

© Шумилович Б.Р., Микляев С.В., 2020
DOI 10.20310/2658-7688-2020-2-3(7)-31-41
УДК 616.314.18

Сравнительная характеристика степени апикальной транспортировки и центрирующих свойств никель-титановых инструментов в аустенитной и мартенситовой фазах

Богдан Романович ШУМИЛОВИЧ¹, Станислав Валерьевич МИКЛЯЕВ^{2,3}

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Н.Н. Бурденко»
394036, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10
<http://orcid.org/0000-0002-6571-9660>, e-mail: bogdanshum@gmail.com

²ГБУЗ «Тамбовская областная стоматологическая поликлиника»,
392002, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. 60 лет Октября, 17А

³ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,
Медицинский институт
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33
<https://orcid.org/0000-0002-4867-7585>, e-mail: miklaev@mail.ru

Comparative characteristic of the degree of apical transport and the centering properties of nickel-titanium tools in the austenitic and martensitic phases

Bogdan R. SHUMILOVICH¹, Stanislav V. MIKLYAEV^{2,3}

¹Voronezh State University named after N.N. Burdenko
10 Studencheskaya St., Voronezh 394036, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0002-6571-9660>, e-mail: bogdanshum@gmail.com

²Tambov Regional Dental Clinic
17A 60 years of October St., Tambov 392002, Russian Federation

³Derzhavin Tambov State University, Medical Institute
33 Internatsionalnaya St., Tambov 392000, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-4867-7585>, e-mail: miklaev@mail.ru

Аннотация. Целью данного *in vitro* исследования явилось сравнение степени транспортировки корневых каналов и уровень центрирования трех самых применяемых в практической эндодонтической практике никель-титановых ротационных систем HyFlex EDM, Protaper NEXT и M-two с помощью данных конической лучевой компьютерной томографии. Всего для исследования было отобрано 45 удаленных по пародонтологическим показаниям первых моляров верхней челюсти с полностью сформированными апикальными отделами. Обязательным условием исследования было наличие MB1 и MB2 в переднем щечном корне. Все зубы были рандомизированно распределены по 3 группам ($n = 15$). Образцы были подготовлены с помощью файлов HyFlex EDM, Protaper NEXT и M-two. Центрирующую способность и объем транспортировки каналов оценивали путем сопоставления дооперационных и послеоперационных микро-КТ-сканирований. Для статистического анализа использовались тесты ANOVA, метод «деревья классификации» (classification trees) и расчет отклонения прогноза. Уровень значимости был установлен на уровне 0,05. Каналы, подготовленные с помощью HyFlex EDM, показали минимальные значения степени транспортировки корневых каналов на всех трех уровнях (3, 5 и 7 мм от апикальной констрикции), что связано с уникальной конструкцией поперечного сечения рабочей части инструмента. Максимальная транспортировка каналов наблюдалась с M-two в коронарной (7 мм) и средней (5 мм) трети. При анализе центрирующих способностей каналов, подготовленные с помощью системы HyFlex EDM и Protaper NEXT, показали максимальные значения на всех трех уровнях по сравнению с файлами M-two. Каналы, подготовленные с помощью HyFlex EDM,

имели минимальные значения транспортировки канала на всех трех уровнях корневого канала. Оптимальная механическая подготовка корневых каналов по изучаемым параметрам на всех уровнях достигалась при использовании инструментов HyFlex EDM и Protaper NEXT.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография; HyFlex EDM; Protaper NEXT; M-two; апикальная транспортиция; центрирующая способность; никельтитановый инструмент

Для цитирования: Шумилович Б.Р., Микляев С.В. Сравнительная характеристика степени апикальной транспортиции и центрирующих свойств никель-титановых инструментов в аустенитной и мартенситовой фазах. Медицина и физическая культура: наука и практика. 2020;2(7):31-41. DOI 10.20310/2658-7688-2020-2-3(7)-31-41.

Abstract. The purpose of this in vitro study was to compare the degree of root channel transport and the level of centering of the three most practical endodontic nickel-titanium rotary systems HyFlex EDM, Protaper NEXT and M-two using conical beam computed tomography data. In total, we selected 45 removed from periodontological indications of the first upper jaw molars with fully formed apical sections for the study. A prerequisite for the study was the presence of MB1 and MB2 in the anterior buccal root. We randomized all teeth into 3 groups ($n = 15$) and prepared samples using the files HyFlex EDM, Protaper NEXT and M-two. We evaluated the centering capacity and volume of channel transport by comparing preoperative and postoperative micro-CT scans. We used ANOVA tests, the classification trees method, and the forecast deviation calculation for statistical analysis. The significance level was at 0.05. The channels prepared by means of HyFlex EDM showed the minimum values of extent of transportation of root canals at all three levels (3, 5 and 7 mm from an apical konstriktion) that it connects with a unique design of cross section of a working part of the tool. Maximum channel transport was with M-two in the coronary (7 mm) and middle (5 mm) third. When analyzing centering abilities, channels prepared using the HyFlex EDM and Protaper NEXT system showed maximum values at all three levels compared to M-two files. The channels prepared by means of HyFlex EDM had the minimum values of transportation of the channel at all three levels of a root canal. Optimal mechanical preparation of root channels for the parameters studied at all levels was achieved using the tools HyFlex EDM and Protaper NEXT.

Keywords: cone-ray computed tomography; HyFlex EDM; Protaper NEXT; M-two; apical transport; centering ability; nickeltitane tool

For citation: Shumilovich B.R., Miklyaev S.V. Sravnitel'naya kharakteristika stepeni apikal'noj transportatsii i tsentriruyushhikh svojstv nikel'-titanovykh instrumentov v austenitnoj i martensitovoj fazakh [Comparative characteristic of the degree of apical transport and the centering properties of nickel-titanium tools in the austenitic and martensitic phases]. *Meditsina i fizicheskaya kul'tura: nauka i praktika. – Medicine and Physical Education: Science and Practice.* 2020;2(7):31-41. DOI 10.20310/2658-7688-2020-2-3(7)-31-41. (In Russian, Abstr. in Engl.)

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, целью эндодонтического лечения является удаление инфицированных и некротических остатков пульпы и корневого дентина и элиминация микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Сохранение первоначальной анатомической формы при механической обработке и формировании конусности корневого канала является важным фактором успешности эндодонтического лечения [1; 2]. И хотя для предотвращения некоторых операционных осложне-

ний, таких, например, как апикальная транспортиция, были разработаны несколько протоколов механической обработки, в литературных источниках до сих пор отмечаются ряд трудностей при эндодонтическом лечении каналов со сложной анатомической формой. С тех пор, как в 1990-х гг. появились вращающиеся инструменты из никель-титанового сплава (NiTi), исследования показали, что эти инструменты поддерживают оригинальную форму канала и, следовательно, обеспечивают более безопасную, быструю, концентрированную и легкую механи-

ческую подготовку сильно изогнутых корневых каналов [3–6].

Компанией Coltene были представлены новые никель-титановые файлы 5-го поколения HyFlex EDM (electric discharge machine). Данные файлы характеризуются абсолютно новыми свойствами по сравнению с уже существующими на рынке благодаря инновационному запатентованному производственному процессу с использованием техники электро-разрядной обработки. Заготовки в процессе производства обрабатываются электрическим током, создавая потенциал между заготовкой и инструментом [7]. Искры, образующиеся при этом, вызывают плавление и испарение поверхности материала. Это создает уникальную поверхность новых файлов и делает файлы HyFlex EDM более прочными и устойчивыми к разрушению. Это совершенно уникальное сочетание гибкости и сопротивления процессу пластической деформации позволяет уменьшить количество файлов, необходимых для обработки и формирования корневых каналов, не изменяя при этом исходную анатомию корневого канала. Файлы HyFlex EDM были созданы на базе уже существующих достаточно длительное время файлов HyFlex CM (control memory) и при необходимости могут использоваться совместно с ними. Кроме того, файлы HyFlex EDM имеют уже знакомый контролируемый эффект памяти (CM) и обладают такими же высокими регенеративными свойствами, как и HyFlex CM.

Разработанный компанией производственный процесс файлов HyFlex EDM обеспечивает кристаллографические фазовые переходы никель-титанового сплава от аустенита до мартенсита при комнатной температуре в отличие от обычных NiTi-файлов, что делает файлы чрезвычайно гибкими и устойчивыми к разрушению [2; 7]. Благодаря контролируемой памяти формы файлы всегда «следуют» за анатомией канала, что значительно снижает риск образования уступа, транспортиции или перфорации канала. Как и файлы из нержавеющей стали, все файлы HyFlex могут быть предварительно изогнуты в соответствии с анатомической формой канала. Все файлы HyFlex EDM можно использовать со скоростью вращения 400–500 об/мин и с

крутящим моментом до $2,5 \text{ Н/см}^2$ за исключением файлов Glidepath, которые используются со скоростью 300 об/мин с торком 1,8 Н/см [8; 9]. Стартовый файл HyFlex Glide Path 10/.05 предназначен для обеспечения оптимальной «глиссады» для последующей обработки и формирования корневого канала. Файл HyFlex25/~ OneFile имеет не только изменяемую конусность рабочей части, но и изменяемое поперечное сечение. В силу данных свойств он может применяться сразу как MAF (master apical file) при соответствующем размере канала. При необходимости возможно использовать файл в сочетании с серией CM (например, 20/.04 и 20/.06).

Целью данного исследования было оценить степень апикальной транспортиции и центрирующую способность вращающихся никельтитановых инструментов с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). В исследование были включены три группы инструментов: HyFlex EDM (Coltene, Швейцария), ProTaper Next (Dentsply, Швейцария) и M-two (VDW, Германия).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования было выбрано 45 удаленных по пародонтологическим показаниям первых моляров верхней челюсти с полностью сформированной апикальной частью и обязательным наличием MB1 и MB2 в переднем щечном корне. Зубы были проверены на отсутствие резорбции, переломов корней и наличие осложненного кариеса. Наличие второго мезиобуккального канала оценивали с использованием стереомикроскопа (Leica-M320, Германия) при 12-кратном увеличении. Угол кривизны каналов определяли по методу Шнайдера. В исследование включались каналы с кривизной от 25° до 35° . После дезинфекции 5,25 % раствором гипохлорита натрия (NaOCl) перед экспериментом образцы хранили в 10 % растворе формалина. Полости прямого эндодонтического доступа были подготовлены с использованием высокоскоростного шаровидного карбидного бора #4 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) в высокоскоростном угловом наконечнике с

электроприводом (1:5) при скорости подачи охлаждающего спрея не менее 50 мл/мин. Для установления рабочей длины (WL) в канал помещали К-файл ISO 10 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Швейцария), пока он не определялся визуально в апикальном отверстии. Рабочая длина (WL) определялась на 1 мм ниже этой отметки.

Образцы позиционировались для сканирования с помощью тисковой массы класса С-силикон Speedex (Coltene, Швейцария) и пластиковой оттисковой ложки того же производителя. Зубы были вставлены в параллельные положения к стенке пластиковой ложки, так что самые верхние точки корней (арех) касались основания ложки. Исследования КЛКТ проводились до и после инструментальной обработки каналов переднего щечного корня без изменения положения зубов в ложке. Использовался томограф PointNix 3D Combi 500 (Корея) с техническими параметрами – площадь сканирования 8×8 см, 40–90 кВр, 4–16 мА.

Отобранные зубы были рандомизированно распределены в 3 группы исследования (группы 1–3) по 15 зубов в каждой. Ротационные режимы обеспечивались электрическим эндодонтическим мотором X-Smart (Dentsply Maillefer, Швейцария). Крутящий момент (торк) и скорость вращения выставлялись индивидуально для каждого файла в соответствии с инструкциями производителя. Все приготовления и исследования были выполнены одним оператором.

Пошаговые протоколы механической обработки:

Группа 1. Файлы HyFlex EDM (Coltene, Switzerland) использовались в следующей последовательности – HyFlex CM 25/12 Orifice Opener, HyFlex EDM Glidepath 10/05, HyFlex EDM 25/~ One File. Образец для исследования получали при прохождении последнего файла по всей рабочей длине канала (MAF).

Группа 2. ProTaper NEXT (Dentsply, Switzerland) использовали в следующей последовательности – Protaper Universal SX, ProTaper Next X1, ProTaper Next X2. Образец для исследования получали при прохожде-

нии последнего файла по всей рабочей длине канала (MAF).

Группа 3. Файлы M-two (VDW, Германия) использовали в следующей последовательности – 10/05; 15/04; 20/06; 25/05. Образец для исследования получали при прохождении последнего файла по всей рабочей длине канала (MAF).

Для оценки степени апикальной транспортиции и центрирующей способности инструмента на уровнях 3, 5 и 7 мм от апикального отверстия использовали следующую формулу:

Апикальная транспортиция = $(M1 - M2) - (D1 - D2)$.

Центрирующая способность = $(M1 - M2) / (D1 - D2)$ или $(D1 - D2) / (M1 - M2)$,

где M1 – кратчайшее расстояние от мезиального края корня до мезиального края необработанного канала, M2 – кратчайшее расстояние от мезиального края корня до мезиального края обработанного канала, D1 – кратчайшее расстояние от дистального края корня до дистального края необработанного канала, а D2 – кратчайшее расстояние от дистального края корня до дистального края обработанного канала (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программного пакета Statistica 8.0 (StatSoftInc.). Статистическую значимость кривизны корневых каналов до инструментальной обработки оценивали с использованием анализа дисперсии (ANOVA). Уровень значимости был установлен при $p = 0,05$.

В табл. 1 показаны значения апикальной транспортиции (мм) и центрирующей способности ротационного инструмента для всех изучаемых групп.

В группе 1, где применялась система HyFlex EDM, определена наименьшая из всех изучаемых групп степень апикальной транспортиции (уровень 3 мм – $0,052 \pm 0,009$ мм, 5 мм – $0,079 \pm 0,006$ мм, 7 мм – $0,151 \pm 0,008$ мм).

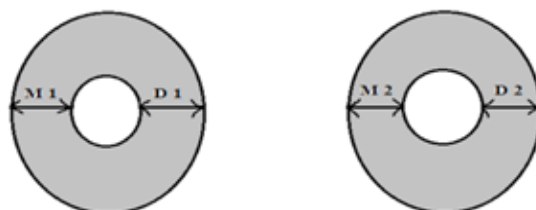


Рис. 1. Схема определения изучаемых расстояний при определении степени транспортировки каналов и центрирования инструментов
Fig. 1. Scheme for determining studied distances when determining the degree of transportation of channels and centering of tools

Таблица 1

Степень апикальной транспортировки и центрирующая способность изучаемых NiTi инструментов

Table 1

Degree of apical transport and centering ability of the studied NiTi instruments

Группы Groups	Уровень Level	Характеристика Characteristic	Значение Meaning	Медиана Median	<i>p</i>
HyFlex EDM	3 мм 3 mm	Апикальная транспортировка Apical transportation	0,052 ± 0,009	0,05	0,073
ProTaper Next			0,076 ± 0,007	0,08	
M-two			0,077 ± 0,01	0,08	
HyFlex EDM	5 мм	Апикальная транспортировка Apical transportation	0,079 ± 0,006	0,08	0,092
ProTaper Next			0,093 ± 0,006	0,09	
M-two			0,095 ± 0,011	0,10	
HyFlex EDM	7 мм	Апикальная транспортировка Apical transportation	0,151 ± 0,008	0,15	0,169
ProTaper Next			0,171 ± 0,012	0,17	
M-two			0,173 ± 0,012	0,17	
HyFlex EDM	3 мм 3mm	Центрирующая способность Centering ability	0,517 ± 0,097	0,50	0,515
ProTaper Next			0,518 ± 0,027	0,50	
M-two			0,452 ± 0,016	0,46	
HyFlex EDM	5 мм	Центрирующая способность Centering ability	0,494 ± 0,049	0,50	0,479
ProTaper Next			0,484 ± 0,028	0,50	
M-two			0,414 ± 0,027	0,42	
HyFlex EDM	7 мм	Центрирующая способность Centering ability	0,372 ± 0,028	0,38	0,368
ProTaper Next			0,363 ± 0,016	0,38	
M-two			0,352 ± 0,011	0,36	

В группе 2, где применялась система ProTaper Next, получены следующие результаты: уровень 3 мм – $0,076 \pm 0,007$ мм; уровень 5 мм – $0,093 \pm 0,006$ мм и уровень 7 мм от апекса – $0,171 \pm 0,012$ мм.

Наибольшие значения степени апикальной транспортировки наблюдались в группе 3, где применялась система M-two (3 мм – $0,07 \pm 0,01$ мм, 5 мм – $0,095 \pm 0,011$ мм и 7 мм – $0,173 \pm 0,012$ мм).

Во время анализа центрирующей способности инструмента система HyFlex EDM показала самые высокие значения (3 мм – $0,517 \pm 0,097$, 5 мм – $0,494 \pm 0,049$, 7 мм – $0,372 \pm 0,028$). В группе ProTaper Next определены следующие значения центрирующей способности: 3 мм – $0,518 \pm 0,027$; 5 мм – $0,484 \pm 0,028$; 7 мм – $0,363 \pm 0,016$. Третья группа инструментов (файлы M-two) показала следующие результаты: 3 мм – $0,452 \pm 0,016$; 5 мм – $0,414 \pm 0,027$ и 7 мм – $0,352 \pm 0,011$.

Графическое построение на основе алгоритма CART полученных в изучаемых группах результатов по методу “classification trees” представлено на рис. 2. Для построения модели прогнозирования использовались 3 переменные с созданием 4 терминальных узлов (подгрупп). Самым значимым предиктором являлась величина апикальной транспортиции на расстоянии 3 мм от апикального отверстия. Данный предиктор разделил все 45 зубов на 2 сегмента; в правой части дерева из 28 зубов с величиной апикальной транспортиции $\geq 0,065$ мм, 14 зубов были обработаны системой Protaper Next (50 %), 13 зубов – системой M-two (46,43 %), и только один зуб обрабатывался системой HyFlex EDM (3,57 %). Во втором сегменте (левая сторона дерева) из 17 зубов с величиной апикальной транс-

портации $\leq 0,065$ мм; 14 зубов были обработаны файлами HyFlex EDM (82,35 %), а остальные зубы – файлами Protaper Next и M-two (5,88 и 11,77 % соответственно).

В левой части дерева при анализе данных 17 зубов с $\text{Var } 2 \leq 0,065$ мм был определен другой предиктор ($\text{Var } 3$ – апикальная транспортировка на расстоянии 5 мм от отверстия) алгоритмом, который подразделял эти сегменты на две подгруппы. Первая подгруппа с величиной апикальной транспортиции $\leq 0,085$ включала 13 зубов, обрабатываемых файлами HyFlex EDM (100 %). Вторая подгруппа с апикальной транспортицией $\geq 0,085$ включала в себя 4 зуба, где 1 зуб был обработан файлами HyFlex EDM (25 %), 1 – Protaper Next (25 %) и 2 – системой M-two (50 %).

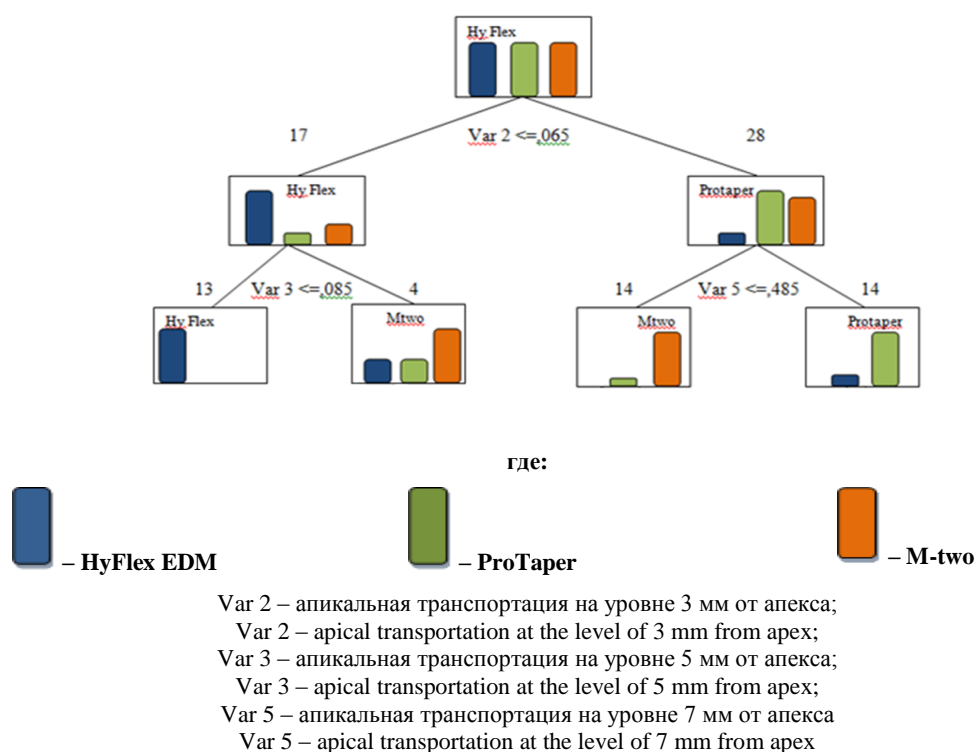


Рис. 2. Графическое изображение результатов статистической обработки “classification trees”

Fig. 2. Graphical representation of results of statistical processing “classification trees”

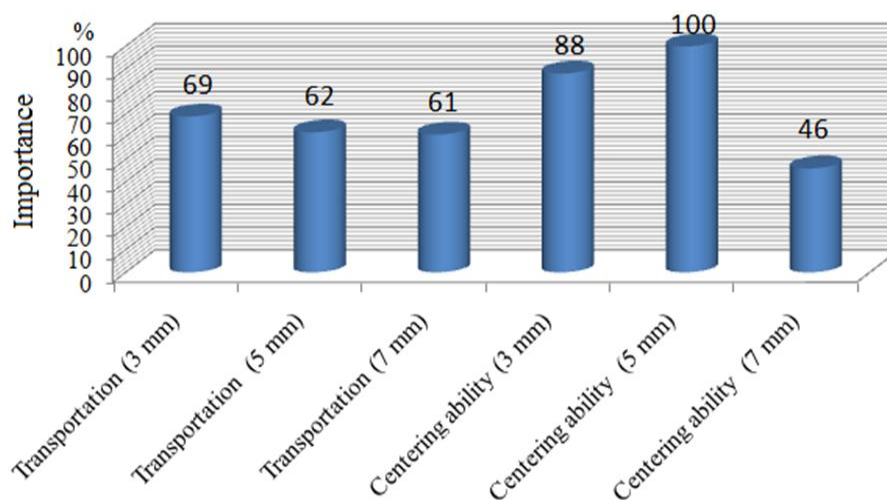


Рис. 3. Статистическая значимость переменной предиктора между апикальной транспортией, центрирующей способностью инструмента и типом инструмента

Fig. 3. Statistical significance of predictor variable between apical transport, tool centering ability and instrument type

В правой части дерева из 28 зубов Var 2 \geq 0,065 мм предиктор Var 5 (центрирующая способность от 7 мм до апикального отверстия) подразделял эти сегменты на две подгруппы. Первая подгруппа с центрирующей способностью \leq 0,485 включала 14 зубов, где 13 зубов были обработаны системой M-two (92,86 %) и только 1 зуб – системой Protaper Next (7,14%). Вторая подгруппа с центрирующей способностью \geq 0,485 включала 14 зубов, из которых 1 зуб был обработан файлами HyFlex EDM (7,14 %) и 13 – системой Protaper Next (92,86 %).

При проведении статистического анализа определяли прогнозирующую переменную взаимосвязь между величиной апикальной транспорти и центрирующей способностью инструмента на изучаемых уровнях от апикального отверстия. Относительная значимость предикторных переменных, таких как степень апикальной транспорти на уровне 3, 5, 7 мм от апикального отверстия и центрирующая способность инструмента на том же уровне представлена на рис. 3. На основании данного показателя все изученные переменные были сопоставлены с типом инструмента. Важнейшими переменными были величина транспорти на уровне 3 мм от апикального отверстия и центрирующая спо-

способность инструмента на уровне 3 и 5 мм от отверстия (69, 88, 100 % соответственно).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как уже упоминалось, основной целью механической инструментальной обработки терапии корневых каналов является его дебритмент (некротомия) и трехмерная подготовка канала для планируемого obturation. При этом рекомендуется достаточное для качественного дебритмента увеличение канала с сохранением исходной анатомической формы и круглого поперечного сечения последнего с гладкими сужающимися к апексу стенками [10].

В данном исследовании использовались экстрагированные человеческие зубы, чтобы лучше имитировать клинические условия в отношении морфологических изменений, вызванных файловыми системами, используемыми для инструментальной обработки. MB-каналы первых верхних моляров были выбраны с учетом высокой частоты выраженной кривизны в их апикальной трети [11], что часто затрудняет их качественную инструментальную подготовку [12]. Однако данные каналы могут значительно разли-

чатся в плане анатомии [8], что представляет собой проблему с точки зрения стандартизации образца [13]. Наличие MB2 в переднем щечном корне первого верхнего моляра может варьироваться от 18,6 до 100 % [8; 14], что делает выбор для исследования одиночных корневых каналов вышеупомянутых корней нецелесообразным.

Для оценки точного местоположения и анатомии системы корневых каналов, качества подготовки корневых каналов и проведения экспериментальных измерений до и после инструментальной обработки использовался современный неинвазивный высокоинформативный метод – КЛКТ по стандартному протоколу [15].

Формирование каналов со сложной анатомической формой и выраженным углом кривизны проводилось с учетом и возможной компенсацией способности всех изучаемых инструментов к отклонению подготовленного канала от его исходной оси. Как известно, отклонение от первоначальной анатомической кривизны канала может привести к чрезмерному удалению дентина, выпрямлению канала и созданию уступа в канале [16–18]. Данный биомеханический дефект изменяет поперечное сечение канала в области апикальной констрикции на эллиптическую форму или форму песочных часов, что, в свою очередь, затрудняет качественную obturation канала и ослабляет зуб при окклюзионных нагрузках [19–21].

По результатам настоящего исследования в каналах, в которых инструментальная обработка проводилась HyFlexEDM, определены минимальные значения транспортиции корневых каналов на всех изучаемых уровнях. Вне всякого сомнения, данные свойства инструмента обеспечиваются благодаря инновационному производственному процессу с использованием электроразрядной обработки.

Максимальная величина апикальной транспортиции наблюдалась при применении файлов M-two в корональной (7 мм) и средней (5 мм) трети корневого канала. При анализе центрирующих способностей каналы, обработанные с использованием и Protaper Next, показали максимальные значения на всех уровнях по сравнению с файлами M-two.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, из результатов проведенных исследований следует, что применение для инструментальной обработки корневых каналов новых файлов HyFlex EDM обуславливает минимальные значения степени апикальной транспортиции канала на всех трех уровнях (3, 5 и 7 мм). Оптимальное центрирование канала, а следовательно, высокие центрирующие способности инструмента определялись в группах HyFlex EDM и Protaper Next на тех же уровнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маланьин И.В. Современные эндодонтические инструменты. Б.г.: European Dental Academy; 2012, 116 с.
2. Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. J. Endod. 1982;8(12):555-7.
3. Овсепян А.П. Никель-титановые эндодонтические инструменты. Эндодонтия today. 2002;(3):18-29.
4. Ржанов Е.А., Болячин А.В. Инструменты из никельтитанового сплава, используемые в эндодонтии. Обзор. Часть 1. Свойства никельтитанового сплава. Конструктивные особенности инструментов. Клиническая стоматология. 2004;(2):26-32.
5. Amr M, Elnaghy, Shaymaa E, Elsaka Оценка транспортиции корневого канала, степени центрирования инструмента и количества удаленного дентина после использования инструментов ProTaper NEXT® с созданием ковровой дорожки и без нее. Новости DENTSPLY. 2015;20-3.
6. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent. Clin. North Am. 1974;18:269-96.
7. 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.
8. Pirani C., Iacono F., Generali L., Sassatelli P., Lusvardi L., Gandolfi M.G., Prati C. HyFlexEDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. Int. Endod. J. 2016;49(5):483-93.

9. *Pedullà E., Lo Savio F. et al.* Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. *JOE*. 2016;42(1):156-9.
10. *Thompson SA, Dummer PM.* Shaping ability of light speed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J. Endod.* 1997;23:698-702.
11. *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.
12. *Walia H.M., Brantley W.A., Gerstein H.* An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J. Endod.* 1988;14:346-51.
13. *Jungmann C.L., Uchin R.A., Bucher J.F.* Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J. Endod.* 1975;1:66-9.
14. *Lee J.K., Ha B.H., Choi J.H., Heo S.M., 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.
15. *Paqué F., Ganahl D., Peters O.A.* Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J. Endod.* 2009;35(7):1056-9.
16. *Cotton T.P., Geisler T.M., Holden D.T., Schwartz S.A., Schindler W.G.* Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J. Endod.* 2007;33:1121-32.
17. *Kandaswamy D., Venkateshbabu N., Porkodi I., Pradeep G.* Canal-centering ability: An endodontic challenge. *J. Conserv. Dent.* 2009;12:3-9.
18. *Shumilovich B.R., Sushchenko A.V., Morozov A.N., Kharitonov D.U.* Comparative clinical and laboratory characteristics of the quality of the filling of root canals using three obturation systems. *Dent. Oral Craniofac. Res.* 2015;1(5):160-9.
19. *Hatton J.F., Benison R.P., Hildebolt C.F.* 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.
20. *Filpo-Perez C., Bramante C.M., Villas-Boas M.H., Húngaro Duarte M.A., Versiani M.A., 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.
21. *Shumilovich B.R., Adunts L.M., Rostovtsev V.V., Kozhevnikov V.V., Krukova S.N.* 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;9(1):708-15.

REFERENCES

1. Malanin I.V. *Sovremennye endodonticheskiye instrumenty* [Modern Endodontic Tools]. European Dental Academy: 2012, 116 p. (In Russian).
2. Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. *J. Endod.* 1982;8(12):555-7.
3. Ovsepyan A.P. Nikel'-titanovye endodonticheskiye instrumenty [Nickel-titanium endodontic instruments]. *Endodontiya Today. – Endodontia Today.* 2002;(3):18-29. (In Russian).
4. Rzhanov E.A., Bolyachin A.V. Instrumenty iz nikel'titanovogo splava, ispol'zuemye v ehndodontii. Obzor. Chast' 1. Svoystva nikel'titanovogo splava. Konstruktivnye osobennosti instrumentov [Nickel titanium alloy tools used in endodontics. Review. Part 1. Properties of nickel titanium alloy. Design features of tools]. *Klinicheskaya Stomatologiya. – Clinical Dentistry.* 2004;(2):26-32. (In Russian).
5. *Amr M. Elnaghy, Shaymaa E. Elsaka* Otsenka transportatsii kornevogo kanala, stepeni tsentrirovaniya instrumenta i kolichestva udalennogo dentinaposle ispol'zovaniya instrumentov ProTaper NEXT® s sozdaniem kovrovoj dorozhki i bez nee [Estimate the root channel transport, tool centering, and amount of dentinam removed after using NEXT ® ProTaper tools to create a carpet and without it]. *Novosti DENTSP-LY. – DENTSPLY News.* 2015;20-3. (In Russian).
6. *Schilder H.* Cleaning and shaping the root canal. *Dent. Clin. North Am.* 1974;18:269-96.
7. 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.
8. Pirani C., Iacono F., Generali L., Sassatelli P., Lusvardi L., Gandolfi M.G., Prati C. HyFlexEDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *Int. Endod. J.* 2016;49(5):483-93.

9. Pedullà E., Lo Savio F. et al. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. *JOE*. 2016;42(1):156-9.
10. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of light speed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J. Endod.* 1997;23:698-702.
11. 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.
12. Walia H.M., Brantley W.A., Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J. Endod.* 1988;14:346-51.
13. Jungmann C.L., Uchin R.A., Bucher J.F. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J. Endod.* 1975;1:66-9.
14. Lee J.K., Ha B.H., Choi J.H., Heo S.M., 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.
15. Paqué F., Ganahl D., Peters O.A. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J. Endod.* 2009;35(7):1056-9.
16. Cotton T.P., Geisler T.M., Holden D.T., Schwartz S.A., Schindler W.G. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J. Endod.* 2007;33:1121-32.
17. Kandaswamy D., Venkateshbabu N., Porkodi I., Pradeep G. Canal-centering ability: An endodontic challenge. *J. Conserv. Dent.* 2009;12:3-9.
18. Shumilovich B.R., Sushchenko A.V., Morozov A.N., Kharitonov D.U. Comparative clinical and laboratory characteristics of the quality of the filling of root canals using three obturation systems. *Dent. Oral Craniofac. Res.* 2015;1(5):160-9.
19. Hatton J.F., Benison R.P., Hildebolt C.F. 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.
20. Filpo-Perez C., Bramante C.M., Villas-Boas M.H., Húngaro Duarte M.A., Versiani M.A., 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.
21. Shumilovich B.R., Adunts L.M., Rostovtsev V.V., Kozhevnikov V.V., Krukova S.N. 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;9(1):708-15.

Информация об авторах

Шумилович Богдан Романович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии Института дополнительного профессионального образования. Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Российская Федерация. E-mail: bogdanshum@gmail.com

Вклад в статью: анализ литературы, поиск и анализ литературы, работа с литературными источниками, сбор данных, анализ медицинской документации и годовых отчетов, анализ полученных результатов, анализ данных, статистический анализ, обработка материала, обработка результатов исследования, написание текста статьи.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6571-9660>

Микляев Станислав Валерьевич, кандидат медицинских наук, врач-стоматолог. Тамбовская областная клиническая стоматологическая поликлиника, г. Тамбов, Российская Федерация; старший преподаватель кафедры стоматологии Медицинского института. Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация. E-mail: miklaev@mail.ru

Вклад в статью: идея и дизайн исследования, окончательное одобрение рукописи, научное консультирование, общая концепция статьи, редактирование текста статьи.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4867-7585>

Конфликт интересов отсутствует.

Для контактов:

Шумилович Богдан Романович
E-mail: bogdanshum@gmail.com

Поступила в редакцию 18.05.2020 г.

Поступила после рецензирования 28.06.2020 г.

Принята к публикации 28.08.2020 г.

Information about the authors

Bogdan R. Shumilovich, Doctor of Medicine, Professor, Head of Dentistry Department of Institute of Additional Professional Education. Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation. E-mail: bogdanshum@gmail.com

Contribution: literature analysis, literature search and analysis, work with literary sources, data collection, analysis of medical records and annual reports, analysis of results obtained, data analysis, statistical analysis, material processing, processing of study results, writing of the article.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6571-9660>

Stanislav V. Miklyaev, Candidate of Medicine, Dentist. Tambov Regional Clinical Dental Clinic, Tambov, Russian Federation; Senior Lecturer of Dentistry Department of Medical Institute. Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation. E-mail: miklaev@mail.ru

Contribution: study idea and design, final approval of the manuscript, scientific advice, general concept of the article, article text editing.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4867-7585>

There is no conflict of interests.

Corresponding author:

Bogdan R. Shumilovich
E-mail: bogdanshum@gmail.com

Received 18 May 2020

Reviewed 28 June 2020

Accepted for press 28 August 2020