

*Б.Р. Шумилович, И.С. Биштова,
Д.Е. Хренов, Л.М. Адунц, А.М. Фоништейн*
**КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ПАРАЛЛЕЛИ СТРУКТУРЫ
НИКЕЛЬТИТАНОВЫХ ЭНДОДОНТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ
И ИХ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России

Резюме. Файлы HyFlex EDM (electric discharge machine) изготавливаются по технологии электроэрозионной обработки, что обеспечивает не имеющую аналогов режущую рабочую поверхность файлов в сочетании с контролируемой памятью формы. Благодаря тому, что инструмент в рабочем состоянии пребывает в кристаллографической фазе мартенсит, HyFlex EDM характеризуется сочетанием гибкости и сопротивления процессу пластической деформации, а также высокой устойчивостью к циклической нагрузке, что позволяет широко использовать в клинической повседневной эндодонтической практике «короткие» протоколы механической обработки, включающие 2-3 файла. Кроме того, технологические особенности изготовления обуславливают возможность их предварительного преадаптивирования для более эффективного соответствия анатомической форме канала, что значительно снижает риск образования уступа, транспортиации или перфорации и обеспечивает безопасность эндодонтического лечения.

Ключевые слова: эндодонтия; никельтитановые файлы 5-го поколения; микроспектральный анализ; анатомическая форма канала зуба.

Актуальность. Современная клиническая стоматология характеризуется весьма высокой технологичностью по всем направлениям, что обуславливает более выраженное сужение профессиональных компетенций стоматологов. Если применить данное выражение к эндодонтии, то хотя все манипуляции в данной сфере и относятся к специальности «стоматология терапевтическая», в клинической стоматологии практически нет врачей, которые бы одинаково широко занимались лечением всех патологий, относящихся к данной специальности (кариесология, эндодонтия, болезни пародонта и слизистой оболочки полости рта и т.д.). Более того, в последнее время, стоматологические клиники практикуют специализированный прием по реставрации твердых тканей зуба, эндодонтии, пародонтологии и т.д. Такой подход обоснован прежде всего экономическими факторами в плане затрат на необходимое оборудование, обучение специалистов и является достаточно целесообразным. Тем не менее, на сегодняшний день существует массовый стоматологический прием, где проводится лечение кариеса и его осложнений, т.е. повседневная эндодонтия.

По результатам опроса врачей, занимающихся повседневным эндодонтическим лечением, основными трудностями заставляющими перенаправить пациента в специализированный кабинет являются сложная анатомическая форма каналов (кривизна более 30-450); наличие в корневом канале сломанного инструмента; повторное эндодонтическое лечение с необходимостью распломбировки части канала; наличие деструктивных процессов в периодонте; наличие перфораций (как корневых, так и крестальных).

В ранее мы уже описывали свойства и клинические возможности новых никельтитановых файлов 5-го поколения HyFlex CM (controlled memory) и HyFlex

EDM (electric discharge machine) от Швейцарского производителя Coltene. Данные файлы обладают длительным рабочим ресурсом, превышающим таковой у всех существующих на сегодняшний день ротационных инструментов [15, 22, 23].

Иными словами, файлы HyFlex CM и особенно HyFlex EDM обладают возможностью многократного применения в сложных анатомических и клинических условиях. Это то, что кардинально отличает данные файлы от существующих на отечественном, да и на мировом рынке. И именно вышеуказанные характеристики позволяют им успешно справляться с большинством достаточно неординарных исходных клинических ситуаций даже при отсутствии достаточной визуализации.

Описанные в предыдущих работах протоколы сочетанного применения файлов серии CM и EDM, использовались ввиду отсутствия полного размерного ассортимента серии EDM. В 2019 году изготовителем предложен полный клинический протокол HyFlex EDM (табл. 1). Для обработки каналов со сложным анатомическим строением были предложены файлы 15/03 и 20/05 по ISO. Еще раз обращаем внимание читателя, что существующий файл 10/05 GlidePath File не обладает свойствами регенерации и другими свойствами присущими серии CM и EDM, поэтому применяется в рабочем режиме 300 об/мин с торком 1,8 Н/см².

Таблица 1.

Ассортимент HyFlex CM и HyFlex EDM

HyFlex CM	HyFlex EDM
Размер/ Конусность	Размер/ Конусность
25/08	25/08
—	15/03
20/04	20/05
25/04	25/~
20/06	
40/04	40/04
—	50/03
—	60/02

Особенности технологии производства обуславливают характерную микроструктуру инструмента EDM отчетливо прослеживаемую на СЭМ снимках при различных увеличениях (рис. 1).

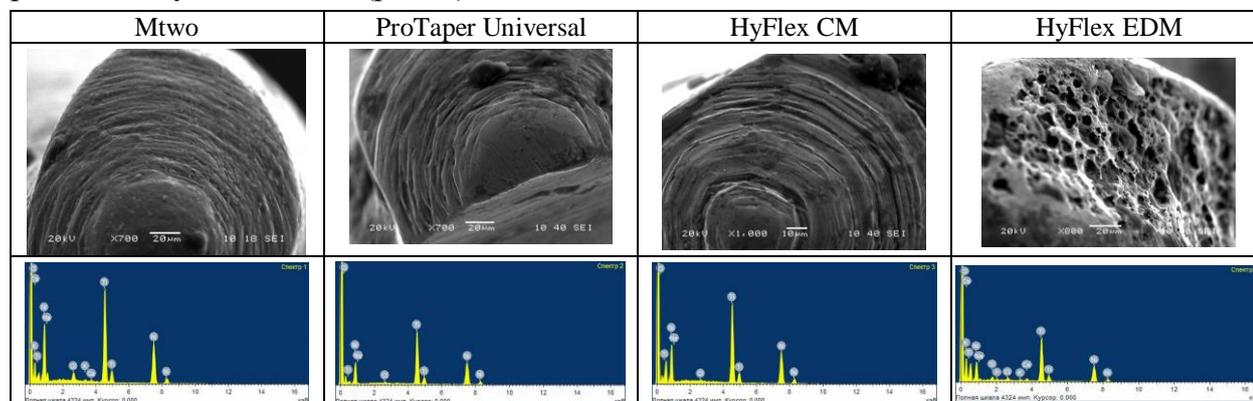


Рис. 1. Сравнительные характеристики структуры по данным сканирующей электронной микроскопии и рентгенспектрального анализа никельтитанового инструмента

Цифровые значения микроспектрального анализа изучаемых инструментов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная микроэлементная характеристика исследуемых файлов, %

Элемент	Никельтитановый инструмент							
	Mtwo		ProTaper Universal		HyFlex CM		HyFlex EDM	
	Вес. %	Атом. %	Вес. %	Атом. %	Вес. %	Атом. %	Вес. %	Атом. %
Na	6,47	13,61	1,22	2,78	0,94	2,15	3,93	8,24
Si	-	-	-	-	-	-	2,45	4,20
P	-	-	-	-	-	-	1,25	1,94
Cl	2,33	3,19	0,77	1,13	0,41	0,60	1,46	1,98
K	0,53	0,66	-	-	-	-	0,89	1,10
Ca	0,31	0,37	-	-	-	-	1,32	1,58
Ti	41,41	41,83	45,02	49,02	46,20	50,48	44,00	44,26
Ni	48,94	40,34	52,98	47,07	52,45	46,77	44,70	36,69

Таким образом, микроструктура инструмента не связана с химическим составом никель титанового сплава и зависит только от технологии его обработки в процессе изготовления инструмента. Разница в содержании ключевых элементов сплава (Ni и Ti) статистически недостоверна, и можно утверждать о химической идентичности сырья. Наличие кремния и фосфора в инструментах HyFlex EDM связано с воздействием электрического тока на сплав.

Конечно же, наибольший интерес практического звена вызывает обсуждение клинических примеров использования данных инструментов именно в сложных и нестандартных ситуациях. В данных клинических ситуациях использовались только инструменты HyFlex EDM, со скоростью вращения 300-350 об/мин и с крутящим моментом до 2,5 Н/см², за исключением файла GlidePath 10/.05. Мы постарались охватить все спорные и сложные случаи, достаточно часто встречающиеся в повседневной практике стоматолога.

Клинический случай 1. Пациент Н., 67 лет. Жалобы на периодические ноющие боли, усиливающиеся при приеме пищи в области 2.7, периодические приступообразные ночные боли. Исходная рентгенологическая картина представлена на рис. 3а. Клиническая ситуация типичная, однако анатомический доступ к зубу затруднен, канал имеет значительную рабочую длину (рис. 2, длина рабочего файла 31 мм).

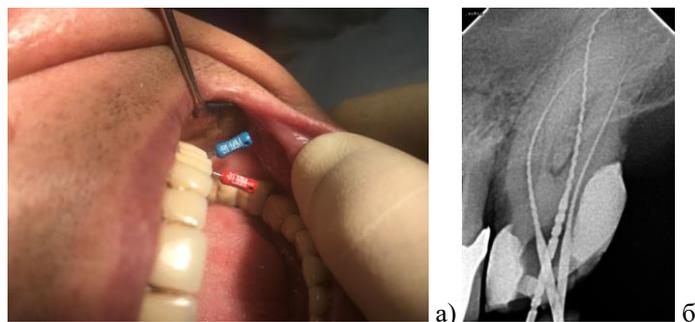


Рис. 2. Пациент Н., 67 лет. Визуализация рабочего поля и рабочей длины в области 2.7.

Пошагово: МВ – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~; MD – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~; Р – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~, 40/04.

Доступная длина инструмента 25 мм, для контроля после каждого инструмента проводилась дополнительная обработка ручным инструментом 31 мм соответствующего размера по всей рабочей длине. Ирригация стандартная (5% гипохлорит, 17% ЭДТА, вода, «озвучка» эндоактиватор 30 сек). Обтурация – МВ и MD штифты 25/~ на GuttaFlow 2 по методике одного штифта и латеральная конденсация гуттаперчи на AN plus в небном корне. Рентгенологический контроль (рис. 3,б-в).

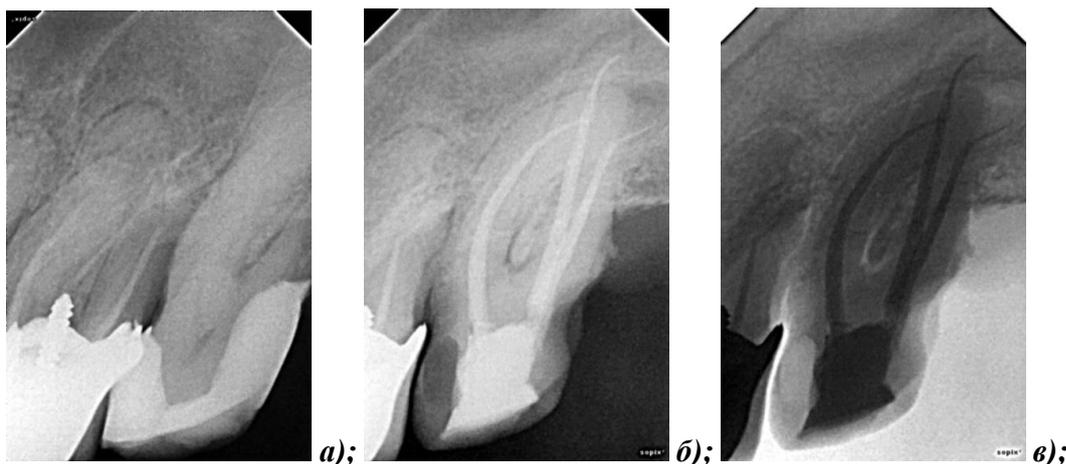


Рис. 3. Пациент Н., 67 лет. Рентгенограмма 2.7, хронический простой пульпит.
(пояснения в тексте).

Клинический случай 2. Пациентка А., 16 лет. Жалобы на самопроизвольные приступообразные боли преимущественно в ночное время в обл. 3.7. Исходная рентгенологическая картина представлена на рис. 4а. После создания «ковровой дорожки» до 15/02 при попытке прохождения рабочей длины канала инструментом GlidePath 10/.05, последний был сломан в медиальном язычном канале (рис. 4б). Инструмент был извлечен под ванночкой из 17% ЭДТА, при помощи системы RT производства EMS (Швейцария). Использовались насадки RT1 и RT3. На рентгенограмме (рис. 4в) отчетливо видно изменение анатомического размера корневого канала после извлечения инструмента. После контроля obturation (рис. 4г, 4д), особенно при конверсировании изображения, определяется причина поломки инструмента – заклинивание файла в области «дельты». Данный эффект характерен при применении инструмента который стремится «выпрямиться», т.е., изменяет свою центровку и транспортирует канал. Этого не происходит при применении HyFlex, поэтому дальнейшее применение данного инструмента обеспечило полноценную обработку каналов с возможностью их адекватной obturation.

Пошагово: ML – 25/08, 10/05 GlidePath, RT1, RT3, 25/~, 40/04; МВ – 25/08, 10/05 GlidePath, 25/~; D – 25/08, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04, 50/03.

Ирригация стандартная (5% гипохлорит, 17% ЭДТА, вода, Piezon Master 600). Обтурация – GuttaFlow 2 (Coltene, Швейцария).

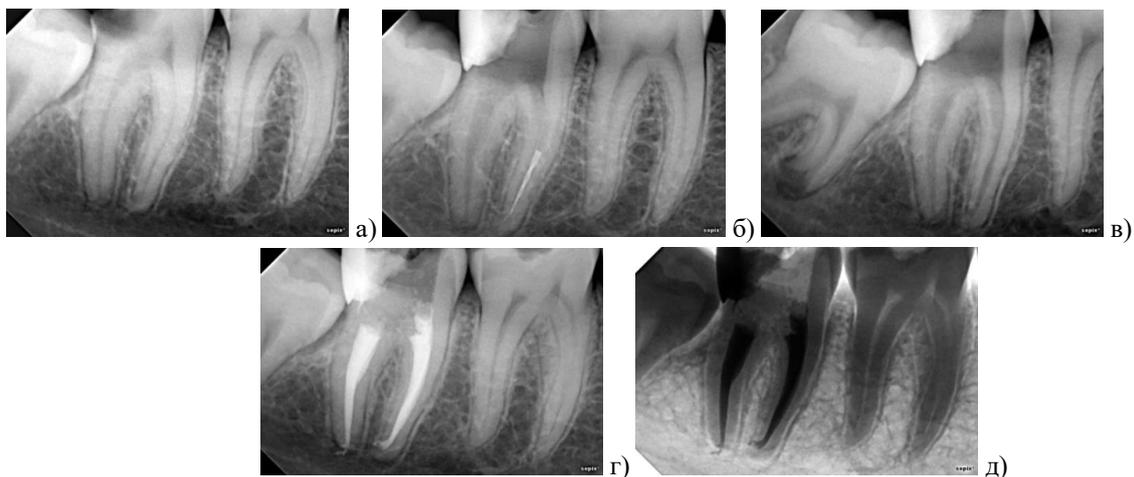


Рис. 4. Пациентка А., 16 лет. Хронический простой пульпит 3.7.
(пояснения в тексте).

Отдельно необходимо рассмотреть случаи изменения привычного количества корневых каналов. В сознании стоматологов прочно закреплен постулат того, что первый верхний моляр в 87% содержит MB2. К сожалению, наличие этой же особенности во втором верхнем моляре зачастую игнорируется. Ниже приводим примеры таких клинических ситуаций при первичном и повторном эндодонтическом лечении.

Клинический случай 3. Пациентка Н., 29 лет. Диагноз, хронический фиброзный пульпит 2.7.



Рис. 5. Пациентка Н., 29 лет. Хронический фиброзный пульпит 2.7.
(пояснения в тексте).

Исходная рентгенологическая картина представлена на рис. 5а. Ввиду близости свода верхнечелюстной пазухи, изначально было принято решение о минимально инвазивном вмешательстве с использованием NuFlex EDM.

Пошагово: MB1 – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~; MB2 – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~; MD – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~; P – 25/08, 10/05 GlidePath, 20/05, 25/~, 40/04, 50/03.

Обтурация GuttaFlow 2 (Coltene, Швейцария), контроль obturation рис. 5б, 5в.

Клинический случай 4. Пациентка С., 27 лет. Диагноз, хронический фиброзный периодонтит 2.7. Исходная рентгенологическая картина представлена на рис. 6а. В переднем щечном канале визуально определяется фрагмент инструмента типа Lentulo. Жалобы на болезненную перкуссия. Принято решение о повторном эндодонтическом лечении в одно посещение. Этап 1 – распломбировка корневых каналов, затруднений

не вызвал, так как каналы при предыдущем лечении obturировались пастой. При распломбировке был извлечен фрагмент инструмента. Распломбировка корневых каналов проводилась инструментом ProTaper Universal manual, и H-file до 15/02. Далее механическая обработка HyFlex EDM. На данном этапе определен MB2 (рис 6б). Этап 2 – собственно эндодонтическое лечение.

Пошагово: MB1 – ProTaper Universal manual S1, ProTaper Universal manual S2, H-file 15/02, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04, 50/03; MB2 – 25/08, 10/05 GlidePath, 25/~; MD – ProTaper Universal manual S1, ProTaper Universal manual S2, H-file 15/02, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04; P – ProTaper Universal manual S1, ProTaper Universal manual S2, H-file 15/02, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04, 50/03, 60/02.

Ирригация стандартная (5% гипохлорит, 17% ЭДТА, вода). Obturация – латеральная конденсация гуттаперчи на AN plus (рис. 6в, 6г).

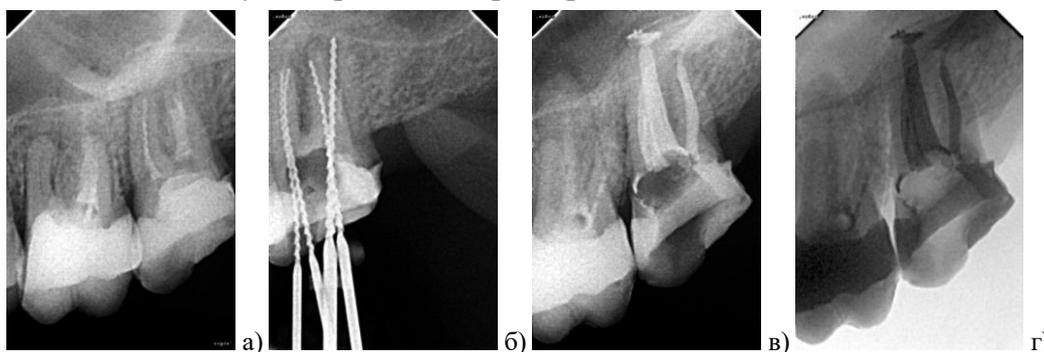


Рис. 6. Пациентка С., 27 лет. Хронический фиброзный периодонтит 2.7.

Клинический случай 5. Пациентка Г., 35 лет. Жалобы на разрушение коронки, периодические боли при накусывании в области 1.7. Исходная рентгенологическая картина на первый взгляд представляется достаточно благополучной (рис. 7а). Однако при ревизии корневых каналов четко определяется устье корневого канала (рис. 7б). Кроме этого, в obturированных каналах определяются неконденсированные гуттаперчевые штифты с неполимеризованной пастой в качестве силера. Диагноз: хронический фиброзный периодонтит 1.7, принято решение о повторном эндодонтическом лечении в одно посещение.

Пошагово: MB – ProTaper Universal manual S1, ProTaper Universal manual S2, H-file 15/02, H-file 20/02, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04, 50/03; MD – 25/08, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04 (рис. 7в).

P – ProTaper Universal manual S1, ProTaper Universal manual S2, H-file 15/02, H-file 20/02, 10/05 GlidePath, 25/~, 40/04, 50/03, 60/02.

Ирригация стандартная (5% гипохлорит, 17% ЭДТА, вода). Obturация – GuttaFlow 2 (Coltene, Швейцария, рис. 7г, 7д).

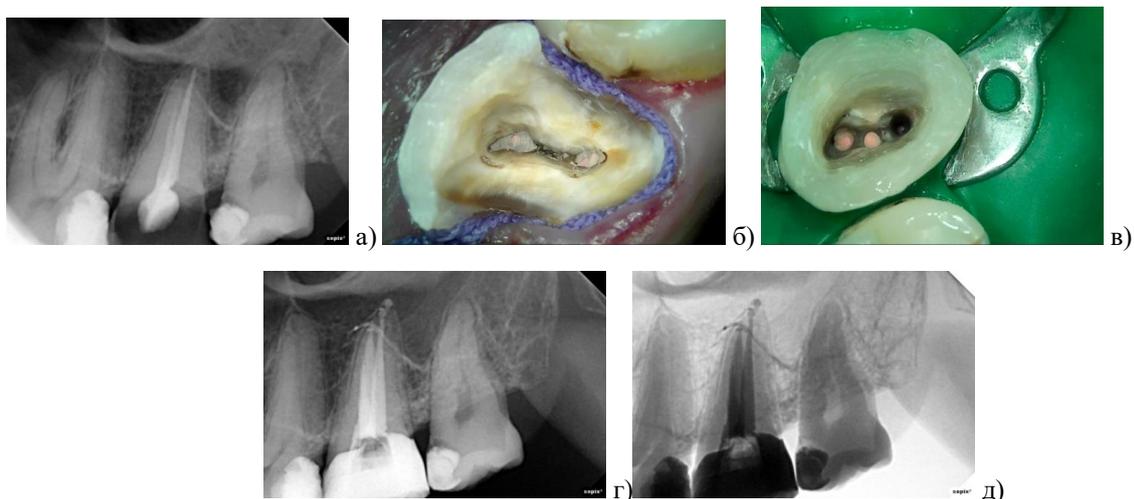


Рис. 7. Пациентка Г., 35 лет. Хронический фиброзный периодонтит 1.7.

Прежде чем перейти к заключению, считаем необходимым акцентировать внимание на некоторых аспектах.

Распломбировку корневых каналов предпочтительней проводить ручным инструментом. Применение ротационного инструмента с этой целью всегда чревато его поломкой.

Удаление фрагментов обломанного инструмента целесообразно проводить под ванночкой с ЭДТА и с помощью ультразвуковой насадки. Не допускай чрезмерного механического расширения корневого канала (больше стандартного размера насадки).

Если стандартная процедура не позволяет «сдвинуть» фрагмент, целесообразно заполнить канал гидроокисью кальция сроком на 1 месяц. Гидроокись длительно воздействует окружающий дентин и есть большая вероятность того, что при следующей попытке фрагмент будет извлечен. Данная тактика намного предпочтительнее бесконтрольного расширения канала, в результате чего зуб теряет свои прочностные характеристики.

Считаем крайне целесообразным формирование «ковровой дорожки» по рабочей длине корневого канала до 15/02, а лучше до 20/02 и затем использование файла 10/05 для создания «глиссады», т.е. ковровой дорожки для конусности инструмента, что значительно повышает безопасность механической обработки канала в плане поломки инструмента.

Использование файлов HyFlex EDM 15/03 и 20/05 целесообразно при кривизне канала более 300. В остальных случаях абсолютно достаточно протокола – 10/05, 25/~, 40/04.

Выводы. Результаты проведенных как лабораторных, так и клинических исследований подтверждают, что файлы HyFlex EDM обладают рядом уникальных характеристик, которые обуславливают их клинические преимущества. Это возможность работы по всей площади контакта инструмента с корневым дентином, высокая износостойчивость, сокращенный протокол, регенеративные свойства файла, визуальный контроль пластической деформации.

Файлы HyFlex EDM возможно многократного использовать в сложных анатомических и клинических условиях, в том числе при ограниченном инструментальном обеспечении, то есть без микроскопа.

Литература.

1. Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J.* 2003;36:199–207.
2. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod.* 1997;23:698–702.
3. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: Rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 2001;14:324–33.
4. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 1988;14:346–51.
5. Pirani C., Iacono F., Generali L., Sassatelli P., Lusvarghi L., Gandolfi M.G., Prati C. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2015.
6. Jungmann CL, Uchin RA, Bucher JF. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J Endod.* 1975;1:66–9.
7. Lee JK, Ha BH, Choi JH, Heo SM, Perinpanayagam H. Quantitative three-dimensional analysis of root canal curvature in maxillary first molars using micro-computed tomography. *J Endod.* 2006;32(10):941–5
8. Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod.* 2009;35(7):1056–9. Domark JD,
9. Hatton JF, Benison RP, Hildebolt CF. An ex vivo comparison of digital radiography and cone-beam and micro computed tomography in the detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. *J Endod.* 2013;39(7):901–5.
10. Filpo-Perez C, Bramante CM, Villas-Boas MH, Húngaro Duarte MA, Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of the distal root of mandibular first molar. *J Endod.* 2015;41(2):231–6.
11. Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. *J Endod.* 1982;8(12):555–7.
12. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007;33:1121–32.
13. Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Porkodi I, Pradeep G. Canal-centering ability: An endodontic challenge. *J Conserv Dent.* 2009;12:3–9.
14. Shumilovich BR, Sushchenko AV, Morozov AN, Kharitonov DU. Comparative clinical and laboratory characteristics of the quality of the filling of root canals using three obturation systems. *Dent Oral Craniofac Res.* 2015;Vol.1(5):160-169.
15. Shumilovich BR, Adunts LM, Rostovtsev VV, Kozhevnikov VV, Krukova SN. Comparative Evaluation of the Shaping Ability of The Three Nickel-Titanium Rotary Instruments Using Cone-Beam Computed Tomography. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2018; January-february 9 (1):708-715.
16. Маланьин И.В. Современные эндодонтические инструменты. – European Dental Academy, 2012, 116 с.
17. Овсепян А.П.. Никельтитановые эндодонтические инструменты / А.П. Овсепян // Эндодонтия today. – 2002. – №3. – С. 18-29.
18. Ржанов Е.А. Инструменты из никельтитанового сплава, используемые в эндодонтии. Обзор. Часть 1. Свойства никельтитанового сплава. Конструктивные особенности инструментов / Е.А. Ржанов, А.В. Болячин // Клиническая стоматология. – 2004. – №2. – С. 26-32.
19. Оценка транспортиции корневого канала, степени центрирования инструмента и

количества удаленного дентина после использования инструментов ProTaper NEXT® с созданием ковровой дорожки и без нее / Amr M. Elnaghy, Shaυμαа E. Elsaka. // Новости DENTSPLY. – 2015. – С. 21.

20. Pirani C., Iacono F. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. International endodontic journal. 2015; Vol.3(7):11-29.

21. Eugenio Pedullà. Fabio Lo Savio. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. JOE. 2015.

22. Сравнительная характеристика степени апикальной транспортировки и центрирующих свойств трех систем эндодонтических вращающихся никель титановых инструментов / Б.Р. Шумилович, Л.М. Адунц, А.М. Фонштейн, Р.В. Селин, Е.В. Кадменская // Dental IQ. – 2019. – №52. – С. 82-91.

23. Повторное эндодонтическое лечение. Что делать, если нет операционного микроскопа? / Б.Р. Шумилович, Л.М. Адунц, А.М. Фонштейн, Р.В. Селин, Е.В. Кадменская // Dental IQ. – 2019. – №53. – С. 120-131.

Abstract.

B.R. Shumilovich, I.S. Bishtova, D.E. Khrenov, L.M. Adunts, A.M. Fonstein

CLINICAL-LABORATORY PARALLELS OF STRUCTURE OF NICKELTITAN ENDODONTIC INSTRUMENTS AND THEIR CLINICAL EFFECTIVENESS

Voronezh State Medical University

The HyFlex EDM (electric discharge machine) files are manufactured using electroerosion processing technology, which provides an unparalleled cutting working surface of files in combination with controlled shape memory. Due to the fact that the tool is in the working state in the crystallographic phase of martensite, the EDM HyFlex is characterized by a combination of flexibility and resistance to the plastic deformation process, as well as high resistance to cyclic load, which makes it possible to widely use "short" machining protocols including 2-3 files in clinical everyday endodontic practice. In addition, the manufacturing process makes it possible to pre-adapt them to correspond more effectively to the anatomical shape of the canal, which significantly reduces the risk of formation of a ledge, transport or perforation and ensures the safety of endodontic treatment.

Keywords: endodontia; 5th generation nickel titanium files; microspectral analysis; anatomical shape of tooth canal.

References.

1. Schäfer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J. 2003; 36: 199-207.

2. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. J Endod. 1997; 23: 698–702.

3. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: Rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. Am J Dent. 2001; 14: 324–33.

4. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod. 1988; 14: 346-51.

5. Pirani C., Iacono F., Generali L., Sassatelli P., Lusvarghi L., Gandolfi M.G., Prati C. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. Int Endod J. 2015.

6. Jungmann CL, Uchin RA, Bucher JF. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. J Endod. 1975; 1: 66-9.

7. Lee JK, Ha BH, Choi JH, Heo SM, Perinpanayagam H. Quantitative three-dimensional analysis of root canal curvature in maxillary first molars using micro-computed tomography. J Endod. 2006; 32 (10): 941–5

8. Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. J Endod. 2009; 35 (7): 1056-9. Domark JD,

9. Hatton JF, Benison RP, Hildebolt CF. An ex vivo comparison of digital radiography and cone-

beam and micro computed tomography in the detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. J Endod. 2013; 39 (7): 901-5.

10. Filpo-Perez C, Bramante CM, Villas-Boas MH, Húngaro Duarte MA, Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of the distal root of mandibular first molar. J Endod. 2015; 41 (2): 231-6.

11. Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. J Endod. 1982; 8 (12): 555-7.

12. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. J Endod. 2007; 33: 1121-32.

13. Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Porkodi I, Pradeep G. Canal-centering ability: An endodontic challenge. J Conserv Dent. 2009; 12: 3-9.

14. Shumilovich BR, Sushchenko AV, Morozov AN, Kharitonov DU. Comparative clinical and laboratory characteristics of the quality of the filling of root canals using three obturation systems. Dent Oral Craniofac Res. 2015; Vol. 1 (5): 160-169.

15. Shumilovich BR, Adunts LM, Rostovtsev VV, Kozhevnikov VV, Krukova SN. Comparative Evaluation of the Shaping Ability of The Three Nickel-Titanium Rotary Instruments Using Cone-Beam Computed Tomography. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018; January-February 9 (1): 708-715.

16. Malanin I.V. Modern endodontic instruments. - European Dental Academy, 2012, 116 p.

17. Hovsepyan A. P. Nickel-titanium endodontic instruments / A. P. Ovsepyan. Hovsepyan // Endodontics today. - 2002. - No. 3. - S. 18-29.

18. Rzhhanov E.A. Nickel-titanium alloy instruments used in endodontics. Overview. Part 1. Properties of nickel-titanium alloy. Design features of tools / E.A. Rzhhanov, A.V. Bolyachin // Clinical Dentistry. - 2004. - No. 2. - S. 26-32.

19. Evaluation of the transport of the root canal, the degree of centering of the instrument and the amount of removed dentin after using the ProTaper NEXT® instruments with and without creating a carpet path / Amr M. Elnaghy, Shaymaa E. Elsaka. // DENTSPLY News. - 2015. - C. 21.

20. Pirani C., Iacono F. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. International endodontic journal. 2015; Vol.3 (7): 11-29.

21. Eugenio Pedullà. Fabio Lo Savio. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. JOE. 2015.

22. Comparative characteristics of the degree of apical transport and centering properties of three systems of endodontic rotating nickel-titanium instruments / B.R. Shumilovich, L.M. Adunts, A.M. Fonshtein, R.V. Selin, E.V. Kadmenskaya // Dental IQ. - 2019. - No. 52. - S. 82-91.

23. Re-endodontic treatment. What if there is no operating microscope? / B.R. Shumilovich, L.M. Adunts, A.M. Fonshtein, R.V. Selin, E.V. Kadmenskaya // Dental IQ. - 2019. - No. 53. - S. 120-131.

Сведения об авторах: Б.Р. Шумилович, И.С. Биштова, Д.Е. Хренов, Л.М. Адунц, А.М. Фонштейн – ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России.