtained using tools of the HyFlex system. There was found to be similar effectiveness in both of the systems examined with canals of round or oval cross-section. In irregular canals, however, better results were obtained in the case of the HyFlex system.

**Hasła indeksowe:** narzędzia rotacyjne, technika „crown-down”, opracowanie kanału korzeniowego

**Key words:** rotary instruments, “crown-down” technique, root canal preparation

**Leczenie endodontyczne jest często stosowaną procedurą umożliwiającą zachowanie zębów z martwą miazgą. Czynnikiemami decydującymi o sukcesie leczenia są, między innymi: opracowanie chemo-mechaniczne systemu kanałów korzeniowych, odpowiednia dezynfekcja, szczelne wypełnienie oraz trwała odbudowa korony zęba (1). Prawidłowe opracowanie mechaniczne powinno doprowadzić do usunięcia tkanek miękkich oraz patogenów z systemu endodontycznego oraz umożliwić skuteczne płukanie (2). Z badań wynika, iż opracowanie mechaniczne nie jest w pełni skuteczne. W kanałach o nieregularnym kształcie około jedna trzecia powierzchni ścian kanału pozostaje nieoczyszczona i może stanowić rezerwuuar drobnoustrojów (3, 4).**

Jednym z przełomów w dziedzinie jakości i szybkości opracowywania kanałów było powstanie rotacyjnych narzędzi zbudowanych ze stopów niklowo-tytanowych (5). Od tego czasu na rynku pojawiło się bardzo wiele systemów. Dobrze znanym systemem narzędzi rotacyjnych jest system K3 (SybronEndo, Orange, USA). Są to narzędzia o dodatnim kącie skrawania, mające trzy krawędzie tnące. Wybór rozmiarów i zbieżności wchodzących w skład tego systemu narzędzi jest bardzo bogaty, co sprawia, że można dobrać instrumenty odpowiednio do różnych sytuacji klinicznych (6).

Jednym z nowszych systemów rotacyjnych jest HyFlex CM (ColteneEndo, Cuyahoga Falls, USA) (7). Charakteryzuje go zwiększona elastyczność oraz „kontrolowana pa-

mięć kształtu”, które według producenta zmniejszają ryzyko złamania narzędzi, powstania perforacji, stopnia oraz transportacji wierzchołka (8). Z badania przeprowadzonego przez *Petersa* i wsp. wynika, iż nowy stop jest bardziej wytrzymały na zużycie (9). *Ya Shen* i wsp. wykazali, że nowy stop CM jest od trzech do ośmiu razy bardziej wytrzymały podczas pracy rotacyjnej w zaگیętym kanale przy jednoczesnym zmniejszeniu amplitudy napięć (10). Skręt narzędzia jest zależny od jego zbieżności. Instrumenty o zbieżności .04 mają „luźniejszy” zwój niż narzędzia o zbieżności .06, a przekrój poprzeczny narzędzi jest prostokątny w obu dostępnych zbieżnościach (11). Narzędzia HyFlex są nowością na rynku i nie ma jeszcze dostępnej dostatecznej liczby badań dotyczących ich skuteczności w opracowaniu kanałów korzeniowych o różnym kształcie przekroju poprzecznego.

## Cel pracy

Celem opisywanego badania było porównanie jakości i skuteczności opracowania kanałów korzeniowych o różnym kształcie przekroju poprzecznego za pomocą narzędzi K3 oraz narzędzi HyFlex.

## Materiały i metody

Do badania użyto 30 korzeni usuniętych zębów ludzkich. Wykorzystano korzenie jednokanałowe o nieregularnym kształcie kanału korzeniowego i zakrzywieniu I i II stopnia wg Schneidera: zęby przedtrzonowe drugie, korzenie policzkowe dalsze i podniebienne zębów trzonowych górnych oraz korzenie dalsze zębów trzonowych dolnych.

Po dokładnym oczyszczeniu, na poziomie szyjki zęba dokonano separacji korzenia od korony cienkim diamentowym wiertłem z chłodzeniem wodno-powietrznym. Długość roboczą wyznaczono za pomocą pilników typu C o rozmiarze 06 według ISO (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Szwajcaria), odejmując 0,5 mm od otworu anatomicznego. Następnie kanały udroźniono i wstępnie poszerzono narzędziami NT Hand File (Diadent, Almere, Holandia) do rozmiaru ISO 20. Po wstępnym poszerzeniu kanałów, korzenie zębów podzielono losowo na dwie równe grupy (n = 15).

Kanały korzeniowe zębów z grupy 1 opracowano narzędziami systemu HyFlex CM z użyciem mikrosilnika z unitu Stern Weber S300 z funkcją Endo (Stern Weber, Imola, Włochy), ustawionego na 500 obrotów na minutę oraz 2,5 Ncm momentu obrotowego. Zastosowano sekwencję narzędzi według zaleceń producenta:

- 25/08 na 1/3 długości roboczej
- 20/04, 25/04, 20/06, 30/04, 40/04 na pełną długość roboczą.

Kanały korzeniowe zębów z grupy 2 opracowano narzędziami rotacyjnymi systemu K3 z użyciem mikrosilnika z unitu Stern Weber S300, stosując ustawienia: 300 obrotów na minutę oraz 1,0 Ncm momentu obrotowego. Zastosowano następującą sekwencję narzędzi:

- 25/06 na 1/3 długości roboczej
- 20/04 na 2/3 długości roboczej
- 25/04 na 2/3 długości roboczej
- 20/04, 25/04, 30/04, 35/04 na pełną długość roboczą.

Każde narzędzie przed wprowadzeniem do kanału pokryto warstwą lubrykantu RC-Prep (Premier, Plymouth, USA), a między użyciem kolejnego narzędzia każdorazowo

przepłukiwano kanały podchlorynem sodu o stężeniu 5,25%. Po opracowaniu mechanicznym, kanały korzeniowe z obu grup płukano według następującego schematu:

- 5,25% podchloryn sodu – 1 minuta, 5 ml/kanał,
- 40% roztwór kwasu cytrynowego – 1 minuta, 5 ml/kanał,
- 5,25% podchloryn sodu – 1 minuta, 5 ml/kanał,
- 40% roztwór kwasu cytrynowego – 1 minuta, 5 ml/kanał,
- 5,25% podchloryn sodu – 2 minuty, 10 ml/kanał.

Po opracowaniu chemo-mechanicznym, kanały korzeniowe przepłukano wodą destylowaną (5ml/kanał), po czym korzenie poprzecznie nacięto separatorem z obustronnym nasypem diamentowym przy ciągłym chłodzeniu wodno-powietrznym oraz rozłupano dłutkiem tak, aby powstały trzy równe odcinki (wierzchołkowy, środkowy i koronowy). Każdy przekrój poprzeczny obserwowano pod mikroskopem Zeiss OPMI Pico (Karl Zeiss, Niemcy) w powiększeniu 10-20-krotnym.

W ocenie jakości i skuteczności opracowania kanałów korzeniowych posłużono się następującą skalą:

- 1 – kanał czysty: brak resztek i opiłków,
- 2 – kanał zanieczyszczony opiłkami zębiny,
- 3 – kanał zanieczyszczony resztkami miazgi.

W ocenie kształtu przekroju poprzecznego zastosowano następującą skalę:

- A – kanał okrągły,
- B – kanał owalny,
- C – kanał nieregularny.

Obserwacji oraz sklasyfikowania dokonało dwóch niezależnych ob-

serwatorów. W przypadku niezgodności ocen ponowną analizę przeprowadzano wspólnie. Dane zapisano w specjalnej bazie danych i poddano analizie statystycznej za pomocą testów U Manna-Whitneya, Kołmogorowa-Smirnowa oraz tau Kendalla przy założeniu poziomu istotności  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki

Najwyższy odsetek próbek z kanałami opracowanymi w stopniu bardzo dobrym stwierdzono w grupie pierwszej, w której zastosowano system HyFlex ( $p = 0,44$ ). Zaobserwowano 91,11% próbek z kanałami czystymi (brak opiłków i resztek) oraz 8,89% próbek z pozostawionymi opiłkami zębiny. Opiłki występowały we wszystkich częściach korzeni w kanałach o owalnym i nieregularnym przekroju poprzecznym.

W grupie 2, w której kanały opracowano narzędziami systemu K3, uzyskano mniej korzystne wyniki: 82,22% próbek zostało opracowanych prawidłowo, natomiast w 11,11% próbek stwierdzono pozostawione opiłki zębiny, a w 6,67%

z nich resztki miazgi. Zanieczyszczenia dotyczyły części środkowej i koronowej kanału. Opiłki zębiny zaobserwowano w próbkach z kanałami owalnymi i nieregularnymi, natomiast resztki miazgi tylko w próbkach z kanałami nieregularnymi.

Kanały o przekroju okrągłym zostały optymalnie opracowane za pomocą obu badanych systemów. Nie stwierdzono znamienności statystycznej między badanymi systemami w kanałach owalnych i nieregularnych ( $p = 0,28$ ).

W części koronowej badanych kanałów korzeniowych nieznacznie lepsze rezultaty osiągnięto, stosując system HyFlex (95,56% próbek czystych,  $p = 0,08$ ), a w części wierzchołkowej, używając systemu K3 (100% próbek czystych,  $p = 0,35$ ). Również w części środkowej kanałów korzeniowych nie stwierdzono znamiennych statystycznie różnic między grupami ( $p = 0,77$ ). Dla systemu K3 stwierdzono istotną statystycznie korelację między częścią kanału korzeniowego (odległością od wierzchołka) a jakością opracowania ( $\tau = 0,41$  przy  $p \leq 0,05$ ). Wyniki badań przedstawiono w tabelach I, II oraz na rycinach 1-3.

TABELA I. Jakość opracowania kanałów korzeniowych narzędziami HyFlex w zależności od części korzenia oraz od kształtu przekroju poprzecznego kanału korzeniowego

Część korzenia	Kształt przekroju poprzecznego	Jakość opracowania kanału korzeniowego		
		1 – czyste światło kanału	2 – opiłki zębiny	3 – resztki miazgi
Wierzchołkowa	okrągły	10	0	0
	owalny	3	0	0
	nieregularny	1	1	0
Śródkowa	okrągły	5	0	0
	owalny	7	0	0
	nieregularny	2	1	0
Komorowa	okrągły	3	0	0
	owalny	7	1	0
	nieregularny	3	1	0
Razem		41 (91,11%)	4 (8,89%)	0

TABELA II. Jakość opracowania kanałów korzeniowych narzędziami K3 w zależności od części korzenia oraz od kształtu przekroju poprzecznego kanału korzeniowego

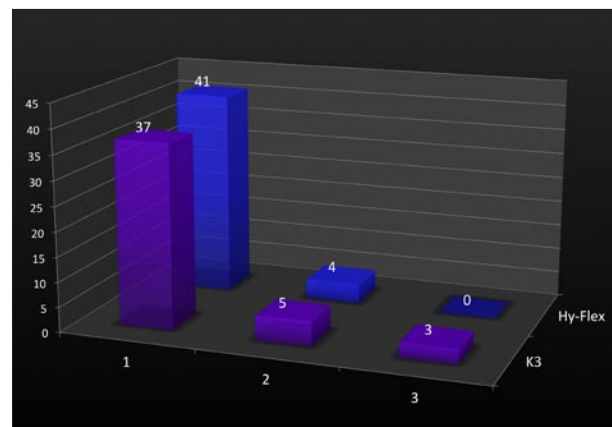
Część korzenia	Kształt przekroju poprzecznego	Jakość opracowania kanału korzeniowego		
		1 – czyste światło kanału	2 – opiłki zębiny	3 – resztki miazgi
Wierzchołkowa	okrągły	10	0	0
	owalny	4	0	0
	nieregularny	1	0	0
Środkowa	okrągły	6	0	0
	owalny	5	0	0
	nieregularny	2	2	0
Komorowa	okrągły	2	0	0
	owalny	5	3	0
	nieregularny	2	0	3
Razem		37 (82,22%)	5 (11,11%)	3 (6,67%)

## Dyskusja

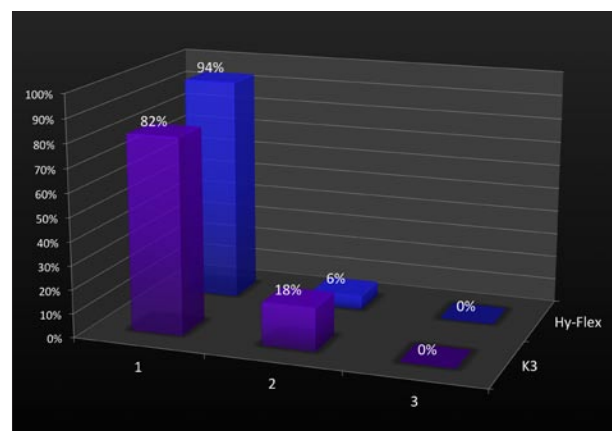
Od czasu powstania pierwszych systemów rotacyjnych narzędzi niklowo-tytanowych problemem jest sztywność instrumentu, która może powodować zwiększoną transportację w porównaniu z narzędziami ręcznymi wykonanymi z tego samego stopu (12). Kolejny problem stwarza podatność instrumentów na złamanie podczas opracowywania kanału. Producenci narzędzi rotacyjnych konstruują nowe narzędzia, ale modyfikacje te dotyczą głównie kształtu przekroju poprzecznego, kąta skrawania oraz różnej stożkowości narzędzi (13). Mimo wprowadzenia licznych udoskonaleń w budowie narzędzi rotacyjnych, zawsze istnieje ryzyko ich złamania podczas pracy. Z badań wynika, iż do złamania narzędzi dochodzi na skutek ich zginania lub skręcania (14-18). Dzięki modyfikacji składu materiału, z którego wykonano nowe narzędzia HyFlex, zmniejszono ich podatność na złamania. Obniżono zawartość niklu oraz zmieniono proces wytwarzania narzędzi, dzięki czemu każdy komplet narzędzi

może teoretycznie być efektywniej wykorzystany z mniejszym ryzykiem powikłań podczas pracy w kanale (7-9). Unikową właściwością narzędzi HyFlex jest ich zdolność do odkształceń i rozkręcenia zwoju w trakcie opracowania kanału korzeniowego, a następnie powrót narzędzia do oryginalnego kształtu podczas sterylizacji w autoklawie. Jest to niemożliwe w przypadku narzędzi wykonanych z konwencjonalnego stopu niklowo-tytanowego. Producent narzędzi HyFlex zaleca ich utylizację, jeśli narzędzie nie odzyska pierwotnego kształtu po sterylizacji. Niektóre badania wskazują, że proces sterylizacji termicznej nie ma wpływu na wytrzymałość konwencjonalnych niklowo-tytanowych narzędzi rotacyjnych podczas ich ruchów cyklicznych (11). W autoklawie dochodzi jednak do utleniania się tytanu, w wyniku czego zmniejsza się elastyczność narzędzi, co wpływa na obniżenie wydajności pracy i zwiększenie ryzyka złamania (19, 20).

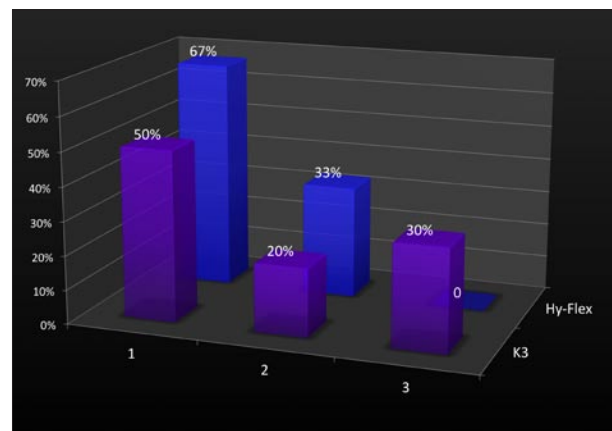
Dotychczas są dostępne jedynie badania właściwości fizycznych narzędzi HyFlex, natomiast brak jest danych dotyczących skuteczności



Ryc. 1. Jakość opracowania kanałów korzeniowych w zależności od badanych narzędzi.



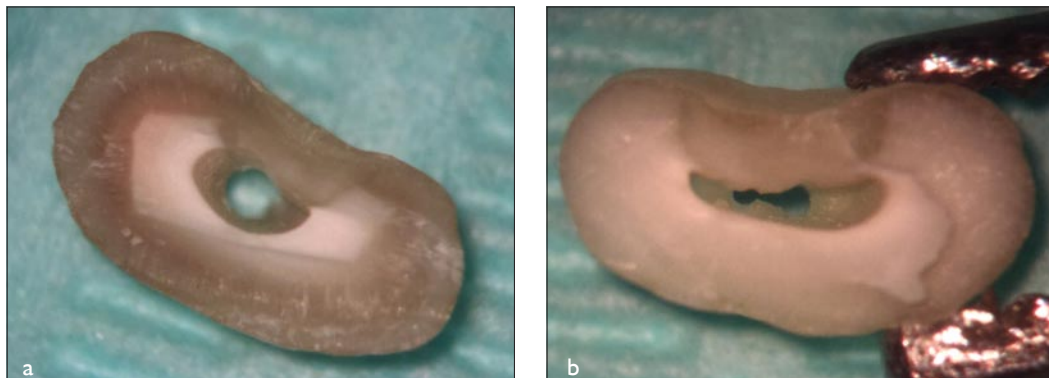
Ryc. 2. Procentowy udział jakości opracowania owalnych kanałów korzeniowych badanymi narzędziami.



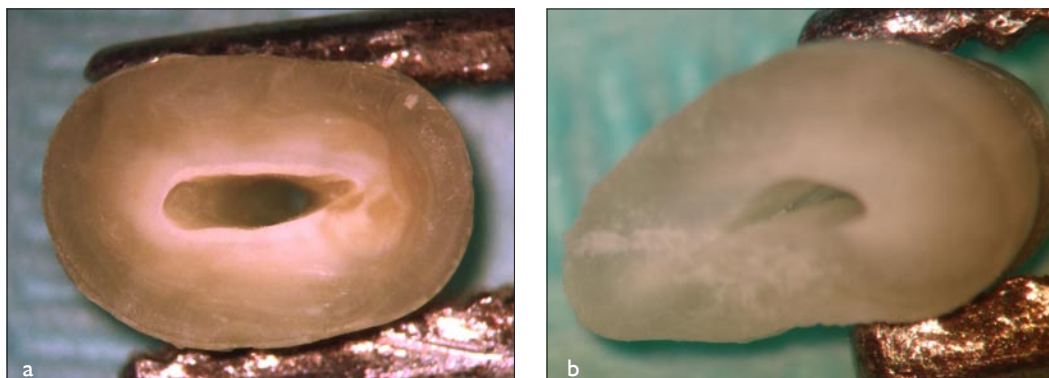
Ryc. 3. Procentowy udział jakości opracowania nieregularnych kanałów korzeniowych badanymi narzędziami.

tego systemu w opracowaniu kanałów korzeniowych. Niniejsze badanie miało na celu porównanie nowego systemu narzędzi HyFlex z dobrze zbadanym i udokumentowanym systemem K3. Głównym wyzwaniem dla narzędzi endodontycznych jest ich wydajność i skuteczność w oczyszczeniu kanałów





Ryc. 4. Przykładowe przekroje poprzeczne kanałów korzeniowych opracowanych narzędziami HyFlex: a) kanał czysty, b) kanał zanieczyszczony opiłkami zębiny.



Ryc. 5. Przykładowe przekroje poprzeczne kanałów korzeniowych opracowanych narzędziami K3: a) kanał czysty, b) kanał zanieczyszczony resztkami miazgi.

korzeniowych o owalnym bądź nieregularnym kształcie przekroju poprzecznego. Narzędzia rotacyjne mają tendencję do nadawania opracowanemu kanałowi okrągłego kształtu oraz zachowania jego pierwotnej osi. Podczas pracy narzędziami rotacyjnymi należy zatem wykonywać ruchy szczotkujące i piłujące-okrężne, aby dotrzeć w zachyłki kanałów korzeniowych. Zdolność do wydajnej pracy ruchami szczotkującymi zależy głównie od kształtu przekroju poprzecznego i kąta skrawania. Na podstawie dotychczasowych badań autorów pracy można stwierdzić, iż kanały o okrągłym przekroju poprzecznym mogą być opracowane w stopniu bardzo dobrym niezależnie od badanego syste-

mu narzędzi, natomiast skuteczniejsze opracowanie kanałów owalnych i nieregularnych uzyskano, stosując narzędzia o wyraźnie dodatnim kącie skrawania i bardziej agresywnej charakterystyce pracy (21, 22).

W niniejszym badaniu w kanałach opracowanych narzędziami systemu HyFlex nie stwierdzono resztek miazgi w żadnej próbce, a odsetek w pełni oczyszczonych próbek był dość wysoki (94% w próbkach z kanałami owalnymi i 67% w próbkach z kanałami nieregularnymi) (ryc. 4). Autorzy porównali skuteczność systemu HyFlex z dobrze znanym i zbadanym systemem K3. W celu możliwie jak najdokładniejszego porównania w badaniu zastosowano sekwencję narzędzi K3, która była zbliżo-

na do sekwencji narzędzi HyFlex. Mimo podobieństw w sekwencjach narzędzi, w kanałach opracowanych z użyciem systemu K3 stwierdzono większy odsetek próbek z pozostawionymi opiłkami zębiny, a nawet resztkami miazgi (ryc. 5). W próbkach z kanałami owalnymi system K3 pozostawił opiłki zębiny w 18% przypadków, natomiast w próbkach z kanałami nieregularnymi opiłki zębiny stwierdzono w 20%, a resztki miazgi w 30% przypadków.

Niniejsze badanie, ze swoimi ograniczeniami, pozwala wysnuć hipotezę, że system HyFlex umożliwia skuteczniejsze opracowanie kanałów o nieregularnym przekroju poprzecznym. Gorsze wyniki uzyskane po użyciu systemu K3 można wyjaśnić kształtem przekroju poprzecznego narzędzi K3 oraz bardziej pasywną charakterystyką pracy. System HyFlex jest nowością na rynku i w związku z tym nie został w pełni zbadany. Do tej pory autorom nie udało się znaleźć publikacji naukowych dotyczących jego skuteczności w opracowaniu zakrzywionych kanałów korzeniowych, usuwania gutaperki z kanałów, tendencji do transportacji, skracania długości roboczej, przepchnięcia resztek przez otwór wierzchołkowy itp. System ten należy zatem traktować z umiarkowanym krytycyzmem, gdyż wymaga on przeprowadzenia dalszych badań.

## Wnioski

Podsumowując, należy stwierdzić, że:

1. Kanały o okrągłym przekroju poprzecznym zostały opracowane bez pozostawienia resztek i opiłków przez oba badane systemy narzędzi ( $p = 0,00$ ).

2. W póbkach z kanałami o owalnym i nieregularnym przekroju poprzecznym nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie między skutecznością badanych systemów narzędzi ( $p = 0,28$ ).

3. Oba badane systemy narzędzi uzyskały zbliżone wyniki w części

wierzchołkowej oraz środkowej kanałów korzeniowych ( $p = 0,35$  i  $p = 0,77$ ).

4. W części koronowej lepsze wyniki uzyskano, opracowując ją narzędziami HyFlex ( $p = 0,08$ ).

5. Niezależnie od kształtu przekroju poprzecznego i części korzenia

zęba, nie zaobserwowano znamienych statystycznie różnic pomiędzy skutecznością badanych systemów narzędzi ( $p = 0,44$ ).



## PIŚMIENICTWO

1. *Friedman S.*: Prognosis of initial endodontic therapy. *Endod. Topics*, 2002, 2, 59-88.
2. *Card S.J.* i wsp.: The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J. Endod.*, 2002, 28, 11, 779-783.
3. *Peters O.A., Schönenberger K., Laib A.*: Effect of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int. Endod. J.*, 2001, 34, 221-230.
4. *Peters O.A.* i wsp.: ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int. Endod. J.*, 2003, 36, 2, 86-92.
5. *Thompson S.A.*: An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int. Endod. J.*, 2000, 33, 297-310.
6. *Gambarini G.*: The K3 rotary nickel titanium instrument system. *Endod. Topics*, 2005, 10, 179-182.
7. *Testarelli L.* i wsp.: Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J. Endod.*, 2011, 37, 9, 1293-1295.
8. *Casper R.B.* i wsp.: Comparison of autoclaving effects on torsional deformation and fracture resistance of three innovative endodontic file systems. *J. Endod.*, 2011, 37, 11, 1572-1575.
9. *Peters O.A.* i wsp.: An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int. Endod. J.*, 2012, 45, 11, 1027-1034.
10. *Shen Y.* i wsp.: Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J. Endod.*, 2011, 37, 7, 997-1001.
11. *Plotino G.* i wsp.: Experimental evaluation on the influence of autoclave sterilization on the cyclic fatigue of new nickel-titanium rotary instruments. *J. Endod.*, 2012, 38, 2, 222-225.
12. *Nagaraja S., Sreenivasa Murthy B.V.*: CT evaluation of canal preparation using rotary and hand Ni-Ti instruments: an in vitro study. *J. Conserv. Dent.*, 2010, 13, 1, 16-22.
13. *Diemer F., Calas P.*: Effect of pitch length on the behavior of rotary triple helix root canal instruments. *J. Endod.*, 2004, 30, 10, 716-718.
14. *Zinelis S.* i wsp.: The effect of thermal treatment on the resistance of nickel-titanium rotary files in cyclic fatigue. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 2007, 103, 843-847.
15. *Grande N.M.* i wsp.: Cyclic fatigue resistance and three dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int. Endod. J.*, 2006, 39, 755-763.
16. *Cheung G.S.P., Darvell B.W.*: Low-cycle fatigue of rotary NiTi endodontic instruments in hypochlorite solution. *Dent. Mater.*, 2008, 24, 753-759.
17. *Sattapan B., Palamara J.E., Messer H.H.*: Torque during canal instrumentation using rotary nickel-titanium files. *J. Endod.*, 2000, 26, 156-160.
18. *Alapati S.B.* i wsp.: SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J. Endod.*, 2005, 31, 40-43.
19. *Spagnuolo G.* i wsp.: Effect of autoclaving on the surfaces of TiN-coated and conventional nickel-titanium rotary instruments. *Int. Endod. J.*, 2012, 45, 12, 1148-1155.
20. *Valois C.R., Silva L.P., Azevedo R.B.*: Multiple autoclave cycles affect the surface of rotary nickel-titanium files: an atomic force microscopy study. *J. Endod.*, 2008, 34, 7, 859-862.
21. *Wilkoński W.* i wsp.: Porównanie opracowania kanałów korzeniowych za pomocą systemów rotacyjnych Mtwo i EndoWave oraz nowego systemu SAF – badanie *in vitro*. *Mag Stomatol.*, 2010, XX, 11, 82-94.
22. *Wilkoński W.* i wsp.: Analiza porównawcza jakości opracowania kanałów korzeniowych za pomocą systemów rotacyjnych ProTaper i Mtwo oraz systemu recyprokalnego Reciproc – badanie *in vitro*. *Por. Stomatol.*, 2011, 9, 340-347.