

TruNatomy®

НАУЧНОЕ РУКОВОДСТВО

TruNatomy®

Содержание

	Стр.
Предисловие соавторов.....	4
Описание системы TruNatomy®	6
Механические свойства и исследования <i>in vitro / ex vivo</i>	9
1. Устойчивость к усталостной нагрузке	10
2. Транспортировка и центрирование в канале	16
3. Препарирование	20
4. Апикальная экструзия опилок	22
5. Обзор полостей доступа под углом	26
Клинические данные.....	30
Заключение.....	33
Список литературы.....	34

Предисловие соавторов

TruNatotomy®: от концепции к клиническому решению

Вне всякого сомнения, за последние два десятилетия, когда для лечения корневых каналов стали применяться никель-титановые инструменты, в эндодонтической практике произошли революционные изменения.

Наиболее значимым улучшением стала возможность эффективно препарировать даже сильно искривленные каналы, как, например, в молярах, с меньшим риском инструментальных ошибок, чем ранее. Клинические данные свидетельствуют о том, что это играет большую роль в улучшении результатов, наблюдаемых сразу после лечения. Рентгенограммы после лечения с использованием врачающихся или возвратно-поступательных файлов демонстрируют четкую форму и отличное пломбирование корневых каналов. Этот подход часто ассоциируется с файлами довольно большого конуса и необходимостью удаления значительного количества дентина (создание прямолинейного доступа). Было выявлено, что во многих случаях депульпированных зубов негативным фактором, ассоциированным с дефицитом дентина, были трещины и другие осложнения.

Таким образом, разработка системы TruNatotomy® началась с тщательной и целенаправленной оценки того, чего недостает и что можно было бы улучшить в дизайне и характеристиках при создании новых инструментов. Важно отметить, что при разработке учитывалось и то, что именно пациенты считают успехом эндодонтического лечения. Неудивительно, что пациенты в большей степени заинтересованы в том, чтобы зубы после лечения не болели и функционировали как можно дольше. Еще более очевидно, что эта так называемая «оценка результатов лечения пациентами» напрямую связана с последующей реставрацией депульпированных зубов. Результаты восстановления, выбор типа реставрации и срок службы восстановленных зубов напрямую зависят от количества и локализации остаточных твердых тканей (дентина), типа реставрации и си, возникающих в процессе функционирования¹.

Поэтому основной целью разработки новой системы файлов стало максимальное сохранение дентина на границе с реставрацией, достижение необходимого размера препарирования для эффективного очищения с минимальным разрушением зуба.

Нужен был врачающийся файл, который мог бы обеспечивать меньшее корональное расширение при препарировании, безопасно проходить узкие изгибы и при этом обеспечивать достаточно пространства в апикальной части для подачи ирригационного раствора. Эта концепция была реализована благодаря продуманному сочетанию новых материалов, конструктивных особенностей и дополнительных элементов. Теперь при меньших размерах полости доступа и без большого коронарного расширения возможно создать форму канала, которая позволит ирригационной игле проникнуть на нужную глубину.

Вторым важным моментом, о котором мы узнали при разработке TruNatotomy®, стало то, что лечение корневых каналов рассматривается многими врачами как сложный и даже пугающий процесс². Поэтому требования к конструкции включали в себя фактор безопасности и необходимость обеспечить хорошую чувствительность при использовании инструментов. Конкретный протокол от локализации устья до создания «ковровой дорожки» помогает врачам с уверенностью обрабатывать каналы даже с самой сложной анатомией.

Разработка от первого чертежа до появления системы файлов в про-
даже заняла более трех лет и осно-
вывалась на клинических и лабора-
торных исследованиях, многие из
которых упомянуты в настоящем
научном руководстве. Мы уверены,
что решение TruNatomy® поможет
врачам и пациентам в лечении зубов
с различной степенью кривизны
канала и в сохранении структурно
важного дентина.

**Соавторы, клинические
эксперты-консультанты, занимавшиеся
разработкой решения TruNatomy®**



Проф. Ове Петерс
Стоматологический
факультет
Квинслендского
университета, Брисбен,
Австралия

Д-р Джордж Брудер
Международный
стоматологический институт
Палм-Бич-Гарденс
и Форт-Лодердейл, Флорида

Two handwritten signatures, one on the left in black ink and one on the right in blue ink, corresponding to the profiles of the two individuals above.

Описание системы TruNatomy® с особым вниманием к инструментам

В комплексное решение TruNatomy® входят специальный модификатор устья канала, инструмент для создания «ковровой дорожки», четыре инструмента для препарирования канала (Prime, Small, Medium, Large), а также специальная ирригационная игла, гуттаперчевые штифты с переменной конусностью и абсорбирующие штифты (см. *рис. 1*). Все инструменты TruNatomy® предназначены для работы на скорости 500 об/мин с торком 1,5 Н·см мягкими поглаживающими движениями. Инструменты основаны на серии новых запатентованных геометрических форм (см. поперечное сечение инструмента в виде параллелограмма на *рис. 2*) с максимальным диаметром файла (МДФ) в рабочей части 0,8 мм. Специально для этих инструментов был разработан новый способ термообработки сплава для их создания. У всех инструментов TruNatomy® короткий хвостовик 9,5 мм, что упрощает доступ к молярам.

Как видно на *рис. 3*, модификатор устья канала (размер 20.08) имеет фиксированную конусность и активную часть всего 7 мм. Инструмент модифицирует устье канала для формирования точки входа, не создавая при этом прямолинейный доступ. Glider (размер 17.02v) («v» — переменная конусность) с

прогрессивной конусностью и центрированным параллелограммом в поперечном сечении (*рис. 2*) используется для создания «ковровой дорожки». Файлы для препарирования TruNatomy® доступны в четырех размерах (Prime 26.04v, Small 20.04v, Medium 36.03v, Large 46.02v*) и трех длинах (21, 25 и 31 мм), имеют смещенное от центра поперечное сечение в виде параллелограмма и регрессивную конусность.

Благодаря особой методике обработки для создания смещения файлы для препарирования обладают геометрией, при которой центр массы инструмента не совпадает с центром вращения. Это снижает уровень напряжения в ходе работы и увеличивает доступное пространство для эвакуации опилок.

Как показано на *рис. 4*, все эндоонтические файлы TruNatomy® имеют одинаковый диаметр в коронковой трети, что позволяет сохранять перицеркальный дентин по сравнению с традиционным препарированием с постоянной конусностью. С другой стороны, диаметр файлов увеличивается в апикальной трети (Small < Prime < Medium < Large) для обеспечения надлежащего препарирования и дезинфекции апикальной зоны.

* Инструмент *LARGE* доступен не во всех регионах.

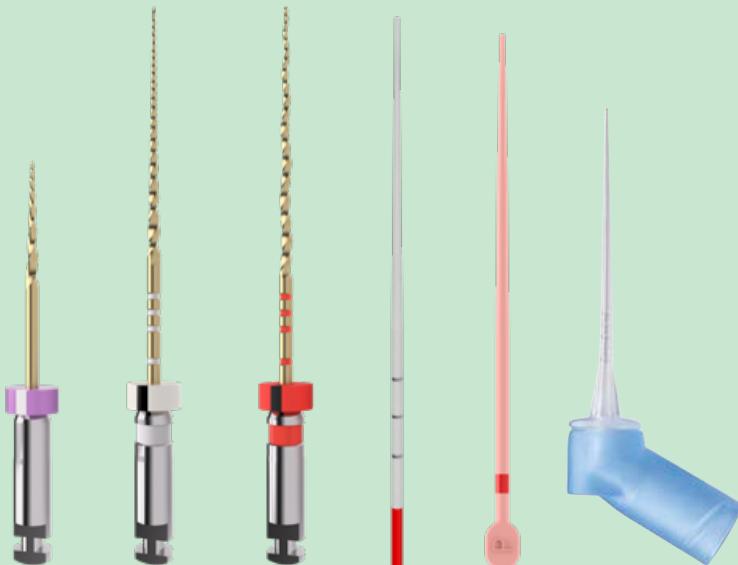


Рис. 1.

Базовое решение TruNatomy® (слева направо: файл для модификации устьев каналов, файл для создания «ковровой дорожки», файл для препарирования каналов, абсорбирующий штифт, гуттаперчевый штифт Conform® Fit и ирригационная игла)*

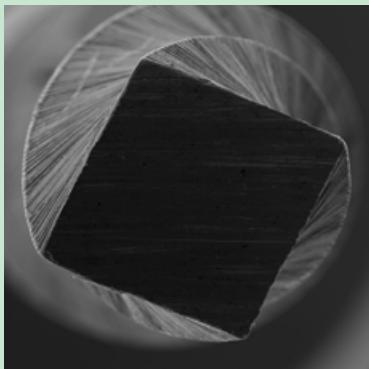


Рис. 2.

Снимок поперечного сечения, полученный методом СЭМ (TruNatomy® SMALL)

Модификатор устья канала 20.08



Glider 17.02v



Prime 26.04v



Small 20.04v



Medium 36.03v



Large 46.02v



Рис. 3.

Модификатор устья канала, Glider и PRIME, инструменты для базовой последовательности при препарировании. Линейка расширена тремя дополнительными размерами: **SMALL**, **MEDIUM** и **LARGE****.
Цифры слева от инструментов указывают размер и конусность

* Ирригационная игла доступна не во всех регионах.

** Инструмент **LARGE** доступен не во всех регионах.

Инструменты TruNatomy® производятся из стандартной NiTi-проводки, которая обрабатывается методом микрофрезерования и в конечном итоге подвергается термообработке по собственной методике компании. Инструменты, прошедшие термическую обработку, в ходе клинического применения достигают мартенситной фазы, что дает следующие клинические преимущества:

- Предварительное изгибание, которое может быть использовано при обходе ступенек (способность файлов TruNatomy® к предварительному изгибу см. **рис. 5**).
- Повышенную устойчивость к усталостной нагрузке и гибкость для нужной производительности при сложных изгибах анатомии корневых каналов по сравнению с другими NiTi-инструментами, которые в основном находятся в более жесткой аустенитной фазе³. Дополнительную информацию о термомеханически обработанных NiTi-сплавах можно найти в обзоре, опубликованном Zupanc и соавт.³, где подчеркиваются их свойства, различия между аустенитной и мартенситной фазой и преимущества обеих фаз с клинической точки зрения.

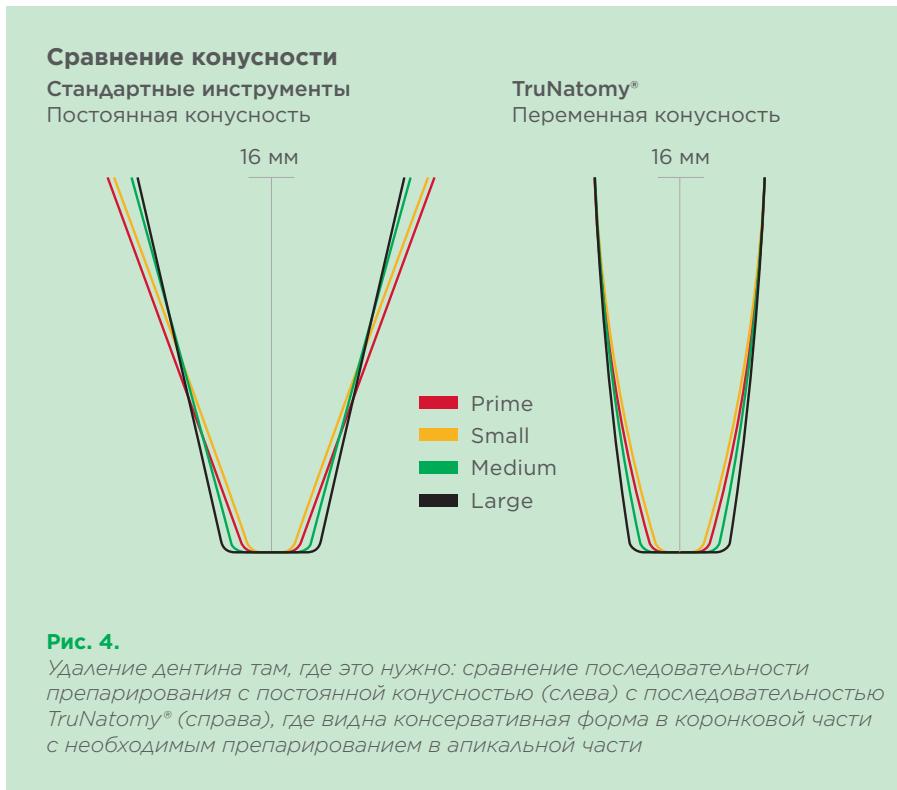


Рис. 4.

Удаление дентина там, где это нужно: сравнение последовательности препарирования с постоянной конусностью (слева) с последовательностью TruNatomy® (справа), где видна консервативная форма в коронковой части с необходимым препарированием в апикальной части



Рис. 5.

Предварительное изгибание инструмента TruNatomy® Prime благодаря специальной термической обработке сплава

Механические свойства и исследования *in vitro / ex vivo*

Система TruNatomy® была представлена на международном рынке в 2019 году. На данный момент опубликовано пятнадцать рецензируемых научных статей об этой эндодонтической системе, в которых в основном сравнивается устойчивость к усталостной нагрузке, экструзия опилок и сохранение анатомии канала. Три научных исследования из этого числа, не соответствующие рекомендациям производителя (по скорости или возвратно-поступательному движению), были исключены из настоящего научного руководства⁴⁻⁶. Тем не менее, важно подчеркнуть, что в выводах, сделанных в результате этих трех исследований, не было выявлено поломок на ранней стадии или каких-либо проблем безопасности при использовании системы TruNatomy®.

1. Устойчивость к усталостной нагрузке

В целом инструменты, используемые для вращательного движения, ломаются в двух случаях: при кручении или при изгибе. Торсионный перелом происходит, когда кончик инструмента блокируется в канале, а стержень продолжает вращаться, при этом прилагается достаточный крутящий момент для отлома кончика. Причиной разрушения при изгибе, напротив, является циклическая нагрузка, которая приводит к усталости металла⁷. NiTi-инструменты могут выдерживать несколько сотен циклов изгиба, прежде чем сломаются. Испытания на многократную нагрузку и циклические испытания на усталость эндоонтических инструментов не описываются в соответствующих нормах ISO. Однако несколько *in vitro* исследований усталостных характеристик инструментов TruNatotomy[®], проведенных при 37 °C из-за наличия мартенситной фазы (**подробную информацию см. на стр. 8**) были опубликованы в рецензируемых журналах, краткие выводы приводятся в этом разделе.

Сравнение *in vitro* стойкости к циклической усталости TruNatotomy[®] в каналах с одинарной и двойной кривизной в сравнении с различными вращающимися никель-титановыми инструментами. Elnaghy AM, Elsaka SE, Mandorah AO. BMC Oral Health. 2020⁸.

Цель данного исследования заключалась в оценке стойкости к циклической усталости файлов TruNatotomy[®] размеров Small и Prime (Dentsply Maillefer) по сравнению с NiTi-файлами HyFlex[™] CM (Coltène-Whaledent, Альтштеттен, Швейцария), RaCe (FKG Dentaire, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария) и Vortex Blue[®] (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария).

Циклическая усталость файлов TruNatotomy[®] Prime (26/0.04), файлов TruNatotomy[®] Small (20/0.04) и HyFlex[™] CM, Vortex Blue[®] и RaCe размеров 20/0.04 и 25/0.04 была испытана с применением искусственных каналов из нержавеющей стали с одним изгибом (кривизна 60° с радиусом 5 мм) и двойным изгибом (кривизна

60° с радиусом 5 мм и апикальная кривизна 70° и радиусом 2 мм). Использовался эндоонтический мотор X-Smart (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) с рекомендуемой производителем скоростью и крутящим моментом. В ходе испытания инструменты погружались в физиологический раствор при температуре 37 °C. Использовался набор из 30 инструментов для каждого размера и каждой кривизны канала.

Были получены следующие результаты (рис. 6):

- Файлы TruNatomy® и HyFlex™ CM продемонстрировали более высокую устойчивость к усталостной нагрузке (для обеих систем более 1300 циклов до разрушения (NCF) при одинарном изгибе и более 600 NCF при двойном изгибе, для размера 20/.04) по сравнению с Vortex Blue® и RaCe (для обоих менее 712 NCF при одинарном изгибе и менее 550 при двойном изгибе, для размера 20/.04).
- Все инструменты продемонстрировали более высокую устойчивость к усталостной нагрузке для размера 20/.04, чем для размера 25 или 26/.04.
- При двойном изгибе инструменты ломались сначала в апикальной кривизне, а затем — в коронарной.

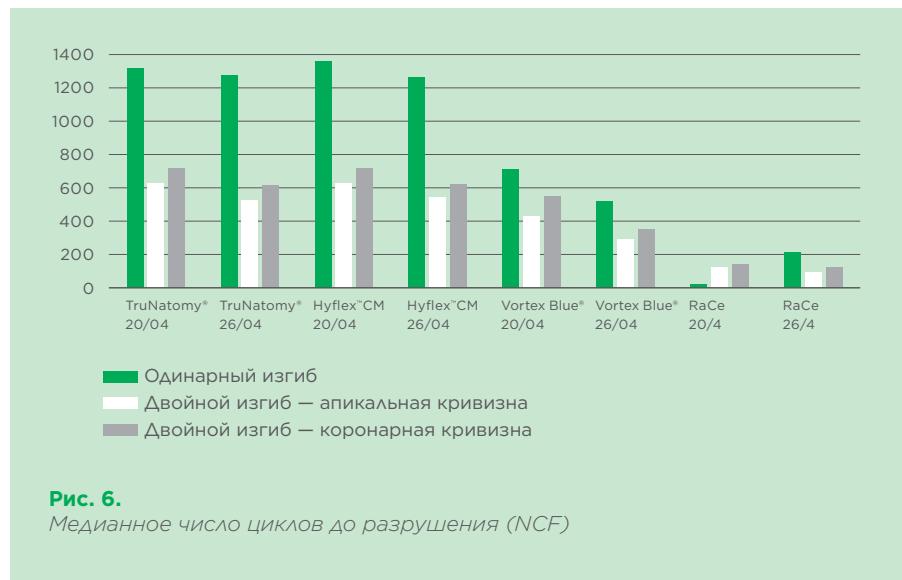


Рис. 6.

Медианное число циклов до разрушения (NCF)

Механические свойства нового никель-титанового инструмента для корневых каналов: Стационарные и динамические испытания. Peters OA, Arias A, Choi A. *J Endod*. 2020⁹.

Целью данного исследования было описать механические свойства как в стационарных, так и в динамических *in vitro* условиях для файлов TruNatotomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) и сравнить их с NiTi-файлами ProTaper Next® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария).

В испытаниях на стационарную циклическую усталость были использованы 80 вращающихся инструментов (по 20 штук ProTaper Next®, размерами X2 и X3 и TruNatotomy Prime и Medium). 36 инструментов (по 6 файлов ProTaper Next® размерами X1, X2 и X3 и TruNatotomy® Small, Prime и Medium) прошли испытания на торсионную устойчивость в соответствии с ISO 3630-1. 36 вращающихся инструментов (по 6 файлов ProTaper Next® размерами X1, X2 и X3 и TruNatotomy® Small, Prime и Medium

соответственно) были использованы в динамических испытаниях, где симуляция препарирования канала проводилась в изогнутых пластиковых блоках J-образной формы в устройстве с компьютерным управлением с целью регистрации торка и силы в реальном времени. Типы разрушения после испытаний на устойчивость к усталости и сопротивление кручению оценивались с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Были получены следующие средние значения числа циклов до разрушения (NCF), отражающие циклическую усталостную прочность для испытанных инструментов (*рис. 7*):

- TruNatomy® Prime: 3364 NCF (значительно большая устойчивость к усталости, чем у ProTaper Next®).
- TruNatomy® Medium: 3007 NCF (значительно большая устойчивость к усталости, чем у ProTaper Next®).
- ProTaper Next® X2: 346 NCF.
- ProTaper Next® X3: 555 NCF.

Предельные значения при торсионных нагрузках были схожими, но углы кручения при разрушении были значительно больше для инструментов TruNatomy®.

В ходе симуляции препарирования каналов не разрушился ни один инструмент. В динамических условиях TruNatomy® продемонстрировал значительно более ожидаемый рабочий торт (менее 0,5 Н·см для Small, Prime и Medium) по сравнению с ProTaper Next® (между 1 и 1,6 Н·см для

X1, X2, X3), что предполагает более комфортное препарирование. Полученные данные указывают на то, что настройки, определенные для обоих инструментов, являются подходящими (так как предельные значения для усталости и крутящего момента намного превышают фактические рабочие значения скорости вращения и торка), и что результаты для TruNatomy® допускают более высокое число оборотов в минуту и более низкий предел торка.

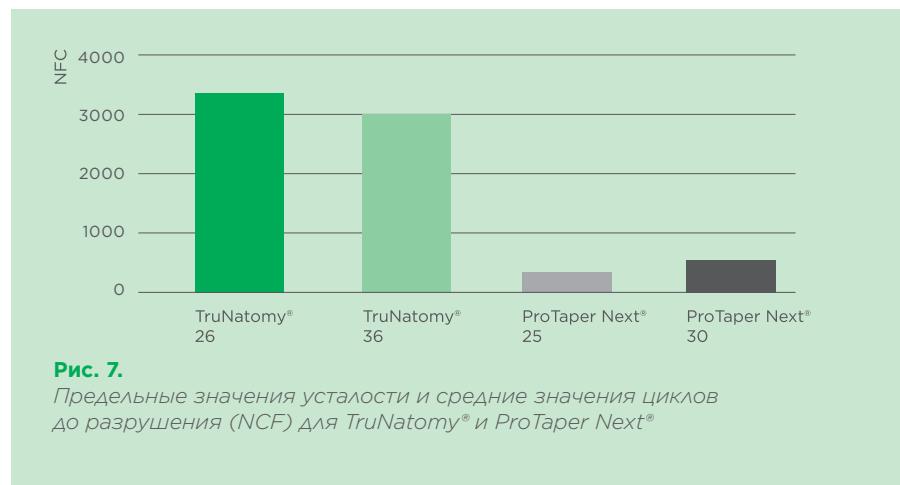


Рис. 7.

Предельные значения усталости и средние значения циклов до разрушения (NCF) для TruNatomy® и ProTaper Next®

Сравнение циклической усталостной прочности никель-титановых ротационных файлов VDW ROTATE, TruNatomy, 2Shape и HyFlex™ CM при температуре тела. Gündoğar M, Uslu G, Özyürek T, Plotino G. Restor Dent Endod. 2020¹⁰.

Цель данного исследования заключалась в сравнении стойкости к циклической усталости никель-титановых вращающихся файлов VDW.ROTATE™ (VDW, Мюнхен, Германия), TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), 2Shape (Micro-Mega, Безансон, Франция) и HyFlex™ CM (Coltène-

Whaledent, Альтштеттен, Швейцария) при использовании при температуре тела. Испытания для 20 инструментов каждой марки проводились с применением искусственного канала из нержавеющей стали с углом кривизны 60° и радиусом кривизны 5 мм, а также мотора X-Smart Plus с соответствующей рекомендуемой скоростью вращения и торком для каждого инструмента. Все инструменты продемонстрировали количество циклов до разрушения более 1100 (между 1110 для TruNatomy® и 1840 для VDW. ROTATE™) без каких-либо значимых различий ($P > 0,05$).



Заключение об инструментах TruNatomy® и их устойчивости к усталостной нагрузке

В трех указанных выше исследованиях подчеркивается, что инструменты TruNatomy® демонстрируют очень высокую устойчивость к усталостной нагрузке даже при сложной анатомии канала (например, двойном изгибе и т. д.). Устойчивость к усталостной нагрузке является основным параметром, определяющим разрушение вращающегося NiTi-инструмента, однако врачи должны хорошо понимать, что вращающиеся инструменты не следует с усилием вводить в апикальном направлении. При использовании TruNatomy® необходимо соблюдать рекомендуемую технику использования: 2-3 плавных погружения примерно на 2-5 мм вглубь и наружу канала до достижения рабочей длины. После достижения рабочей длины инструмент осторожно извлекается, чтобы избежать чрезмерного расширения апикального отверстия.

Возможность разрушения инструмента может быть сведена к абсолютному минимуму, если врачи используют рекомендуемые настройки мотора (для TruNatomy®: скорость 500 об/мин и крутящий момент 1,5 Н·м).

2. Транспортирование и центрирование в канале

Транспортирование канала является одним из наиболее частых неблагоприятных событий в ходе препарирования канала. Так как у файлов есть тенденция выпрямляться в канале, обычно это происходит по направлению к внутренней (или выпуклой) стенке корня в середине корня, а также по направлению к внешней кривизне в апикальном направлении. Любое препарирование канала в некоторой степени смешает ось канала, что часто определяется как центр тяжести в поперечном сечении. Было установлено, что транспортировка примерно на 100–150 мкм может являться приемлемой с клинической точки зрения⁷. На данный момент в рецензируемых журналах были опубликованы три *in vitro* и *ex vivo* исследования по транспортированию и центрированию канала при использовании TruNatomy®, которые обобщены в этом разделе.

Микрокомпьютерная оценка способности 5 вращающихся и реципрокальных систем с различными металлокерамическими свойствами и обработкой поверхности к транспортированию и центрированию в изогнутых корневых каналах. Кабил Э., Катич М., Анич И., Баго И. J Endod. 2021¹¹.

Цель данного исследования заключалась в оценке способности вращающихся и возвратно-поступательных систем NiTi-файлов ProTaper Next® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), Reciproc® Blue (VDW, Мюнхен, Германия), Reciproc® (VDW, Мюнхен, Германия), TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) и XP-Endo® Shaper (FKG, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария) к транспортированию каналов и центрированию внутри каналов во время препарирования, для чего было использовано 50 удаленных первых и вторых верхних моляров человека

с выраженным изгибом в мезио-букальных круглых каналах. С помощью микрокомпьютерной томографии проведен анализ наложенных изображений до и после инструментальной обработки. Препарирование с применением TruNatomy® продемонстрировало наименьшую общую транспортировацию каналов по сравнению с инструментом XP-Endo® Shaper, однако без значимых различий по сравнению с другими оцениваемыми ротационными инструментами ($p > 0,05$) (рис. 8). Что касается центрирующей способности, значимых различий между испытанными системами не наблюдалось ($P > 0,05$) (рис. 9).

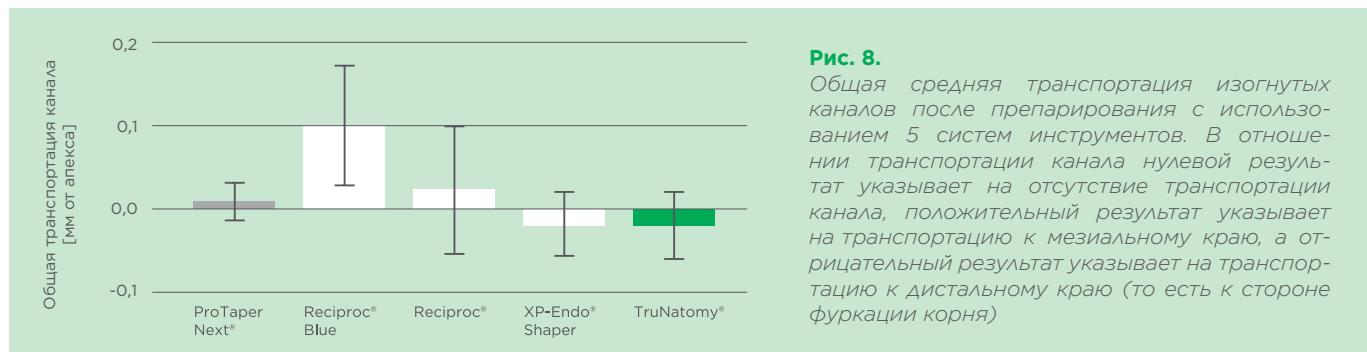


Рис. 8.

Общая средняя транспортировка изогнутых каналов после препарирования с использованием 5 систем инструментов. В отношении транспортировки канала нулевой результат указывает на отсутствие транспортировки, положительный результат указывает на транспортировку к мезиальному краю, а отрицательный результат указывает на транспортировку к дистальному краю (то есть к стороне фуркации корня)

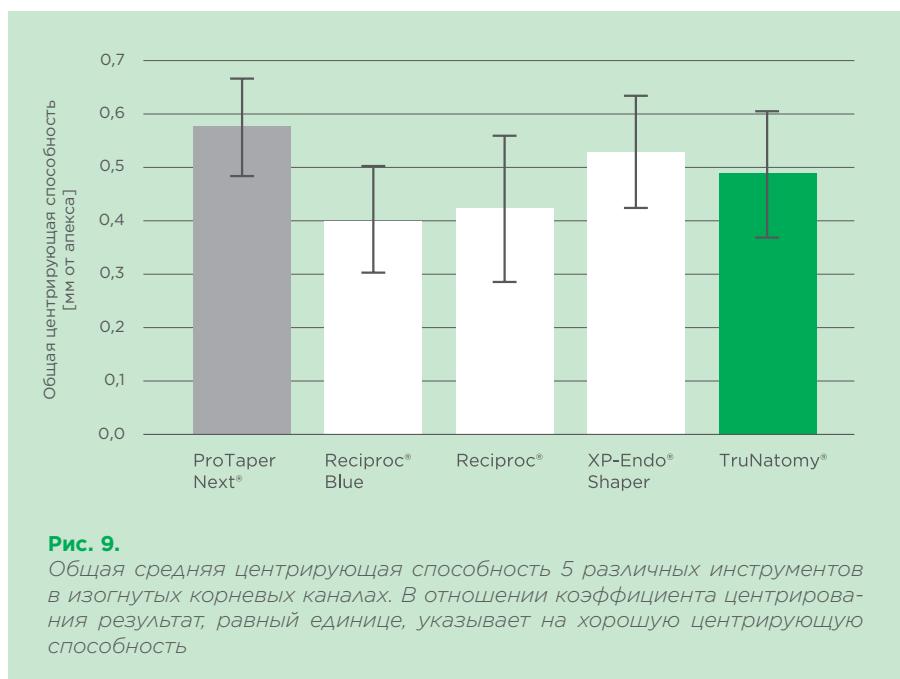


Рис. 9.

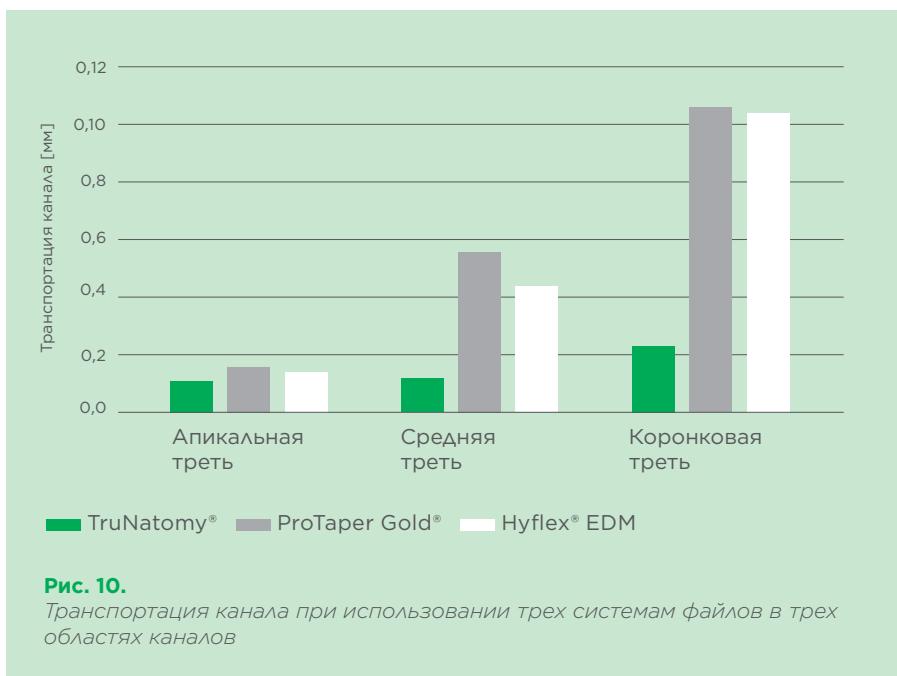
Общая средняя центрирующая способность 5 различных инструментов в изогнутых корневых каналах. В отношении коэффициента центрирования результат, равный единице, указывает на хорошую центрирующую способность

Сравнение транспортировки каналов файлами TruNatomy, ProTaper Gold и HyFlex с электрообработкой с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии. Kumar M, Paliwal A, Manish K, Ganapathy SK, Kumari N, Singh AR.J Contemp Dent Pract. 2021¹²

Влияние на транспортировку каналов инструментов систем TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), ProTaper Gold® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) и Hyflex® EDM (Coltène-Whaledent, Альтштадтен, Швейцария) сравнивалась на 105 удаленных зубах (первый моляр и вторые премоляры нижней челюсти) с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ). Препарирование всех каналов выполнялось одним врачом, а анализ изображений проводился другим исследователем слепым методом при работе с данными.

Система TruNatomy® продемонстрировала наименьшую транспортировку канала по сравнению с другими оцениваемыми файлами, со значительными различиями в средней и в коронковой трети, но не на апикальном уровне (**рис. 10**). Это объясняется малым диаметром файла (МДФ*) 0,8 мм, поперечным сечением и нецентрированной конструкцией, а также выраженной гибкостью инструментов за счет термообработанной NiTi-проводолки инструментов TruNatomy®, что способствует сохранению целостности зуба.

* МДФ — максимальный диаметр файла.



Сравнение транспортировки каналов при инструментации файлами ProTaper GOLD, WaveOne GOLD и TruNatomy в смоделированных каналах с двойной кривизной. BMC Oral Health. 2021¹³. Kim H, Jeon SJ, Seo MS.

В данном исследовании сравнивалось время препарирования каналов и их транспортировка при использовании систем инструментов TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), ProTaper Gold® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) и WaveOne® Gold (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) в 60 пластиковых блоках S-образной формы. Система TruNatomy® продемонстрировала наименьшую транспортировку каналов по сравнению с другими системами (рис. 11), а также самое короткое время препарирования в блоках с двойным изгибом (таблица 1), что еще раз указывает на способность системы TruNatomy® сохранять исходную анатомию канала.

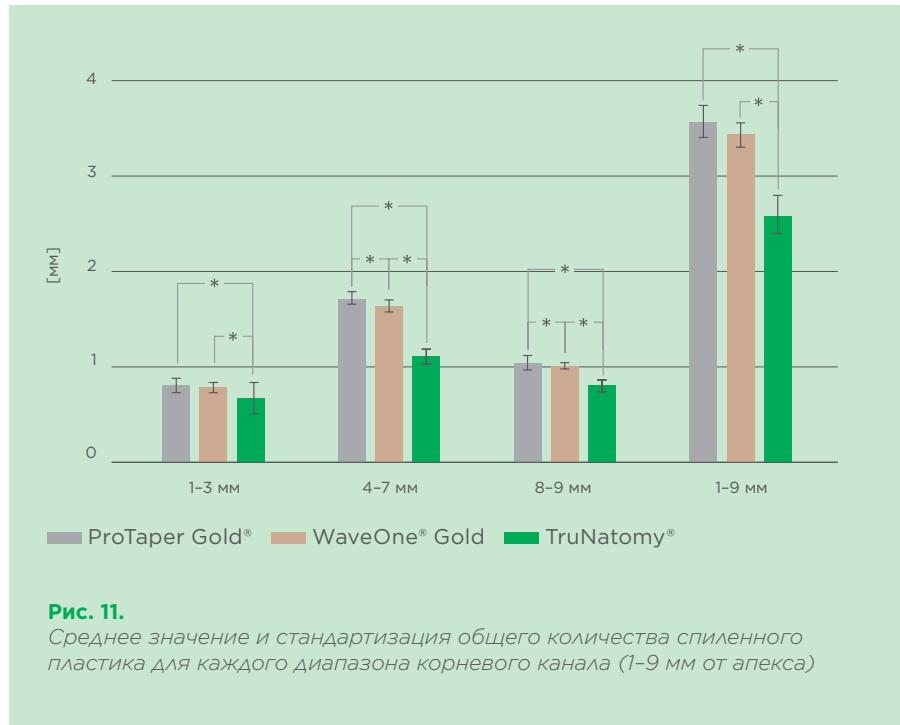


Рис. 11.

Среднее значение и стандартизация общего количества спиленного пластика для каждого диапазона корневого канала (1-9 мм от апекса)

Таблица 1.

Средние значения и стандартные отклонения времени препарирования канала (с)

Параметр	ProTaper Gold®	WaveOne Gold®	TruNatomy®
Среднее значение ± СО*			
Время a, b, c	245,75 ± 22,03	170,75 ± 24,72	139,10 ± 24,54

Статистически значимые различия общего времени препарирования: a — между Protaper Gold® и WaveOne® Gold, b — между WaveOne® Gold и TruNatomy®, c — между Protaper Gold® и TruNatomy® ($p < 0,05$).

* СО — стандартное отклонение



Заключение об инструментах TruNatomy® и транспортировки каналов

Благодаря специальной термической обработке, более тонкому диаметру инструмента (МДФ) 0,8 мм и конструкции, разработанной для сохранения структурно значимого дентина и целостности зуба, инструменты TruNatomy® демонстрируют очень малую транспортировку каналов, что подтверждается тремя рецензируемыми статьями об исследованиях *in vitro* и *ex vivo*, в кратком виде приведенными выше. В двух исследованиях сравнение с другими инструментами, уже представленными на рынке, достигло статистической значимости.

3 Препарирование

Влияние инструментов TruNatomy и ProTaper Gold на сохранение периапикального дентина и расширение апикального канала моляров нижней челюсти. Silva EJNL, de Lima CO, Barbosa AFA, Lopes RT, Sassone LM, Versiani MA, *Journal of Endodontics. 2022*¹⁴.

Сравнение препарирования каналов с применением инструментов TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) до размера Medium (36/.03v) и ProTaper Gold® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) до размера F3 (30/.09v) проводилось на молярах нижней челюсти с помощью микрокомпьютерной томографии. Были получены 20 изображений моляров ($n = 10$) до и после препарирования, количественно оценены параметры: незатронутая область, транспортировка, удаленный дентин, толщина дентина.

Обе системы инструментов показали схожие результаты с точки зрения незатронутой области в целом и уменьшения толщины дентина,

т. е. продемонстрировали эффективное препарирование. Если углубляться в детали, то на коронковом уровне мезиальных корней при использовании TruNatomy® было удалено меньше дентина, чем при использовании ProTaper Gold® ($1,0 \pm 0,4\%$ и $1,8 \pm 0,7\%$ соответственно), а также выявлена меньшая транспортировка в апикальной трети мезиально-щечного канала ($0,03 \pm 0,01$ мм и $0,05 \pm 0,02$ мм соответственно).

Оценка и сравнительное исследование с помощью микрокомпьютерной томографии способности 6 никель-титановых систем файлов к препарированию: *In Vitro Исследование. Pérez Morales MLN, González Sánchez JA, Olivier JG, Elmsmari F, Salmon P, Jaramillo DE, Terol FD. J Endod. 2021*¹⁵.

Режущая способность NiTi-файлов WaveOne Gold® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), Reciproc® Blue (VDW, Мюнхен, Германия), TRuShape™ (Dentsply Sirona, Талса, США), XP-Endo® Shaper (FKG, Ла-Шо-де-

Фон, Швейцария), iRace (FKG, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария) и TruNatomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) сравнивалась при использовании в каналах с умеренным изгибом с помощью микрокомпьютерной томографии. Изображения 10 удаленных моляров нижней челюсти (20 каналов в мезиальных корнях) на группу были проанализированы до и после препарирования с целью количественной оценки препарирующей способности с точки зрения изменений в геометрии канала (толщины структуры, объема корневого канала, процента затронутой/незатронутой поверхности, центроидов и т. д.).

Лучшие результаты по отношению к анатомии канала были получены для TruNatomy® и XP-Endo® Shaper, с обработкой 50 и 58 % стенки канала соответственно. В то же время TruNatomy®, как и все испытанные системы файлов, продемонстрировала способность очищать и препарировать канал с минимальной апикальной транспортировкой (без значимых различий).



Заключение об инструментах TruNatomy® и препарирующей способности

В обобщенных выше исследованиях было подтверждено, что системы крутящихся NiTi-инструментов не могут контактировать со 100 % стенок корневого канала¹⁵. Тем не менее полученные результаты ожидаемы и согласуются с другой рецензируемой публикацией, где указывается, что 35 % поверхности канала или более остаются нетронутыми после обработки механическими инструментами, в основном из-за анатомической сложности системы корневых каналов¹⁶. Таким образом, биопленка на этих стенах корневых каналов остается нетронутой и система корневых каналов может быть заново контаминирована, что неблагоприятно влияет на результаты лечения. Поэтому ирригация является неотъемлемой частью обработки корневого канала для достижения внутриканальной дезинфекции, растворения и удаления ткани пульпы, остатков дентина, смазанного слоя, микроорганизмов и их побочных продуктов¹⁷. Игла TruNatomy® (конусностью 4 %, закрытым кончиком 30G, рабочей длиной 27 мм) может принести большую пользу в решении этого вопроса (см. *рис. 1*). Она изготовлена из мягкого полипропилена, что позволяет ей легко изгибаться в соответствии с анатомией корневого канала. Кроме того, двухсторонняя конструкция отверстия «back-to-back» поддерживает сбалансированный объем ирригационного раствора для необходимой обработки всего канала.

4. Апикальная экструзия опилок

Послеоперационная боль, а также длительная экстрарадикулярная инфекция могут развиться как следствие экструзии эндодонтического дебриса за пределы апикального отверстия в ходе инструментальной обработки корневого канала (особенно при выведении инструментов за верхушку каналов). Бактерии в дентинной стружке могут быть физически защищены от иммунных защитных клеток и, следовательно, могут сохраняться в перирадикулярных тканях и стать причиной перирадикулярного воспаления, что может привести к послеоперационной боли или даже к неудачному эндодонтическому лечению⁷. Таким образом, несколько публикаций были посвящены апикальной экструзии опилок после препарирования корневого канала с использованием системы TruNatomy®, которые приводятся в этом разделе.

Апикальная экструзия опилок при препарировании системами ProTaper Next, ProTaper Gold и TruNatomy: Исследование *in vitro*. Yilmaz Çirakoglu N, Özbay Y. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2021¹⁸.

В данном исследовании было проанализировано количество вытесненного в апикальном направлении дебриса после препарирования корневого канала с использованием NiTi-систем ProTaper Next® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария), ProTaper Gold® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) и TruNatomy® (Dentsply Sirona, Бал-

лег, Швейцария) с использованием 45 удаленных премоляров нижней челюсти. Препарирование всех каналов было выполнено одним и тем же врачом. Вытесненный в апикальном направлении дебрис после препарирования канала взвешивался в пробирках типа эппendorф после выдерживания в течение пяти дней в инкубаторе при температуре 70 °C для испарения дистиллированной воды. Выяснилось, что при использовании системы TruNatomy® формируется значительно меньшее количество вытесненного дебриса (см. **график ниже**).

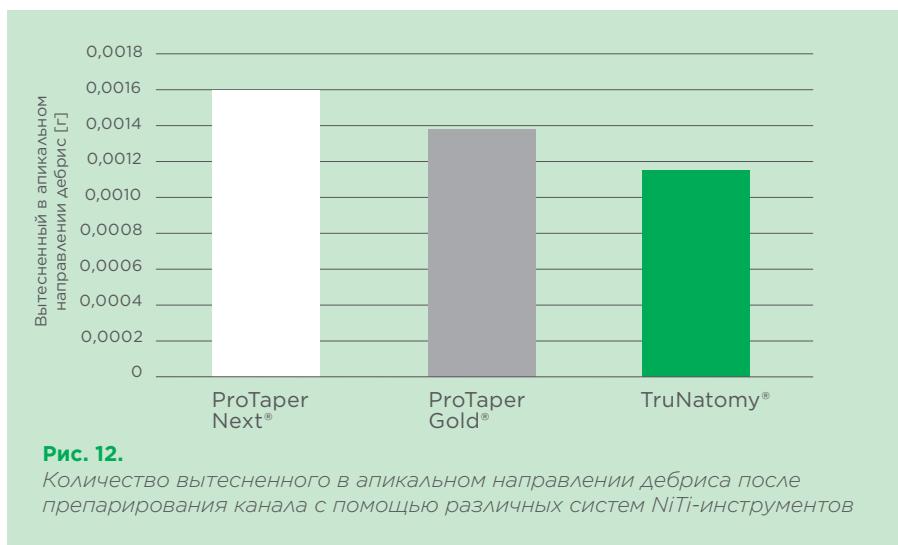


Рис. 12.

Количество вытесненного в апикальном направлении дебриса после препарирования канала с помощью различных систем NiTi-инструментов

In vitro оценка эффективности новой никель-титановой ротационной системы (*TruNatomy*) на основе экструзии опилок и времени препарирования сильно искривленных каналов. Mustafa R, Al Omari T, Al-Nasrawi S, Al Fodeh R, Dkmak A, Haider J. *J Endod.* 2021¹⁹.

Оценка экструзии дебриса проводилась после препарирования *in vitro* 1000 моляров нижней челюсти с сильным изгибом (25–45°) с использованием следующих NiTi-инструментов: *TruNatomy*[®] (Dentsply Sirona, Баллел, Швейцария) *Reciproc*[®] Blue (VDW Dental, Мюнхен, Германия), *Hyflex*[®] CM (Coltène-Whaledent, Альтштеттен, Швейцария) и *Hyflex*[®] EDM (Coltène-Whaledent, Альтштеттен, Швейцария), и *ProTaper Next*[®] (Dentsply Sirona, Баллел, Швейцария). Препарирование каналов выполнялось одним специалистом, в то время как другой анализировал количество вытесненного в апикальном направлении дебриса слепым методом при работе с данными.

Было продемонстрировано, что при использовании *TruNatomy*[®] количество вытесненного в апикальном направлении дебриса было наименьшим по сравнению с другими испытанными системами ($P > 0,001$) (см. **рис. 13**), наряду с *ProTaper Next*[®] и *Reciproc*[®] Blue.

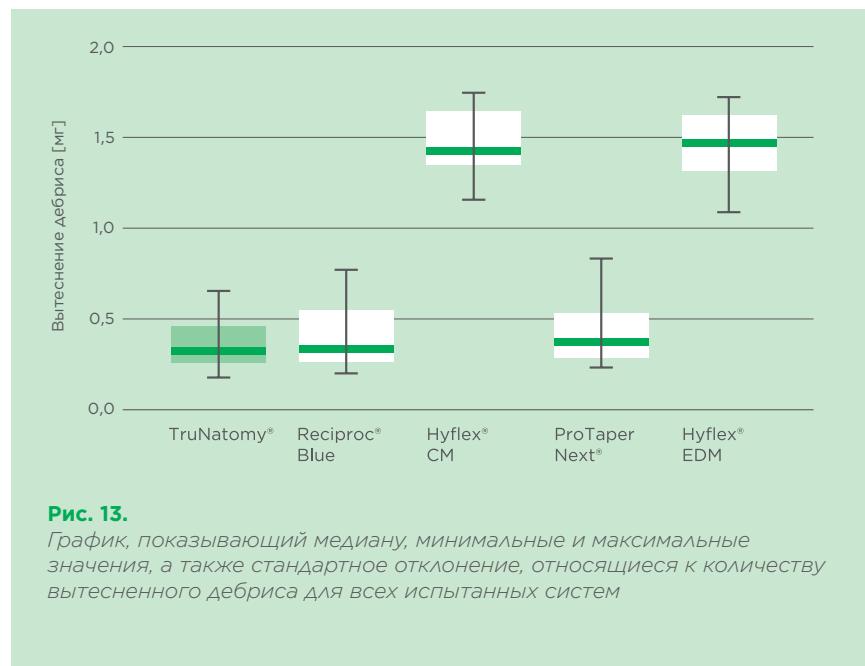


Рис. 13.

График, показывающий медиану, минимальные и максимальные значения, а также стандартное отклонение, относящиеся к количеству вытесненного дебриса для всех испытанных систем

Апикальная экструзия опилок при использовании роторных систем в узких лентовидных каналах. Аль Омари, Т., и др., Aust Endod J, 2021²⁰.

Количество выведенных за верхушку опилок при использовании NiTi-инструментов TruNatotomy® (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария) (до размера Prime 26/04), RACE® EVO (до размера 25/06) и VDW.ROTATE™ (VDW, Мюнхен, Германия) (до размера 25/06) сравнивалось *in vitro* с использованием 60 однокорневых

передних зубов нижней челюсти. Препарирование каналов выполнялось одним врачом-стоматологом с использованием 2,5% гипохлорита натрия.

Было продемонстрировано, что при использовании систем TruNatotomy® количество выведенных за верхушку опилок составило $105,15 \pm 17,17$ мг, для RACE® EVO (FKG, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария) — $110,25 \pm 24,30$ мг, а для VDW.ROTATE™ — $73,31 \pm 2,5$ мг, без значимых различий между TruNatotomy®

и RACE® EVO, однако система VDW. ROTATE™ продемонстрировала значительно меньшую экструзию, чем две другие системы.

Что касается времени обработки (препарирование и ирригация канала), то система VDW.ROTATE™ продемонстрировала самое короткое время ($95,17 \pm 5,73$ с), за ней следуют RACE® EVO ($100,98 \pm 17,77$ с) и TruNatotomy® ($109,88 \pm 14,33$ с).



Заключение об инструментах TruNatomy® и экструзии дебриса в апикальном направлении

В двух исследованиях было продемонстрировано, что при использовании системы TruNatomy® наблюдается меньшее вытеснение остаточного материала^{18,19} по сравнению с другими системами, что не согласуется с результатами третьего исследования Al Omari и соавт.²⁰ Эти расхождения можно объяснить несколькими факторами, такими как выбор зубов (премоляры, моляры с сильным изгибом по сравнению с передними зубами), тип ирригант (дистиллированная вода по сравнению с NaOCl соответственно), а также различия могут сильно зависеть от врача, проводящего препарирование.

Кроме того, в условиях *in vitro* невозможно смоделировать естественное периапикальное давление, уменьшающее апикальную экструзию, и это является общим ограничением для всех обобщенных выше исследований. Следует также отметить, что конструкция TruNatomy®, т. е. смешенные центры массы с регрессивной конусностью и MDF 0,8, может быть преимуществом при работе с изогнутыми каналами с точки зрения апикальной экструзии^{18,19}, т. к. расширение апикальной части канала происходит с меньшим стрессом для файла и с меньшей компрессией опилок в верхней части препарирования.

5. Обзор полостей доступа под углом

TruNatomy® это первая система файлов, которая подходит для препарирования каналов с выраженным изгибом в устьевой части канала. Это позволяет выполнять препарирование менее инвазивно, т. е. формировать более консервативные полости. Таким образом, большинство рисков традиционного лечения корневых каналов, выполняемого с помощью так называемого «прямого доступа» (таких, как большее иссечение твердых тканей, что впоследствии увеличивает риск трещины зуба, уменьшение остаточной структуры зуба, что затрудняет

последующее ревизионное лечение, делает его более продолжительным), можно свести к минимуму. Консервативные терапевтические подходы в эндодонтии можно классифицировать по трем модифицированным типам доступа: окклюзионный, через меньшее отверстие (угол входа 15°), мезиальный (через дефект кариозной полости) для премоляров и моляров (угол входа 30°) и цервикальный с клиновидными дефектами или кариесом корня на передних зубах и однокорневых премолярах (угол доступа 45°) (см. **рис. 14**).

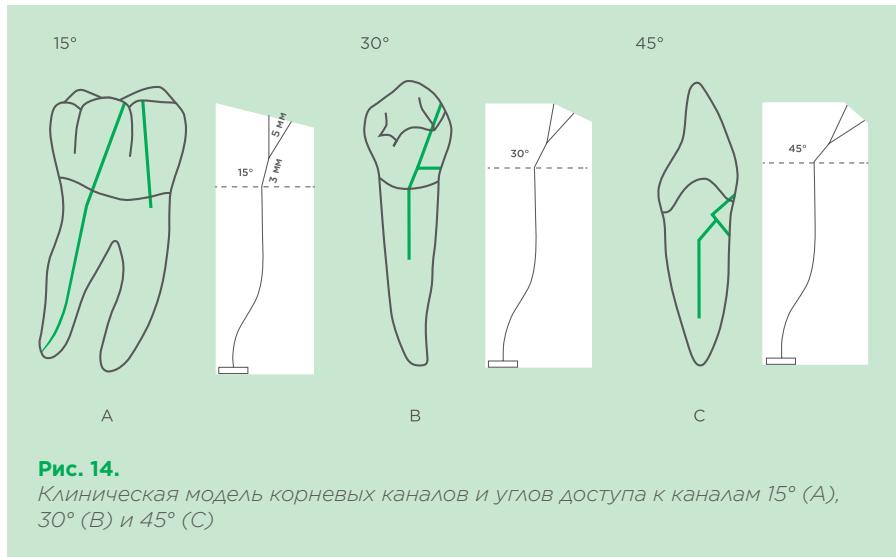


Рис. 14.

Клиническая модель корневых каналов и углов доступа к каналам 15° (A), 30° (B) и 45° (C)

Объемная биомеханика инструментов полостей с угловым доступом – рандомизированное, слепое и клинически смоделированное исследование *in vitro*. Т.Ланг, Д.К.Нгуен, И.Штайнер, А.Дитц, К.В.Вайх, П.Гаенглер. Неопубликованные данные²¹.

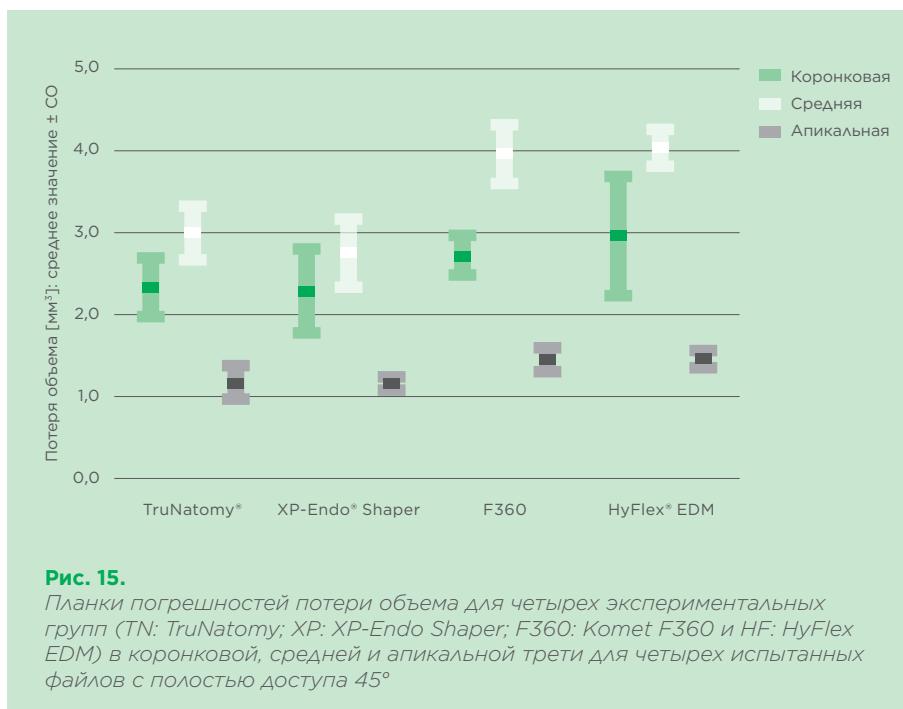
Цель данного рандомизированного слепого клинического исследования заключалась (i) в создании *in vitro* модели для клинического моделирования трех различных модифицированных типов доступа (**рис. 15**), (ii) оценке потери объема для четырех различных систем препарирования.

Смоделированные корневые каналы *s*-образной формы со средней степенью облитерации в акриловых полимерных блоках с углами входа в канал 15°, 30° и 45° были отпрепарированы в присутствии NaOCl (3 %) при температуре тела, в рандомизированном слепом порядке ($n = 7$) в соответствии с инструкциями производителя:

1. Стандартная геометрия, размер до 35/04 (F360, Komet).
2. Стандартная геометрия, размер до 40/04 (Hyflex® EDM, (Coltène-Whaledent, Альтштаттен, Швейцария).

3. Геометрия со смещением от центра, размер до 36/03 (TruNatomy®, (Dentsply Sirona, Баллег, Швейцария)).
4. Геометрия со смещением от центра, размер до 30/04 (XP-Endo® Shaper, (FKG, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария)).

Векторизация (AutoCAD) всего корневого канала была выполнена до и после препарирования и обобщена для апикальной, средней и коронковой третей. Объемное формирование и потеря дентина были зарегистрированы и статистически оценены с использованием независимого двухстороннего *t*-критерия.



Общая потеря объема при доступе 15° была значительно меньше при использовании инструментов TruNatomy® и XP-Endo® Shaper. При угле 30° общая потеря оставалась низкой и увеличивалась при использовании F360 и Hyflex. При угле 45° различия между группами сохранялись: TruNatomy® (6,5 мм) и XP-Endo® Shaper (6,4 мм) по сравнению с F360 (8,3 мм) и Hyflex® EDM (8,4 мм) (см. *рис. 15 и 16*). Различия были весьма значительными.

Стандартные инструменты достигают оптимальной формы апикальной трети корневого канала при всех углах входа только при моделировании большой потери дентина в коронковой и средней трети. Напротив, геометрия инструмента со смещением от центра способствует защите дентина и поддерживает концепцию консервативной эндодонтии для долгосрочного сохранения зубов.

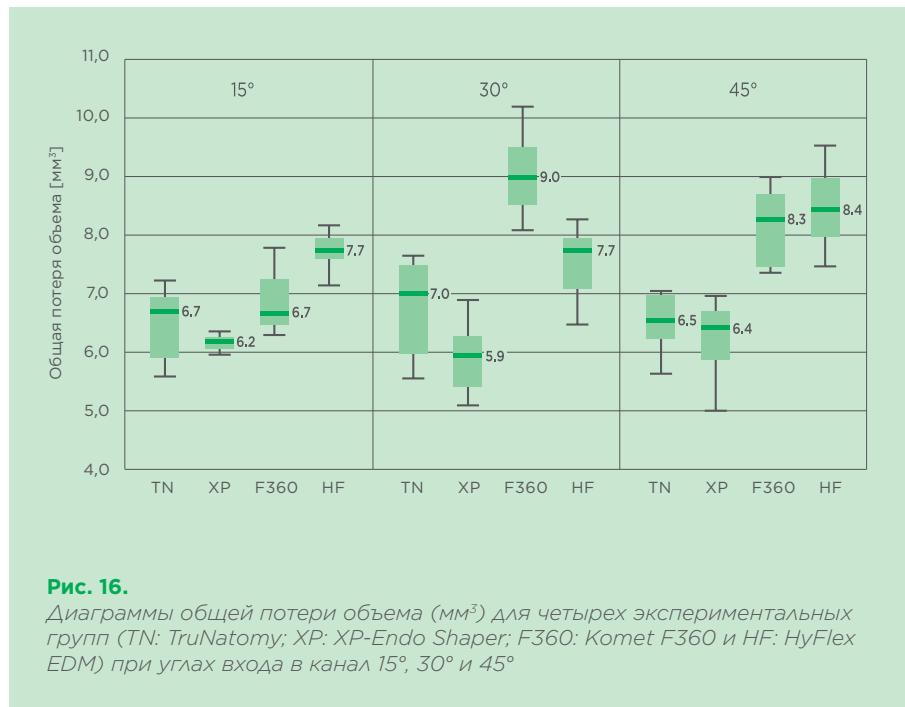


Рис. 16.

Диаграммы общей потери объема (мм^3) для четырех экспериментальных групп (TN: TruNatomy; XP: XP-Endo Shaper; F360: Komet F360 и HF: HyFlex EDM) при углах входа в канал 15°, 30° и 45°



Заключение об инструментах TruNatomy® и непрямом доступе

В полостях с консервативным доступом (углом до 45°) смоделированная редукция объема дентина в коронковой и средней трети была ниже при использовании TruNatomy® по сравнению с другими стандартными инструментами, тогда как редукция объема в апикальной части была аналогичной. Это демонстрирует способность TruNatomy® сохранять перицервикальную область, обеспечивая при этом достаточную обработку в апикальной части.

Клинические данные

Р. Ван дер Вивер, М. Ворстер и О. Питерс опубликовали несколько отчетов о клинических случаях, демонстрирующих клинические преимущества применения комплексного решения TruNatomy®²². После введения, включающего в себя определение перицеркального дентина (т. е. области в 4 мм в корональном направлении по отношению к альвеолярному гребню и 6 мм в апикальном по отношению к альвеолярному гребню, см. **рис. 17**), конструктивных особенностей систем файлов TruNatomy® и клинических рекомендаций по использованию инструментов TruNatomy®, приводится подробное описание шести отчетов о клинических случаях. Во всех отчетах указана консервативная подготовка корневого канала, выполненная с помощью TruNatomy®, другими словами, подчеркивается ее способность сохранять как структуру корня в перицеркальной области, так и исходную анатомию канала в целом.

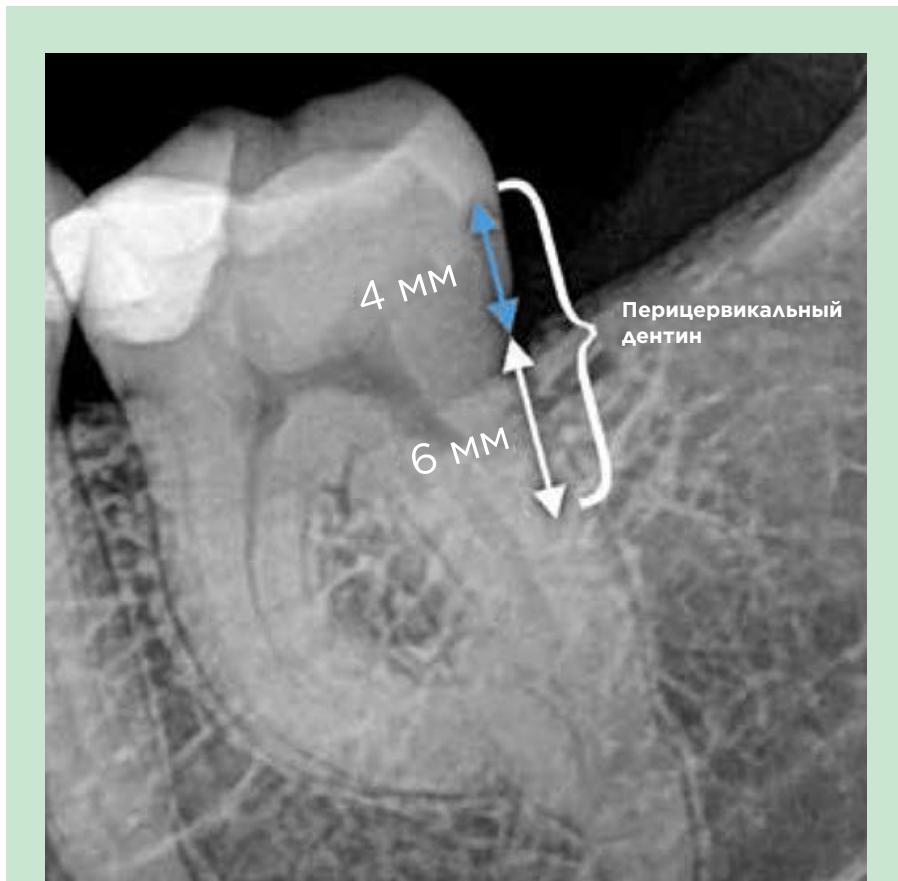


Рис. 17.

На рентгенограмме отмечена зона перицеркального дентина

Отчет о клиническом случае 6

Пациентка 45 лет с необратимым пульпитом правого моляра нижней челюсти (*рис. 18a*). На КЛКТ до вмешательства было выявлено наличие срединно-мезиального канала в мезиальном корне (*рис. 18b*). После подготовки полости доступа и удаления кальцификатов пульпы в пульпарной камере были обнаружены три основных корневых канала (мезиально-язычный, мезиально-щечный и дистальный). Борозда между мезиально-язычным и мезиально-щечным каналами была обработана УЗ-насадкой Start-X № 3 (Dentsply Sirona) с целью удаления нависающего дентина, с обнажением внутренней анатомии борозды. Для определения устья срединно-мезиального канала использовался микродебридер (Dentsply Sirona). С+ файл размером 08 (Dentsply Sirona) использовался для прохождения первых нескольких миллиметровуженного канала. Устья каналов были смешены и открыты коронарно с помощью модификатора устья TruNatotomy®, затем три мезиальных корневых канала были пройдены до полной рабочей длины и достижения апикальной проходимости. Клинически и на КЛКТ было отмечено, что дистальный корневой канал был очень широкий в щечно-язычном направ-

лении (*рис. 18b*), можно было ввести К-файл размером 20 на всю рабочую длину. Рабочая длина каждого канала была определена с помощью электронного апекслокатора и подтверждена рентгенологически (*рис. 18c* и *18d*). Было отмечено, что срединно-мезиальный канал соединяется с мезиально-язычным каналом, а мезиально-язычный канал соединяется с мезиально-щечным каналом на уровне 2 апикальных миллиметров. Во всех корневых каналах «ковровая дорожка» была создана с использованием К-файла размера 08 и 10, а затем расширена с помощью TruNatotomy® Glider. Принимая во внимание, что в мезиальном корне было три корневых канала, авторы решили использовать для препарирования и максимального сохранения структуры корня файл TruNatotomy® Small. На *рис. 18e* показано увеличенное изображение дна полости зуба. Обратите внимание на большое количество тканей зуба, которые остались нетронутыми после препарирования корневых каналов файлом TruNatotomy® Small. Дистальный корневой канал был отпрепарирован с помощью файла TruNatotomy® Medium. Ирригация корневых каналов была выполнена с помощью 17 % ЭДТА и подогретого 3,5 % гипохлорита натрия, с активацией наконечником EDDY

Endo Irrigation Tip (VDW). Обтурация каналов проводилась с помощью гуттаперчевых штифтов TruNatotomy® Conform Fit по методике вертикальной конденсации. На *рис. 18f* показан параллельный вид обтурации. Обратите внимание на максимальное сохранение структуры корня в перицервикальной области мезиальной и дистальной систем корневых каналов. На мезио-угловом снимке (*рис. 18g*) видно, что весь объем латеральной части каждого канала был очищен и обтурирован. Клиническую методику, использованную в этом случае, можно посмотреть по следующей ссылке или QR-коду: <https://youtu.be/MxVKMc-E2VM>



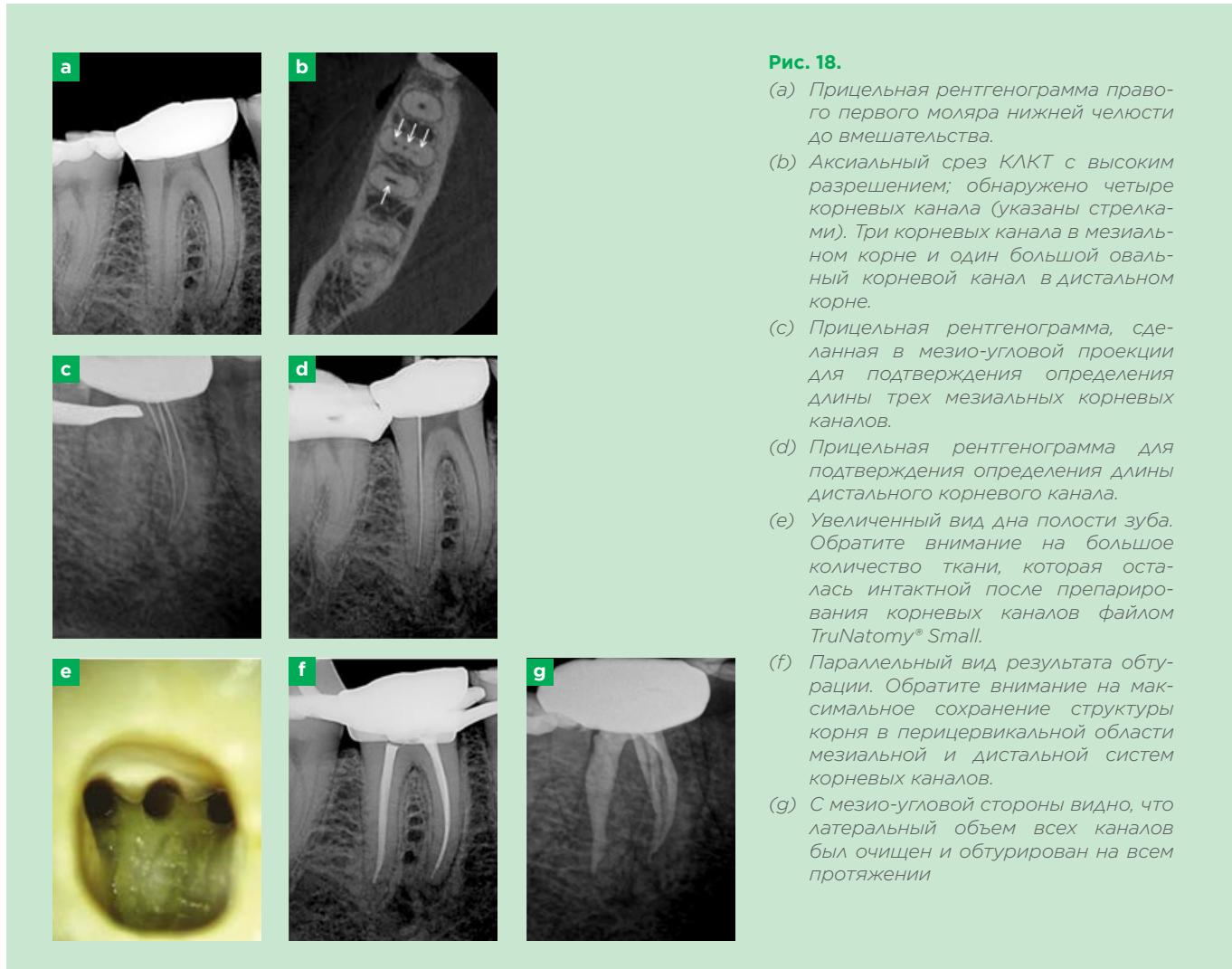


Рис. 18.

- (a) Прицельная рентгенограмма правого первого моляра нижней челюсти до вмешательства.
- (b) Аксиальный срез КЛКТ с высоким разрешением; обнаружено четыре корневых канала (указаны стрелками). Три корневых канала в мезиальном корне и один большой овальный корневой канал в дистальном корне.
- (c) Прицельная рентгенограмма, сделанная в мезио-угловой проекции для подтверждения определения длины трех мезиальных корневых каналов.
- (d) Прицельная рентгенограмма для подтверждения определения длины дистального корневого канала.
- (e) Увеличенный вид дна полости зуба. Обратите внимание на большое количество ткани, которая осталась интактной после препарирования корневых каналов файлом TruNatomy® Small.
- (f) Параллельный вид результата обтурации. Обратите внимание на максимальное сохранение структуры корня в перицеркальной области мезиальной и дистальной систем корневых каналов.
- (g) С мезио-угловой стороны видно, что латеральный объем всех каналов был очищен и обтурирован на всем протяжении

Заключение

В итоге были получены следующие сведения о системе TruNatomy®:

- Исследования, некоторые из которых проводились при 37 °C (температура тела), подтвердили очень высокую циклическую устойчивость к усталостной нагрузке файлов TruNatomy® по сравнению с другими доступными в продаже файлами⁸⁻¹⁰.
- Исследования *in vitro* и *ex vivo* продемонстрировали, что применение TruNatomy® приводит к очень малой транспортировки канала; система TruNatomy® продемонстрировала наименьшую транспортировку канала в двух исследованиях, что подтверждает ее способность лучше сохранять ткань дентина^{11-13, 15}.
- На снимках микроКомпьютерной томографии было показано, что TruNatomy® сохраняет анатомию канала (опять же с минимальной транспортировкой канала), не нарушая его форму^{14, 15}.

- В двух *in vitro* исследованиях апикальная экструзия дебриса в сильно изогнутых молярах и премолярах была ниже по сравнению с другими системами, что также может приводить к меньшей послеперационной боли по сравнению с применением других систем инструментов^{18, 19}.
- В полостях с консервативным доступом (углом до 45°) смоделированная редукция объема дентина в коронковой и средней трети была ниже при использовании TruNatomy® по сравнению с другими стандартными инструментами, тогда как редукция объема в апикальной части была аналогичной. Это демонстрирует способность TruNatomy® сохранять перицервикальную область, обеспечивая при этом достаточную обработку в апикальной части²¹.
- Клинические случаи с использованием TruNatomy® продемонстрировали преимущества этих инструментов, а также высококачественное препарирование при сохранении исходной анатомии канала²².

Сохранение дентина, сохранение исходной анатомии канала и, следовательно, поддержание структурной целостности зубов должны быть неотъемлемой частью препарирования и подготовки корневых каналов. Это также является решающим фактором успеха постэндодонтической реставрации для долгосрочного сохранения зубов. В данном контексте указанные исследования в совокупности иллюстрируют эффективность и клинические преимущества системы TruNatomy®, которая должна стать системой выбора для лечения зубов с различной степенью кривизны канала с целью сохранения структурно важного дентина без ущерба для очищения канала.

Список литературы

1. Ng, Y.L., V. Mann, and K. Gulabivala, Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2010. 43(3): p. 171-89.
2. Dahlström, L., et al., 'Working in the dark': Swedish general dental practitioners on the complexity of root canal treatment. *Int Endod J.* 2017. 50(7): p. 636-645.
3. Zupanc, J., N. Vahdat-Pajouh, and E. Schäfer, New thermomechanically treated NiTi alloys — a review. *Int Endod J.* 2018. 51(10): p. 1088-1103.
4. Elnaghy, A.M., S.E. Elsaka, and A.H. Elshazli, Dynamic cyclic and torsional fatigue resistance of TruNatamy compared with different nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J.* 2020. 46(2): p. 226-233.
5. Predin Djuric, N., et al., Comparison of apical debris extrusion using clockwise and counter-clockwise single-file reciprocation of rotary and reciprocating systems. *Aust Endod J.* 2021. 47(3): p. 394-400.
6. Riyahi, A.M., et al., Cyclic Fatigue Comparison of TruNatamy, Twisted File, and ProTaper Next Rotary Systems. *Int J Dent.* 2020. 2020: p. 3190938.
7. Hargreaves, L.H.B.K.M., Cohen's Pathways of the Pulp. 12 ed. 2020: Elsevier Health Sciences (US).
8. Elnaghy, A.M., S.E. Elsaka, and A.O. Mandorah, In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of TruNatamy in single and double curvature canals compared with different nickel-titanium rotary instruments. *BMC Oral Health.* 2020. 20(1): p. 38.
9. Peters, O.A., A. Arias, and A. Choi, Mechanical Properties of a Novel Nickel-titanium Root Canal Instrument: Stationary and Dynamic Tests. *J Endod.* 2020. 46(7): p. 994-1001.
10. Gundogar, M., et al., Comparison of the cyclic fatigue resistance of VDW, ROTATE, TruNatamy, 2Shape, and HyFlex CM nickel-titanium rotary files at body temperature. *Restor Dent Endod.* 2020. 45(3): p. e37.
11. Kabil, E., et al., Micro-computed Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of 5 Rotary and Reciprocating Systems with Different Metallurgical Properties and Surface Treatments in Curved Root Canals. *J Endod.* 2021. 47(3): p. 477-484.
12. Kumar, M., et al., Comparison of Canal Transportation in TruNatamy, ProTaper Gold, and Hyflex Electric Discharge Machining File Using Cone-beam Computed Tomography. *J Contemp Dent Pract.* 2021. 22(2): p. 117-121.
13. Kim, H., S.J. Jeon, and M.S. Seo, Comparison of the canal transportation of ProTaper GOLD, WaveOne GOLD, and TruNatamy in simulated double-curved canals. *BMC Oral Health.* 2021. 21(1): p. 533.
14. Emmanuel J.N. L. Silva, C.O.d.L., Ana Flávia Almeida Barbosa, and L.M.S. Ricardo Tadeu Lopes, Marco Aurélio Versiani, The impact of TruNatamy and ProTaper Gold instruments on the preservation of the periradicular dentin and on the enlargement of the apical canal of mandibular molars. *Journal of Endodontics.* 2022.
15. Perez Morales, M.L.N., et al., Micro-computed Tomographic Assessment and Comparative Study of the Shaping Ability of 6 Nickel-Titanium Files: An In Vitro Study. *J Endod.* 2021. 47(5): p. 812-819.

16. Peters, O.A., K. Schonenberger, and A. Laib, Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*, 2001. 34(3): p. 221-30.
17. Haapasalo, M., et al., Irrigation in endodontics. *Br Dent J*, 2014. 216(6): p. 299-303.
18. Yilmaz Cirakoglu, N. and Y. Ozbay, Apically extruded debris associated with ProTaper Next, ProTaper Gold and TruNatomy systems: An in vitro study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 2021. 15(1): p. 30-34.
19. Mustafa, R., et al., Evaluating In Vitro Performance of Novel Nickel-Titanium Rotary System (TruNatomy) Based on Debris Extrusion and Preparation Time from Severely Curved Canals. *J Endod*, 2021. 47(6): p. 976-981.
20. Al Omari, T., et al., Apical debris extrusion of full-sequenced rotary systems in narrow ribbon- shaped canals. *Aust Endod J*, 2021.
21. T. Lang , D.Q.N., I. Steiner, A. Ditz, K.W. Weich,P. Gaengler,, Volumetric Bio-Mechanics of Instrumentation via Angulated Access Cavities – A Randomized, Blinded and Clinically Simulated in vitro Study, O.o. Witten/Herdecke, Editor. 2022: unpublished data.
22. Van der Vyver PJ, Vorster, M, Peters OA, Minimally invasive endodontics using a new single-file rotary system. *International Dentistry — Africa Edition*. 2019; 9(4); 6-20.

ООО «Дентсплай Сирона»

115035, Россия, г. Москва, Овчинниковская наб.,

д. 18/1, стр. 2, помещение 3Н

Телефон +7 (495) 725-10-87

