

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования “Санкт-Петербургский государственный
университет”

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
НА ТЕМУ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ КОРНЕВОГО КАНАЛА
РУЧНЫМИ И МАШИНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Выполнила студентка

5 курса 526 группы

Разгуляева Виктория Николаевна

Научный руководитель

к.м.н. Туманова Светлана Адольфовна

Санкт-Петербург

2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Обзор литературы	7
1.1. Инструменты для обработки корневых каналов	7
1.2. Эффективность ручных и машинных инструментов	15
1.3. Смазанный слой	17
1.4. Конструктивные особенности машинных инструментов Profile	20
Глава 2. Материалы и методы исследования	25
2.1. Обоснования объекта и метода исследования	25
2.2. Описание клинической методики	25
2.3. Описание методики микроскопии	26
Глава 3. Результаты исследования	28
3.1. Полученные результаты	28
3.2. Статистическая обработка результатов	32
3.3. Заключение	42
3.4. Практические рекомендации	45
Список литературы	46

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ISO – International Standards Organisation

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

NiTi – никель-титан

NaOCl – гипохлорит натрия

SEM – сканирующая электронная микроскопия

ВВЕДЕНИЕ

Успех эндодонтического лечения во многом зависит от качественной инструментальной обработки корневого канала. Этот этап, пожалуй, является самым сложным в техническом отношении компонентов эндодонтического лечения.

Задачи механической обработки корневого канала следующие:

- 1) Очистка корневого канала от остатков пульпы или ее распада, размягченного инфицированного дентина;
- 2) Прохождение облитерированных участков;
- 3) Устранение препятствий внутри канала (дентиклей, уступов);
- 4) Расширение канала, выравнивание искривлений и придание каналу формы, удобной для пломбирования;
- 5) Сглаживание стенок канала для улучшения контактов медикаментов с поверхностью дентина и обеспечения плотного прилегания пломбировочного материала (А. И. Николаев, 2001).

На сегодняшний день существует большое количество систем никель-титановых эндодонтических инструментов, каждая из которых позиционируется производителем как универсальная, которая может быть использована в любой клинической ситуации. Несмотря на это, в настоящее время нет единых данных о том, какие инструменты обрабатывают корневой канал наиболее эффективно. Проведенные исследования по сравнению эффективности обработки корневых каналов ручными и машинными инструментами при помощи SEM показывают, что ни один вид эндодонтических инструментов не приводит к полноценной обработке канала, оставляя некоторое количество путридных масс. В то же время эффективность ручных и машинных инструментов показывает противоречивые результаты у различных авторов (Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, 2004), (Manjunatha M, Annapurna K, Sudhakar

V, Sunil Kumar V, Hiremath VK, Shah A., 2013), (Reddy JM, Latha P, Gowda B, Manvikar V, Vijyalaxmi DB, Ponangi KC, 2014), (Khademi A, Saatchi M, Shokouhi MM, Baghaei B, 2015), (Reddy KB, Dash S, Kallepalli S, Vallikanthan S, Chakrapani N, Kalepu V., 2013), (Reddy ES, Sainath D, Narendrereddy M, Pasari S, Valikantham S, Sindhurareddy G, 2013), (Минченя О.В., Яцук А.И., Григорьев С.В., 2013). Механическая обработка корневых каналов также приводит к образованию смазанного слоя, который состоит из частиц дентина, остатков витальной или некротизированной пульпы и бактерий. Мнения авторов по поводу его влияния на качество эндодонтического лечения неоднозначно. Тем не менее, на основании имеющихся исследований можно сделать вывод, что смазанный слой препятствует проникновению внутриканальных лекарственных средств, ухудшает адаптацию пломбировочного материала к стенкам канала, представляет собой питательный источник для остаточных микроорганизмов, является потенциальным источником для персистирующей инфекции (Доменико Рикуччи, 2015).

Разницу в количестве смазанного слоя и гнилостных масс после механической обработки авторы связывают с различным строением инструментов, техникой обработки, строением корневого канала, доступом к каналу, количеством повторных использований инструмента и качеством ирригации. В связи с чем, проблема инструментальной обработки корневых каналов продолжает оставаться актуальной на сегодняшний день.

В связи с этим целью настоящей работы является изучение эффективности обработки корневого канала ручными стальными К-файлами и машинными никель-титановыми инструментами Profile при исследовании *in vitro* удаленных зубов при помощи SEM.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить влияние конструктивных особенностей эндодонтических инструментов на качество очистки корневого канала;
- 2) Изучить качество очистки корневых каналов ручными стальными инструментами K-file и машинными никель-титановыми инструментами Profile на основании микрофотографий, полученных под сканирующим электронным микроскопом.

Проведенное исследование позволило изучить качество очистки корневых каналов ручными стальными инструментами K-file и машинными никель-титановыми инструментами Profile. Результаты исследования позволяют дать рекомендации по инструментальной обработке корневых каналов данными инструментами.

ГЛАВА 1. Литературный обзор.

1.1 Инструменты для обработки корневых каналов

В настоящее время существует большое количество различных эндодонтических инструментов для обработки корневых каналов. Впервые попытка их систематизации была осуществлена в 1970-е годы ISO. Согласно такой систематизации все элементы инструментов имеют сходное строение. К ним предъявляются следующие требования: длина рабочей части 16 мм, кончик острый под углом 75 градусов, диаметр рабочей части нарастает по 0,02 мм на каждый миллиметр (конусность 2%). Размер инструмента определяется через диаметр его верхушки. Например, диаметр 0,1 мм обозначается как 10 размер. Верхушка инструмента способствует продвижению файла вглубь канала. Она может быть режущей, нерезущей и частично режущей. Длина металлического стержня с рабочей частью также соответствует нормам ISO. Она может быть 21,25,28 и 31 мм. В последние годы появились эндодонтические инструменты, которые не соответствуют стандартам ISO и имеют различную конусность на протяжении своей длины. Это позволяет осуществлять более безопасную и эффективную обработку корневых каналов (Т. McSpadden, 2007). Все инструменты содержат следующие элементы: форма рабочей части и ее конусность, ручка, гриф, материал. Также учитывается метод изготовления.

Для большинства инструментов исходным материалом является проволока, которая имеет определенный диаметр и трех- или четырехгранную форму (К-примеры и К-файлы соответственно). К-Примеры и К-файлы отличаются не только формой поперечного сечения, но и частотой витков. У К-файлов количество витков больше. Кроме этих инструментов существуют Н-файлы, которые изготавливаются путем фрезерования заготовки. Они имеют круглое поперечное сечение.

Кроме того, имеется цветовая кодировка. Каждому размеру инструмента соответствует определенный цвет. Конусность инструментов по ISO величина постоянная и равна 2%. С появлением никель-титановых вращающихся инструментов этот параметр стал принимать разные значения: 4%, 6%, 8%, 10%, 12% и др. (Петрикас, 2006).

Эндодонтические инструменты изготавливаются из нержавеющей хромоникелевой стали или из никель-титановых сплавов. Файлы из нержавеющей стали имеют характерную высокую жесткость, степень которой возрастает с увеличением размера инструмента. При обработке изогнутого корневого канала, особенно при использовании пилящих движений, возвращающая сила пытается придать инструменту первоначальную форму. Слишком жесткий инструмент срезает большее количество ткани по выступающему изгибу, выпрямляя ход корневого канала. В результате канал принимает форму “песочных часов”, образуются ступеньки. Появляются участки, которые сложно обработать и obturировать (Бердженхолц, 2013).

Первые машинные инструменты были изготовлены из стали и применялись в наконечниках с реципрокным движением. Здесь существовали две главные проблемы: изменение хода канала в процессе обработки и поломка файла. Это послужило началом изготовления таких инструментов из никель-титанового сплава в начале 1990-х годов. На сегодняшний день существует более 50 типов машинных инструментов.

Достижением в области эндодонтии стало создание вращающихся эндодонтических инструментов с различной конусностью (Петрикас, 2006). Никель-титановые машинные инструменты обычно бывают с нережущей верхушкой (К. М. Hargreaves, 2016).

Близость расположения витков может быть стандартной (1мм по ISO) или изменяться на протяжении рабочей длины. Чем больше это расстояние,

тем больше дентинных опилок может вывести инструмент по направлению к коронковой части. С увеличением радиуса витков увеличивается очищающая эффективность (Elmsallati EA, Wadachi R, Suda H., 2009), но прочность инструмента снижается, за счет уменьшения диаметра металлического стержня (Versluis A, Kim HC, Lee W, Kim BM, Lee CJ., 2012).

Эффективность инструмента также зависит от диаметра витков, угла наклона, глубины между витками, остроты режущих граней (К. М. Hargreaves, 2016).

Эндодонтические инструменты можно разделить, согласно типу обработки, на три группы: К-стиль, Н-стиль и U-стиль.

К К-стилю относятся К-римеры и К-файлы. Римеры режут дентин посредством сверления в момент вращения инструмента (риминг).

К-файлы режут дентин вертикально-вращательным движением на $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ оборота. Это действие может быть усилено боковым прижатием инструмента к стенке корневого канала (файлинг).

Также существуют агрессивные К-файлы, которые предназначены для прохождения узких, кальцифицированных каналов. Такие инструменты имеют повышенную прочность, агрессивный кончик и четырехгранную форму (Pathfinder, С-файл). С-файлы и К-файлы используются, в том числе, для создания ковровой дорожки при дальнейшей работе машинными инструментами с разной конусностью.

Н-файлы характеризуются высокой режущей способностью и низкой прочностью, что обусловлено методом их создания. Они имеют острый кончик и острые грани. Позже появились модификации инструмента. А-файл отличается неагрессивным кончиком и меньшим углом витков, S-файл имеет двойную режущую грань, в отличие от стандартного Н-файла. Основной прием работы – файлинг (скобление).

К. М. Hargreaves и L.H. Berman разделяют машинные эндодонтические инструменты на три группы:

1 группа – пассивно режущие инструменты (ProFile, GTX, Quantec, LightSpeed, K3)

2 группа – активно режущие инструменты (ProTaper, Race, Hero, MTwo)

3 группа – инструменты с уникальной формой и методом работы (WaveOne, Reciproc, SAF) (К. М. Hargreaves, 2016).

Первыми машинными инструментами были инструменты первой группы. Их особенностью является U-образное поперечное сечение и наличие направляющих ленточек, за счет которых происходит срезание дентина путем трения. Такие файлы более безопасны и лучше сохраняют форму канала, но имеют меньшую режущую способность (Manjunatha M, Annapurna K, Sudhakar V, Sunil Kumar V, Hiremath VK, Shah A., 2013).

Инструменты из второй группы обладают большей режущей способностью благодаря треугольному поперечному сечению и режущей верхушке (Schäfer E, Oitzinger M., 2008), (Reddy KB, Dash S, Kallepalli S, Vallikanthan S, Chakrapani N, Kalepu V., 2013).

Несмотря на более быструю обработку канала и большую эффективность 2 группа инструментов, в то же время, имеет свои недостатки. К ним относят изменение хода канала, создание ступенек (Vahid A, Roohi N, Zayeri F., 2009), (К. М. Hargreaves, 2016).

Для каждого машинного инструмента заявлен свой торк и скорость вращения. Торк (крутящий момент) – сила, с которой прокручивается файл в случае появления сопротивления. Этот параметр позволяет контролировать скручивание инструментов и избегать их поломки (Dietz DB, Di Fiore PM, Bahcall JK, Lautenschlager EP., 2000). (Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P., 2001) выяснили в своем исследовании, что чем выше

торк, тем больше риск образования микротрещин корневого канала. Другие исследования говорят о том, что чем ниже скорость вращения, тем меньше риск поломки инструмента, но при этом увеличивается время, затраченное на обработку (Pedullà E, Plotino G, Grande NM, Scibilia M, Pappalardo A, Malagnino VA, Rapisarda E., 2014), (Dane A, Capar ID, Arslan H, Akçay M, Uysal B., 2016).

Наиболее часто используемыми машинными эндодонтическими инструментами в Санкт-Петербурге являются системы ProFile, ProTaper и MTwo.

Система ProFile была изобретена в 1994 году Беном Джонсоном. В нее входят пассивно режущие инструменты, имеющие три U-образных канавки, которые образуют 6 режущих граней. Одним из принципов работы U-инструментами является то, что начиная препарирование с профайлов большей конусности с каждым последующим инструментом конусность уменьшается, тем самым достигается рабочая длина (Петрикас, 2006).

Система ProTaper (Cliff Ruddle, Pierre Machtou) имеет треугольную выпуклую форму поперечного сечения с активно режущими гранями. В системе ProTaper присутствуют формирующие (шейпинг-файлы- Sx, S1, S2) и доводящие канал до определенной конусности файлы (финиш-файлы F1,F2,F3,F4,F5). Формирующие предназначены для обработки верхней и средней трети канала, а финишные для апикальной трети. На протяжении 14 мм рабочей части увеличивается угол и шаг спирали, что позволяет более эффективно выводит дентинные опилки из корневого канала (Elmsallati EA, Wadachi R, Suda H., 2009). Три первых файла (шейпинг-файлы, Sx, S1, S2) имеют увеличивающуюся коронарно конусность. Размеры финишных файлов (F1-F5) равны 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, и 0.5 мм и конусность .07, .08, .09, .05 и .04 соответственно.

Система MTwo поступила в продажу в 2004 году. Поперечное сечение этих инструментов S-образной формы. В набор входят файлы 10.04, 15.05, 20.06, 25.06 (стандартная последовательность обработки) и файлы 30.05, 35.04, 40.04, 45.04, 50.04 и 60.04 для широких корневых каналов (К. М. Hargreaves, 2016).

Морфология корневых каналов достаточно хорошо изучена на сегодняшний день. Еще в 1917 году было выяснено, что корневые каналы представляют собой сложную систему, состоящую из центральной части (корневые каналы с круглым, овальным сечением) и боковых ответвлений (выступы, анастомозы, дополнительные каналы). Эти ответвления могут занимать достаточно большой объем, из которого сложно элиминировать фрагменты пульпы. Особенно это касается апикальной трети. Помимо различных ответвлений анатомия корневых каналов также отличается по кривизне, форме поперечного сечения, диаметру и конфигурации апикального фрагмента. В изогнутых корневых каналах затруднена механическая и медикаментозная очистка, повышается риск искусственного выпрямления канала и допущения ошибки. Особенно тяжелы для обработки каналы с двойным s-образным и резким апикальным изгибом. Некоторые корневые каналы могут иметь особые формы поперечного сечения. Особенно это относится к C-образному каналу, наиболее распространенному в определенных этнических группах. Общеизвестен тот факт, что наиболее подходящей формой просвета корневого канала является коническая форма с наименьшим диаметром в апикальной трети и максимальным у входа в канал. По этой причине особое внимание следует уделять апикальной части и форме истинного канала. В этой области корневые каналы часто узки и изогнуты, апикальное отверстие может иметь дополнительные каналы или вид апикальной дельты. В следствие такой сложной анатомии апикальная треть корневого канала подвержена тактическим ошибкам, таким как образование ступенек, ложных ходов и

перфораций, что затрудняет эффективную дезинфекцию и обеспечение необходимой апикальной герметичности. (Бердженхолц, 2013). Эти факты указывают на важность инструментальной обработки апикальной трети для повышения качества эндодонтического лечения.

Искривление корневого канала всегда усложняло препарирование. В результате чего профессором Роаном в 1985 году была придумана техника “сбалансированных сил”, с помощью которой можно обрабатывать искривленные каналы ручными инструментами (Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr., 1985). Однако это требует дополнительного времени и усилий. В связи с чем доктор Гассан Яред начал проводить исследования работы никель-титановых инструментов в реципрокном вращении (Yared, 2008), после чего был изобретен инструмент Reciproc. С его помощью можно обрабатывать канал одним инструментом. После обработки инструмент утилизируется, это снижает риск усталости металла и последующей поломки. Также снижается количество затраченного времени (Hoppe CB, Böttcher DE, Justo AM, Só MV, Grecca FS., 2016).

Однако существует множество исследований, в которых указываются минусы реципрокальных инструментов. К ним относится выведение дентинных опилок за апекс, создание микротрещин корня и изменение хода канала (Moazzami F, Khojastepour L, Nabavizadeh M, Seied Habashi M., 2016), (Ahn SY, Kim HC, Kim E., 2016), (Bürklein S, Benten S, Schäfer E., 2014), (Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E., 2013). В других аналогичных исследованиях говорится о том, что апикальное проталкивание опилок и повреждение корня зуба больше всего наблюдается при работе ручными и роторными инструментами, чем реципрокальными (De-Deus G, Neves A, Silva EJ, Mendonça TA, Lourenço C, Calixto C, Lima EJ., 2015), (Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Türker SA, Sağsen B, Er Ö., 2013), (Jalali S, Eftekhari B, Paymanpour P, Yazdizadeh M, Jafarzadeh M., 2015).

После создания вращающихся никель-титановых инструментов проблема механической обработки не была полностью решена. Морфология каналов достаточно разнообразна и не ограничивается круглой формой (Vertucci, 1984), в то время как эндодонтические инструменты не соответствуют ей.

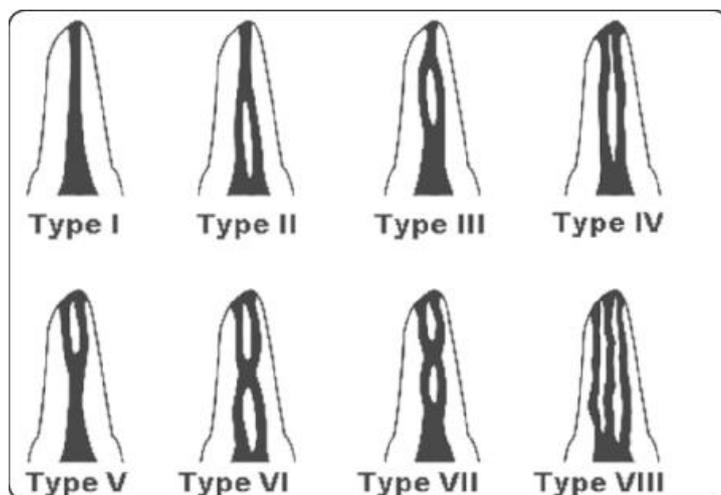


Рис. 1. Классификация корневых каналов по Вертуччи

В связи с чем был изобретен новый тип инструмента – самоадаптирующийся файл с системой ирригации. Этот файл принимает форму корневого канала и не приводит к перерасширению и трещинам, в отличие от машинных и ручных файлов (Metzger Z, Terpeovich E, Zary R, Cohen R, Hof R., 2010). А ирригационная система позволяет проводить дезинфекцию во время всей обработки. Несмотря на все преимущества, существуют исследования, доказывающее выведение дентинных опилок за апикальное отверстие различными инструментами, в том числе и САФ файлами (Farmakis ET, Sotiropoulos GG, Abramovitz I, Solomonov M., 2016).

САФ файл позволяет обработать больше поверхности канала, чем роторные и реципрокальные инструменты, особенно в искривленных и C-shape каналах (Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH., 2012), но тем не менее оставляет некоторое количество необработанных участков (Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, de Sousa-Neto MD., 2013).

Таким образом, не существует инструментов, которые могли бы максимально соответствовать необходимым требованиям. В настоящее время клинические исследования продолжают выяснять влияние параметров инструмента на их очищающие способности и устойчивость к переломам. Желательной целью обработки корневых каналов является наиболее полное механическое очищение для того, чтобы биопленка была более восприимчива к дальнейшей дезинфекции. В то же время, сохранение корневого дентина способствует более длительному функционированию зуба. Клинически значимое влияние дизайна инструмента на исход эндодонтического лечения еще предстоит выяснить (К. М. Hargreaves, 2016).

1.2. Эффективность ручных и машинных инструментов

Долгие годы для препарирования корневых каналов использовались только ручные инструменты. Первые альтернативные приспособления и инструменты заменяющие ручные файлы были недостаточно эффективными. Строгие гистологические исследования показали, что эффективность зависит в большей степени от анатомии корневого канала, чем от используемой методики обработки. Оптимальное препарирование наблюдалось только в прямолинейных каналах с круглым поперечным сечением.

Ручная обработка каналов имела свои недостатки. Например, выведение дентинных опилок за верхушку (Reddy SA, Hicks ML., 1998) и большое количество затраченного времени. В связи с чем были изобретены машинные инструменты. Они изготовлены из никель-титанового сплава с конусностью больше 2%. Их появление позволило сократить время обработки (Петрикас, 2006).

Никель-титановые машинные файлы, безусловно, эффективны при надлежащем применении и обладании достаточными знаниями и

подготовкой. Массовая популяризация этих инструментов повлекла за собой ряд проблем. Техническая простота применения привела к тому, что часть стоматологов перестала обращать внимания на биологические принципы эндодонтического лечения. Кроме того, многие клиницисты не получили достаточные знания и навыки, что никак не способствует улучшению результатов лечения. (Spanberg, 2001). Популярность машинных инструментов определяется скорее скоростью препарирования, чем качеством санации и дезинфекции. В ряде исследований отмечается, что никель-титановые машинные инструменты обычно сохраняют морфологию корневого канала, но не обеспечивают их удовлетворительную санацию, поскольку не обрабатывают значительную площадь канала. (Paque F, Balmer M, Attin T, Peters OA, 2010), (Peters OA, Schonemberger K, Laib A, 2001). Такие осложнения как поломка инструмента и утрата рабочей длины нельзя назвать редкими (S.P.Cheung, 2007). Кроме того, отмечается тенденция к трансформации овального сечения в округлое без достаточной санации язычных и вестибулярных углублений (Paque F, Balmer M, Attin T, Peters OA, 2010).

Исходя из результатов исследований можно заметить, что эффективность ручных и машинных инструментов относительно количества смазанного слоя и дентинных опилок отличается у разных исследователей. Стоит отметить тот факт, что ни в одном исследовании не было обнаружено полностью очищенных корневых каналов.

Следующие авторы в своих работах выяснили, что наибольшая эффективность в плане механической обработки корневых каналов у машинных инструментов (Reddy KB, Dash S, Kallepalli S, Vallikathan S, Chakrapani N, Kalepu V., 2013), (Минченя О.В., Яцук А.И., Григорьев С.В., 2013). В других подобных исследованиях были получены противоположные результаты, наиболее эффективными оказались ручные инструменты (Manjunatha M, Annapurna K, Sudhakar V, Sunil Kumar V, Hiremath VK, Shah

A., 2013), (Reddy JM, Latha P, Gowda B, Manvikar V, Vijyalaxmi DB, Ponangi KC, 2014), (Khademi A, Saatchi M, Shokouhi MM, Baghaei B, 2015). Также были найдены статьи, в которых нет существенной разницы между ручной и машинной инструментацией (Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, 2004), (Reddy ES, Sainath D, Narendrreddy M, Pasari S, Valikanthan S, Sindhurreddy G, 2013).

В целом, совершенствование дизайна улучшили придание формы, а не качество санации. Таким образом, несмотря на то, что внедрение никель-титановых инструментов сделало обработку корневых каналов легче, а риск отклонений меньше, указанные инструменты не имеют значительных клинических преимуществ за исключением скорости обработки (Доменико Рикуччи, 2015).

1.3. Смазанный слой

Смазанный слой был определен Американской Ассоциацией Эндодонтистов в 2003 году как пленка на поверхности дентина после инструментальной обработки канала машинными или ручными инструментами. Он состоит из частиц дентина, остатков витальной или некротизированной пульпы и бактерий. Смазанный слой препятствует проникновению ирриганта в дентинные трубочки. До сих пор имеются противоречивые данные о влиянии смазанного слоя на результат эндодонтического лечения. Некоторые исследователи подчеркивают важность его удаления для улучшения дезинфекции и проникновения силера. Другие исследователи утверждают, что он является защитой от бактериальных агентов и улучшает адаптацию материалов для пломбирования каналов (К. М. Hargreaves, 2016).

В процессе обработки корневого канала органические остатки пульпы и неорганические компоненты дентина накапливаются на стенках корневого канала, образуя так называемый смазанный слой (Pashley DH, 1992). Как

видно из исследований, смазанный слой - это поверхность толщиной от 1 до 5 микрометров. Этот поверхностный слой запаковывает дентинные каналы на разном расстоянии.

В случаях некроза пульпы смазанный слой может быть контаминирован бактериями и их продуктами жизнедеятельности. Например, некоторые исследования говорят о том, что бактерии обнаруживаются на расстоянии от 10 до 150 микрометров в дентинных каналах зубов с некротизированной пульпой (Sen BH, Piskin B, Demirci T, 1995). Другие исследования отмечают наличие микробов на расстоянии 479 микрометров от поверхности канала (Perez F, Rochd T, Lodter JP, 1993).

Смазанный слой может также препятствовать адгезии и проникновению силера в дентинные каналы (White RR, Goldman M, Lin PS, 1984). В одном исследовании изучалась глубина проникновения силера в присутствии и отсутствии смазанного слоя. С помощью сканирующей электронной микроскопии было выяснено, что при наличии смазанного слоя силеры не проникают в дентинные каналы, тем самым нарушается герметизм (Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, 1998). Другие исследования показали, что его удаление повышает прочность сцепления и уменьшает микроподтекания (Economides N, Liolios E, Kolokuris I, 1999).

Преимущества и недостатки удаления смазанного слоя до сих пор противоречивы, однако все больше доказательств подтверждает необходимость его удаления (Shahravan A, Haghdoost AA, 2007). Органический компонент смазанного слоя может стать субстратом для роста микроорганизмов (Pashley DH, 1992). Было выяснено, что наличие этого слоя препятствует хорошему сцеплению силера со стенкой корневого канала, что приводит к микроподтеканиям (Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL, 1996). Смазанный слой может также препятствовать действию ирриганта (Ørstavik D, Naapasalo M, 1990).

Смазанный слой нарушает герметизм при пломбировании термопластифицированной гуттаперчей, а его удаление усиливает адгезию силера к дентину (Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY, 1996). Материалы для пломбирования корневых каналов лучше адаптируются при его отсутствии (Wennberg A, Ørstavik D, 1990).

В другом исследовании было установлено, что удаление смазанного слоя уменьшает коронарные и апикальные микроподтекания (Cobankara FK, Adanr N, Belli S, 2004).

Для повышения эффективности механической обработки корневого канала во время препарирования следует использовать химически активные препараты. Ирригационные растворы на основе хелатных соединений типа ЭДТА эффективно удаляют смазанный слой, оставшийся на стенках корневого канала после препарирования за счет способности связывать ионы кальция. Для повышения эффективности ЭДТА рекомендуется совместное использование с гипохлоритом натрия, который оказывает воздействие на органический компонент. Для получения оптимальных результатов гипохлорит натрия можно применять в процессе инструментальной обработки, а ЭДТА – для окончательной ирригации канала после завершения препарирования (Тронстад, 2009). Преимущество совместного использования NaOCl и ЭДТА также было доказано другими авторами (Максимовский Ю.М., Григорян А.С., Гаджиев С.С., 2004).

Дополнительным методом удаления смазанного слоя является применение ультразвука. В одном исследовании сравнивалась эффективность очистки корневого канала при помощи ультразвука и без его использования. Было выяснено, что ирригация канала с ультразвуком позволяет добиться лучших результатов (Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW, 2003).

Отсутствие единого мнения в удалении смазанного слоя связано с недостатком строгих клинических исследований. Но тем не менее на основании имеющихся исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) Смазанный слой создает физический барьер, который препятствует проникновению интраканальных лекарственных средств.
- 2) Смазанный слой ухудшает адаптацию пломбировочных материалов к стенкам корневого канала, что снижает герметичность.
- 3) Смазанный слой представляет собой источник питательных веществ для остаточных микроорганизмов.
- 4) Смазанный слой может скрывать выжившие микроорганизмы, являясь потенциальным источником для персистирующей инфекции (Доменико Рикуччи, 2015).

1.4. Конструктивные особенности машинных инструментов Profile

Система никель-титановых инструментов Profile была разработана в 1994 году Беном Джонсоном. Сначала эти файлы были известны как ручные инструменты “Series 29” с конусность 2 градуса. Но вскоре стала доступна конусность 4 и 6 градусов по стандартизации ISO.

Поперечное сечение этих инструментов имеет форму круга с тремя U-образными вырезками с радиальными гранями. Такие вырезки создают пространство для накопления дентинных опилок (Machtou D., Martin P., 1997). Верхушка закруглена и имеет пулеобразную форму. Обработка каналов такими инструментами, согласно проанализированным статьям, приводит к наименьшему количеству ошибок за счет пассивной обработки и централизации инструмента в канале (Bryant ST, 1998), (Thompson SA, Dummer PM, 1997). Наименьшая транспортировка канала достигается путем поочередного использования инструментов 4 и 6 конусности (Bryant ST, Dummer PMH, Pitoni C, 1999).

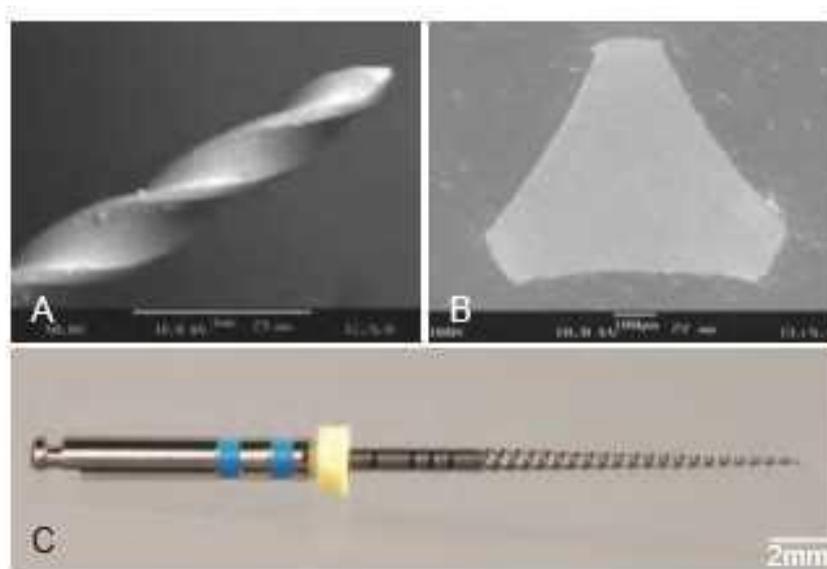


Рис.2. Дизайн никель-титановых инструментов Profile

В статье Татьяны Сергеевны Беляевой на тему “Исследование конструктивных параметров системы ротационных эндодонтических инструментов ProFile” были изложены особенности этих инструментов при изучении микрофотографий, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа. Здесь рассматривались такие параметры как угол вершины инструмента, угол нарезки, шаг нарезки, глубина нарезки, внутренний и наружный диаметр, угол режущего лезвия.

Было выявлено, что шаг нарезки инструментов Profile остается одинаковым на всей длине режущей части. Угол нарезки довольно резко увеличивается по направлению от вершины к хвостовику. Глубина нарезки возрастает в том же направлении.

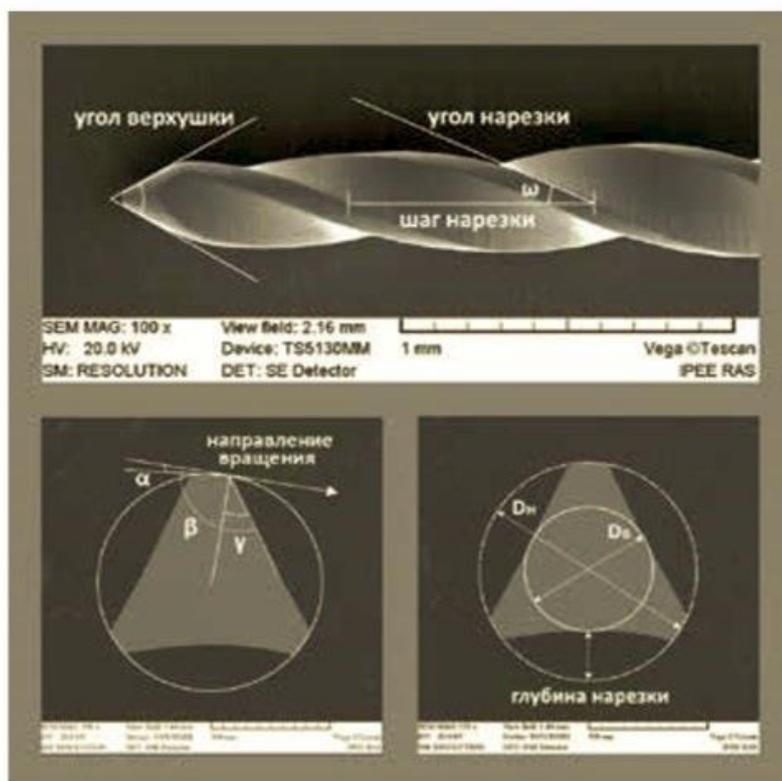


Рис.3. Конструктивные параметры инструментов Profile

α – задний угол, β – угол заострения, γ – передний угол, D_b – внутренний диаметр, D_n – наружный диаметр

Сочетания малого шага и большого угла нарезки делают эти инструменты подверженными эффекту вкручивания, который может вести к его поломке внутри корневого канала. Режущая эффективность определяется количеством пространства для дентинных опилок между инструментом и стенкой корневого канала. Это пространство, в свою очередь, определяется глубиной нарезки. Чем больше эта глубина, тем более эффективен инструмент, так как позволяет срезать большее количество дентина. (Беляева Т.С., Ржанов Е.А., 2010).

Режущая эффективность инструмента также зависит от величины переднего и заднего угла режущей грани. Она возрастает при увеличении значения этих углов. Если рассмотреть этот параметр у роторных

инструментов разных производителей, то можно заметить разницу.

Инструменты	Задний угол α	Передний угол γ
ProFile	4,7°	-36,5°
FlexMaster	37,5°	-53,7°
ProTaper	41°	-49°
BioRace	55°	-30°
Mtwo	20°	-31°

Рис.4. Значения передних и задних углов режущего лезвия роторных инструментов

Данная таблица показывает значения переднего и заднего угла инструмента, которые были вычислены в ходе исследования. Отсюда можно сделать вывод, что наименьшая эффективность среди данных инструментов у системы Profile.

Данные сканирующей электронной микроскопии демонстрируют, что верхушка инструмента Profile плавно переходит в режущие грани без образования острых углов. Это позволяет снизить риск нарушения исходной анатомии корневого канала и возникновения ятрогенных осложнений в процессе препарирования.

Инструменты Profile имеют невысокое значение отношения внутреннего диаметра поперечного сечения к наружному ($Dв / Dн$). Это говорит о их гибкости и устойчивости к циклическим нагрузкам, в то время как устойчивость к торсионным нагрузкам будет невелика.

Режущее лезвие имеет так называемую направляющую ленточку. Такая конструкция препятствует быстрому погружению лезвия инструмента в субстрат. Это снижает скорость препарирования корневого канала, но с другой стороны способствует уменьшению эффекта вкручивания. Угол заострения инструментов Profile имеет большие

значения (в среднем 122°), за счет наличия направляющей ленточки. Это обеспечивает высокую прочность и стабильность режущего лезвия в процессе препарирования.

С помощью анализа основных конструктивных параметров данных инструментов можно отметить следующие свойства: высокую гибкость, устойчивость к циклическим нагрузкам, способность сохранять исходную анатомию корневых каналов, низкую скорость обработки, выраженный эффект вкручивания у инструментов большого размера. В целом, форма режущего лезвия инструментов ProFile способствует сохранению особенностей исходной анатомии канала, но не обеспечивает высокой скорости обработки (Беляева Т.С., Ржанов Е.А., 2012).

ГЛАВА 2. Материалы и методы

2.1 Обоснование объекта и методов исследования

Для изучения эффективности обработки корневых каналов двумя видами инструментов был выбран метод сканирующей электронной микроскопии, так как на основании изученной литературы именно этот метод был наиболее часто используемым. Сканирующая электронная микроскопия позволяет добиться высокого разрешения картинки, что невозможно при использовании других методик исследования.

Объектом изучения были поверхности обработанных корневых каналов в апикальной и средней трети. Именно эти области имеют большую клиническую значимость. Наиболее важной является апикальная треть, так как здесь чаще всего возможны ошибки при инструментальной обработке из-за вариабельной морфологии и наличия апикальных изгибов, что может оказать негативное влияние на дальнейший исход эндодонтического лечения. В связи с этим для изучения было выбрано расстояние на уровне 1 мм от апикального отверстия. В средней трети изучалась граница перехода апикальной трети в среднюю. В большинстве случаев это расстояние находилось на уровне 5 мм от апикального отверстия.

Для инструментальной обработки были выбраны ручные К-файлы и машинные инструменты Profile. К-файлы часто используются в нашей стране, особенно в небольших городах. Инструменты Profile наиболее безопасны среди машинных инструментов, не транспортируют канал благодаря своим конструктивным особенностям и имеют оптимальную конусность, в отличие от инструментов Protaper. Машинные инструменты MTwo предполагают использование файлов сразу на всю длину, не позволяя в достаточной степени оценить все изгибы корневого канала, что представляет некоторые трудности для начинающего врача.

2.2 Описание клинической методики

На базе хирургических отделений СПб ГБУЗ “Городская стоматологическая поликлиника №33 (СПО Московское) и СПб ГБУЗ “Городская стоматологическая поликлиника №38” были отобраны 30 удаленных зубов. После удаления зубы очищались от фрагментов периодонтальной связки и погружались в 3% раствор гипохлорита натрия. Во всех зубах создавался эндодонтический доступ алмазным шаровидным и твердосплавным цилиндрическим борами. Для исследования выбирался один канал. Каналы очищались от тканей пульпы К-файлом №10. Рабочая длина устанавливалась путем выведения К-файла №10 за апикальное отверстие и вычитания 0,5 мм от этой длины. Далее зубы разделялись на две группы. Первая и вторая группы состояли из 15 зубов каждая. Обе содержали зубы разной групповой принадлежности.

Первая группа зубов обрабатывалась с помощью стальных К-файлов по методике step-back с мастер-файлом не менее 30 размера. Обработка сопровождалась использованием 20% геля ЭДТА и ирригацией 1 мл 3% раствора гипохлорита натрия после каждого инструмента с проверкой рабочей длины с помощью инициального файла. В качестве финальной ирригации был использован 3% раствор гипохлорита натрия в объеме 2 мл.

Во второй группе корневые каналы обрабатывались машинными никель-титановыми инструментами Profile с конусностью 4 и 6 градусов при помощи эндодонтического микромотора с режимом работы для системы Profile согласно инструкции. Минимальный размер апикального препарирования – 30 файл с конусность 6 градусов. Препарирование осуществлялось непрерывными ключевыми движениями с ирригацией 1 мл 3% раствора гипохлорита натрия после каждого инструмента и использованием 20% геля ЭДТА. Проверка рабочей длины осуществлялась файлом №10. Финальная ирригация проводилась 2 мл 3% раствора гипохлорита натрия.

2.3 Описание методики микроскопии

После обработки корни зубов были распилены с помощью ортопедического сепарационного диска в продольном направлении и отправлены в ресурсный центр “Развитие молекулярных и клеточных технологий” СПбГУ для подготовки к микроскопическому исследованию.

В целях подготовки распилы зубов выдерживались в вакуумной камере в течение 3 часов для удаления влаги и воздуха. После этого образцы фиксировались на предметных стеклах клейкой лентой и покрывались электропроводящим клеем для создания электрического контакта с элементами камеры сканирующего электронного микроскопа. Затем для лучшей визуализации поверх было нанесено золотое напыление в аппарате Leica EM SCD 500.

После подготовки корни зубов были исследованы под сканирующим электронным микроскопом Tescan MIRA 3 LMU в режиме высокого вакуума на предмет качества очистки. Микрофотографии получены при увеличении 4000 раз. Областью исследования являлись участки поверхности корневых каналов в апикальной трети (на уровне 1 мм от рабочей длины) и в средней трети (на уровне 5 мм от рабочей длины). Каждая микрофотография была оценена по шестибальной шкале:

- 1) Полностью очищенная поверхность
- 2) Определяются частицы дебриса
- 3) Дебрис занимает до 50% поверхности
- 4) Более 50% поверхности
- 5) Вся поверхность покрыта дебрисом
- 6) Отсутствует контакт инструмента со стенкой корневого канала/визуализируются ткани пульпы.

ГЛАВА 3. Результаты исследования.

3.1 Полученные микрофотографии

В результате проведенного исследования было обнаружено, что во всех исследуемых группах были как полностью очищенные участки корневых каналов, так и участки, которые не были обработаны и содержали некоторое количество пульпарных тканей. Далее представлены примеры полученных микрофотографий:

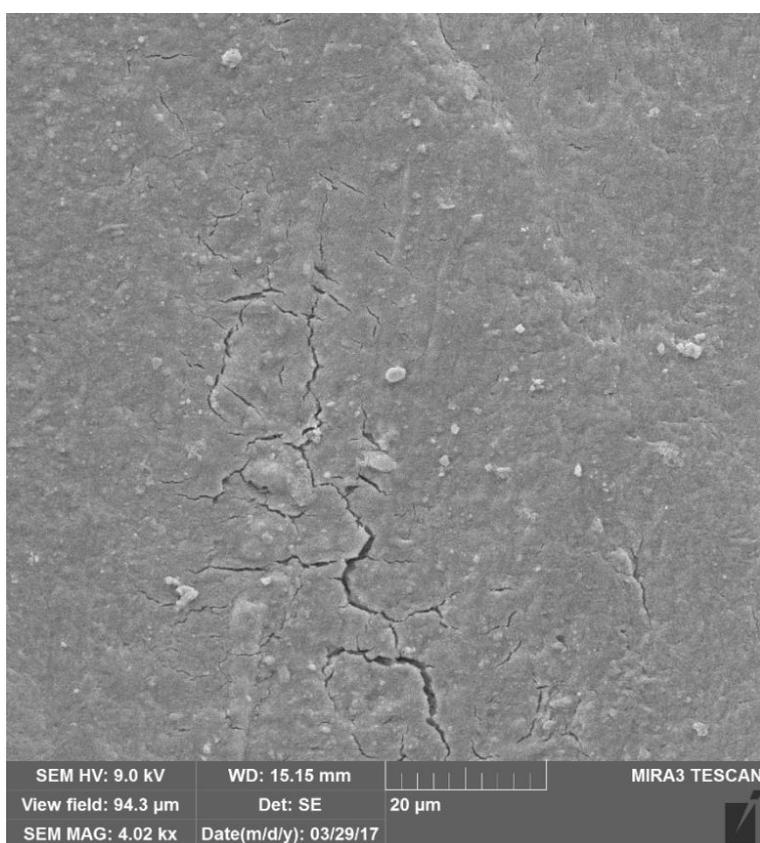


Рис.5. Микрофотография апикальной трети после обработки К-файлами.

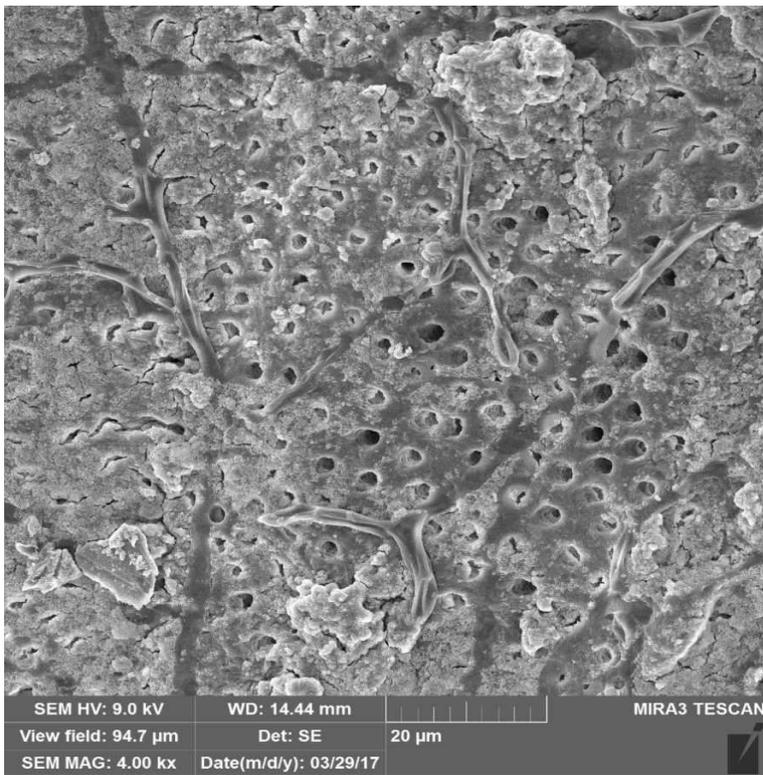


Рис. 6. Микрофотографии апикальной трети после обработки К-файлами

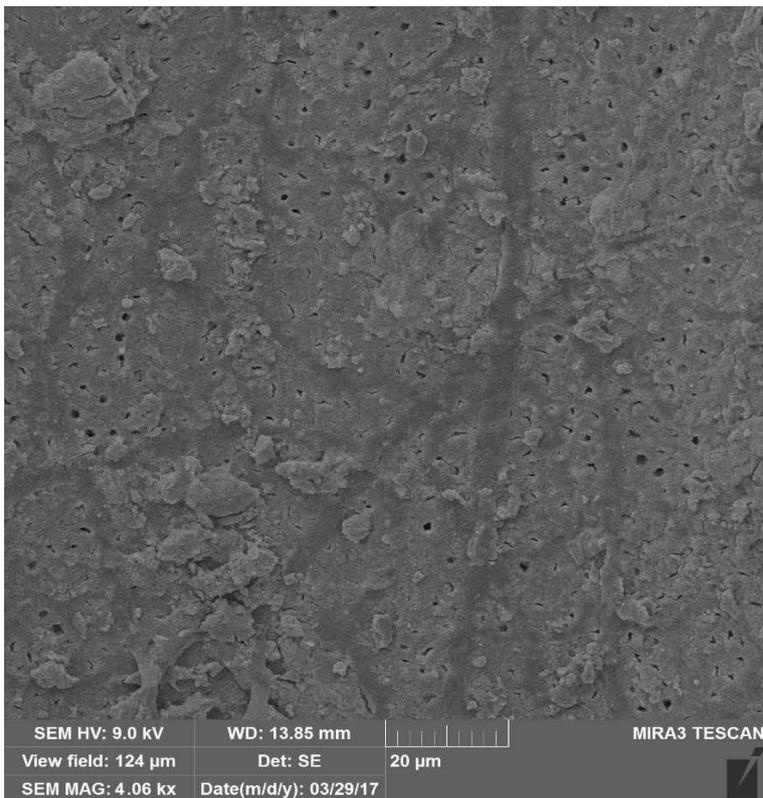


Рис. 7. Микрофотография средней трети после обработки К-файлами

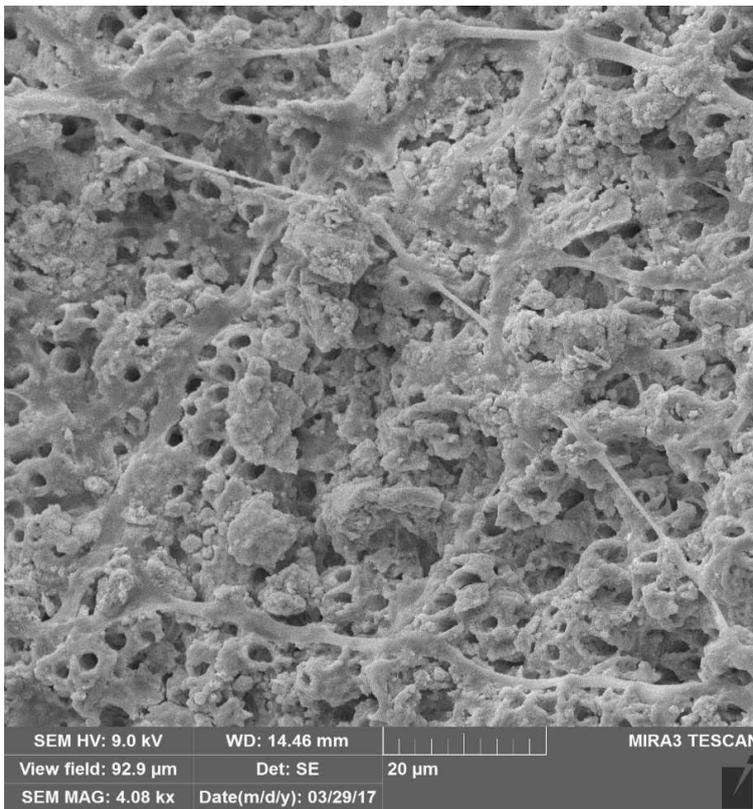


Рис.8. Микрофотография средней трети после обработки К-файлами

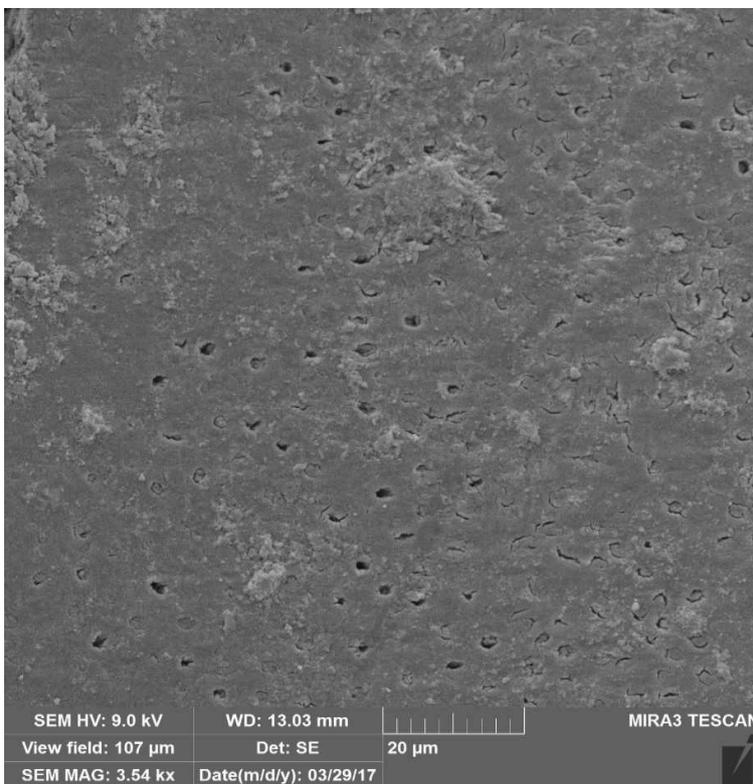


Рис. 9. Микрофотография апикальной трети после обработки машинными инструментами Profile

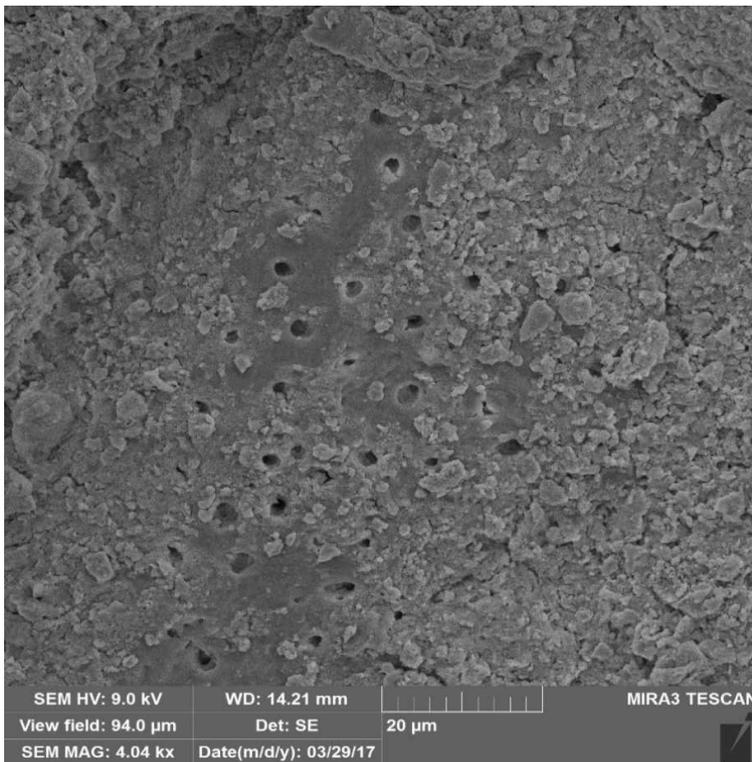


Рис. 10. Микрофотографии апикальной тети после обработки машинными инструментами Profile

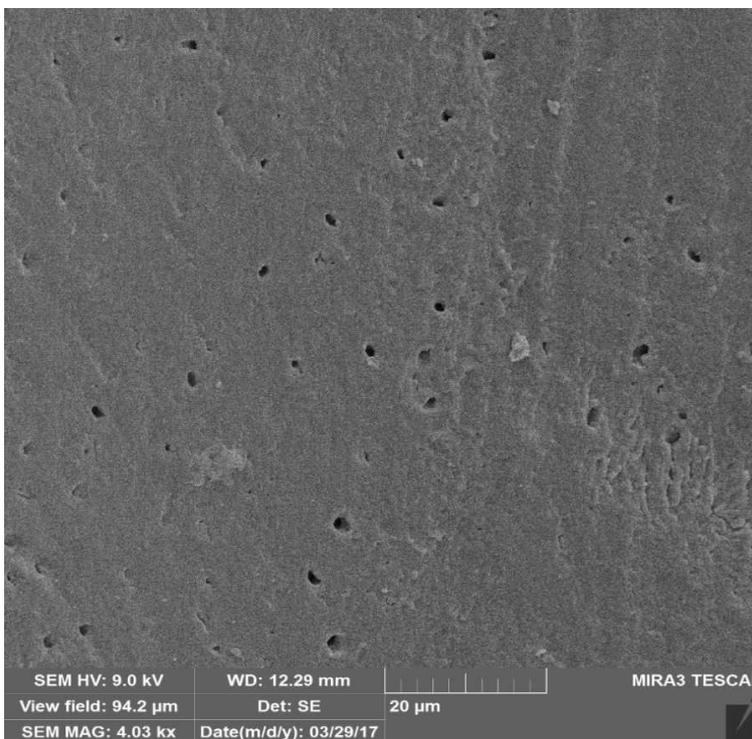


Рис. 11. Микрофотография средней трети после обработки машинными инструментами Profile

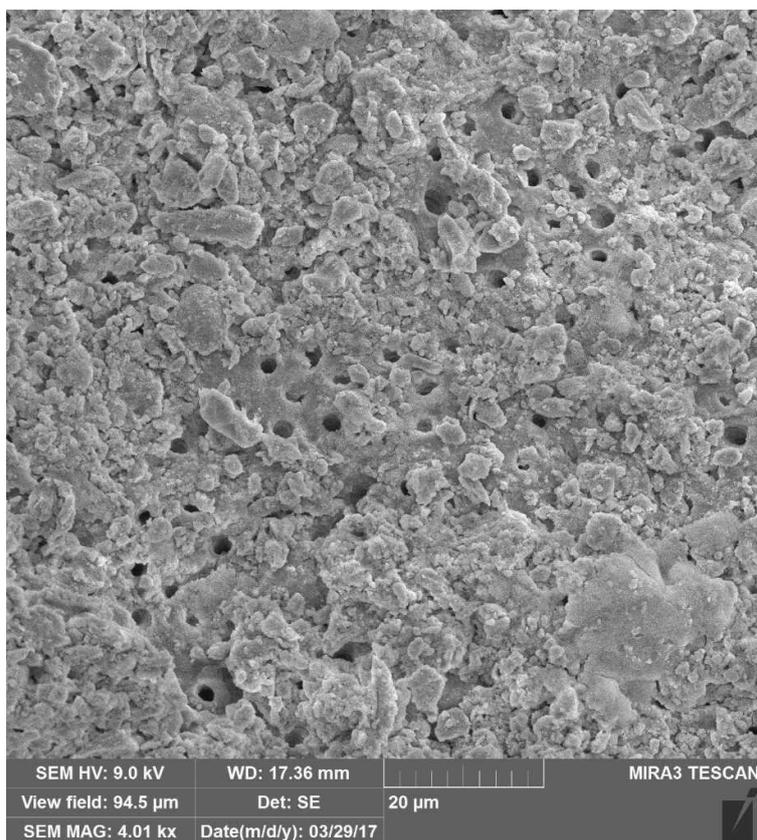


Рис. 12. Микрофотография средней трети после обработки машинными инструментами Profile

3.2 Статистическая обработка результатов

Все полученные микрофотографии были распределены по баллам и в процентном соотношении для каждого инструмента в апикальной и средней трети корневого канала:

Табл.1

Апикальная треть после обработки К-файлами.

Баллы	1	2	3	4	5	6
Количество микрофотографий (на уровне 1 мм)	1	1	1	0	4	8

Табл.2

Средняя треть после обработки К-файлами.

Баллы	1	2	3	4	5	6
Количество микрофотографий (на уровне 5мм)	1	1	0	1	3	9

Табл.3

Апикальная треть после обработки инструментами Profile.

Баллы	1	2	3	4	5	6
Количество микрофотографий (на уровне 1мм)	2	3	1	1	4	4

Табл.4

Средняя треть после обработки инструментами Profile.

Баллы	1	2	3	4	5	6
Количество микрофотографий (на уровне 5мм)	1	7	2	2	1	2

В процентном соотношении:

Табл.5

Апикальная треть после обработки К-файлами.

Баллы	1	2	3	4	5	6
% микрофотографий	7%	7%	7%	0%	27%	53%

Табл.6

Средняя треть после обработки К-файлами.

Баллы	1	2	3	4	5	6
% микрофотографий	7%	7%	0%	7%	20%	60%

Табл.7

Апикальная треть после обработки инструментами Profile.

Баллы	1	2	3	4	5	6
% микрофотографий	13%	20%	7%	7%	27%	27%

Табл.8

Средняя треть после обработки инструментами Profile.

Баллы	1	2	3	4	5	6
% микрофотографий	7%	46%	14%	14%	7%	14%



Рис. 13 Распределение микрофотографий в процентном соотношении в апикальной трети

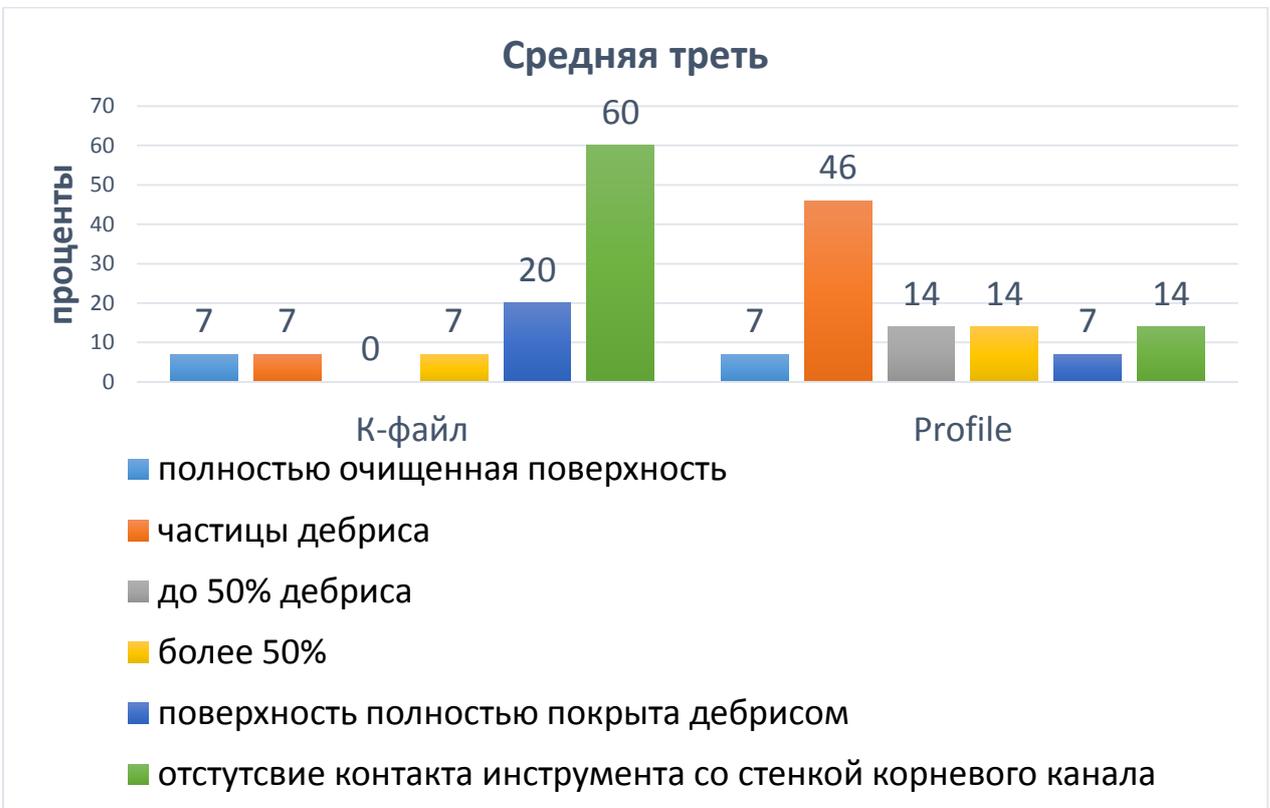


Рис. 14. Распределение микрофотографий в процентном соотношении в средней трети



Рис. 15. Процент микрофотографий с необработанной поверхностью в апикальной трети



Рис. 16. Процент микрофотографий с необработанной поверхностью в средней трети

Найден средний балл для каждой исследуемой группы:

1) Апикальная треть после обработки ручными К-файлами:

$$(1*1+1*2+1*3+0*4+4*5+8*6)/15= 4,9 \text{ балла}$$

2) Апикальная треть после обработки инструментами Profile:

$$(2*1+3*2+1*3+4*5+4*6)/15= 3,9 \text{ балла}$$

3) Средняя треть после обработки ручными К-файлами:

$$(1*1+1*2+0*3+1*4+3*5+9*6)/15= 5 \text{ баллов}$$

4) Средняя треть после обработки инструментами Profile:

$$(1*1+7*2+2*3+2*4+2*6)/15= 3 \text{ балла}$$

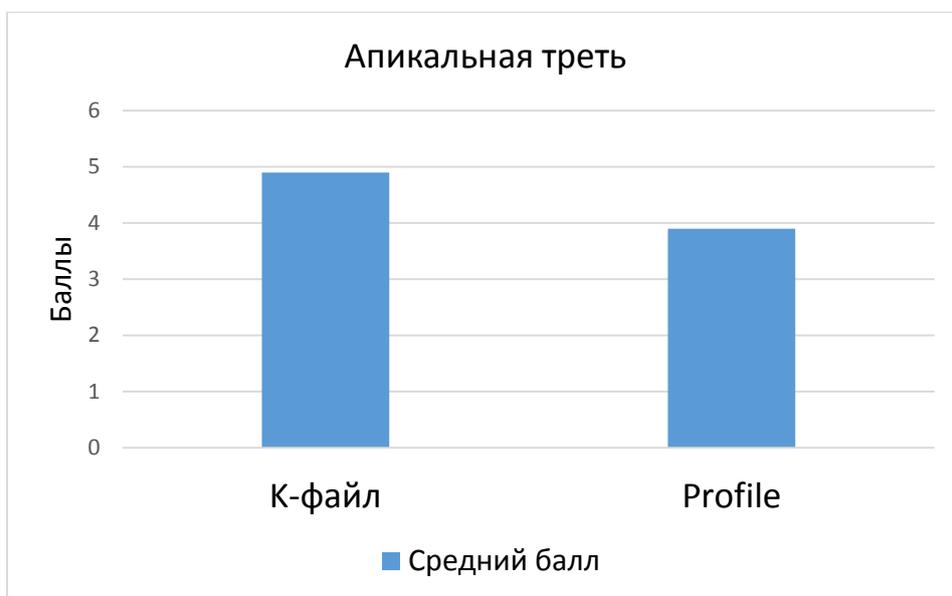


Рис. 17. Средний балл для каждого инструмента в апикальной трети корневого канала

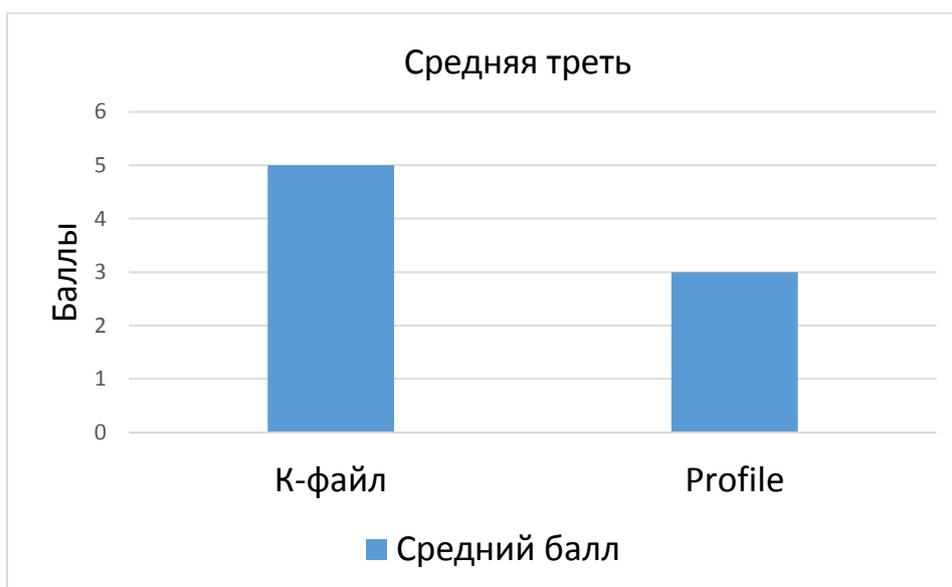


Рис. 18. Средний балл для каждого инструмента в средней трети корневого канала

Для определения статистической значимости различий полученных результатов был использован непараметрический критерий Манна-Уитни для оценки различий между двумя независимыми выборками. Для этого баллы каждого образца, полученные в апикальной и средней трети, были занесены в таблицы. Каждому баллу присвоен ранг. Подсчитана сумма полученных рангов в каждой таблице.

Табл.9

Баллы ручных К-файлов в апикальной трети.

№ образца	Балл	Ранг
1	1	2
2	2	5,5
3	3	8,5
4	5	14,5
5	5	14,5
6	5	14,5
7	5	14,5
8	6	24,5
9	6	24,5
10	6	24,5
11	6	24,5
12	6	24,5
13	6	24,5
14	6	24,5
15	6	24,5
Сумма рангов		270

Табл.10

Баллы машинных инструментов Profile в апикальной трети.

№ образца	Балл	Ранг
1	1	2
2	1	2
3	2	5,5
4	2	5,5
5	2	5,5
6	3	8,5
7	4	10
8	5	14,5
9	5	14,5
10	5	14,5
11	5	14,5
12	6	24,5
13	6	24,5
14	6	24,5
15	6	24,5
Сумма рангов		195

Табл.11

Баллы ручных К-файлов в средней трети.

№ образца	Балл	Ранг
1	1	1,5
2	2	6,5
3	4	14
4	5	17,5
5	5	17,5
6	5	17,5

7	6	25
8	6	25
9	6	25
10	6	25
11	6	25
12	6	25
13	6	25
14	6	25
15	6	25
Сумма рангов		299,5

Табл. 12

Баллы машинных инструментов Profile в средней трети.

№ образца	Балл	Ранг
1	1	1,5
2	2	6,5
3	2	6,5
4	2	6,5
5	2	6,5
6	2	6,5
7	2	6,5
8	2	6,5
9	3	11,5
10	3	11,5
11	4	14
12	4	14
13	5	17,5
14	6	25

15	6	25
Сумма рангов		165,5

Затем было определено эмпирическое значение критерия Манна-Уитни для результатов, полученных в апикальной и средней трети по следующей формуле:

$$U_{emp} = (n_1 * n_2) + \frac{n_x * (n_x + 1)}{2} - T_x,$$

где n_1 – количество образцов в первой группе, n_2 – количество образцов во второй группе, T_x – большая из двух ранговых сумм, n_x – количество образцов в группе с наибольшей ранговой суммой.

Для апикальной трети:

$$U_{emp} = (15 * 15) + \frac{15 * (15 + 1)}{2} - 270 = 75;$$

Для средней трети:

$$U_{emp} = (15 * 15) + \frac{15 * (15 + 1)}{2} - 299,5 = 44,5.$$

При сравнении результатов между ручными и машинными инструментами в апикальной трети табличный U-критерий Манна-Уитни равен 75. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет 64. $75 > 64$, следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически не значимы.

При сравнении результатов между ручными и машинными инструментами в средней трети табличный U-критерий Манна-Уитни равен 45,5. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет 64. $45,5 < 64$, следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы.

Вывод:

При изучении эффективности обработки корневых каналов ручными стальными К-файлами и машинными никель-титановыми инструментами Profile было выяснено, что в апикальной трети различия полученных данных статистически не значимы. В средней трети разница в эффективности данных инструментов имеет статистическую значимость. Следовательно, использование машинных инструментов Profile является более предпочтительным в плане эффективности очищения корневого канала.

3.3. Заключение

В данном исследовании сравнивалась эффективность очищения корневого канала такими инструментами как ручные стальные К-файлы и машинные никель-титановые инструменты Profile. Основное значение придавалось изучению эффективности инструментов, поэтому в качестве ирриганта было использовано небольшое количество раствора гипохлорита натрия, а для облегчения прохождения – гель ЭДТА. В задачу исследования не входило определение количества смазанного слоя, в связи с чем не был использован раствор ЭДТА для устранения смазанного слоя на заключительном этапе обработки корневого канала.

В результате исследования был сделан вывод, что в средней трети имеется статистическая значимость разницы между обработкой двумя видами инструментов. В апикальной трети статистическая значимость не обнаружена. Было найдено одно ранее проведенное исследование по сравнению эффективности данных инструментов. В нем авторы не обнаружили статистически значимой разницы в очищающей способности между двумя видами инструментов ни в одной исследуемой области. Такое различие можно объяснить тем, что в исследованиях использовалась разная последовательность инструментации корневых каналов, разный протокол

ирригации. Также для исследования были выбраны зубы разной групповой принадлежности с различным уровнем кривизны каналов. Все эти факторы могли оказать влияние на расхождение результатов.

На основании имеющейся литературы было изучено строение ручных К-файлов и машинных инструментов Profile. Ручные К-файлы имеют квадратную форму поперечного сечения с постоянным ходом витков. Машинные инструменты Profile в поперечном сечении U-образной формы с тремя канавками для накопления дентинных опилок. Эти инструменты имеют наименьшую режущую эффективность среди машинных инструментов за счет наличия направляющих ленточек, которые удаляют дентин со стенок корневого канала не путем резания, а благодаря трению. Несмотря на это конструкция таких инструментов за счет маленького внутреннего диаметра поперечного сечения и наличия глубоких канавок позволяет удалять большее количество дентинных опилок, чем ручные файлы, что было доказано в проведенном исследовании. Также можно отметить, что факт наличия маленького внутреннего диаметра поперечного сечения позволяет использовать инструменты Profile в изогнутых корневых каналах с минимальным риском поломки инструмента среди других машинных инструментов, так как этот параметр определяет высокую устойчивость к торсионным нагрузкам за счет большой гибкости.

Также следует указать на то, что конусность инструментов влияет на степень очистки корневого канала. В этом исследовании было выяснено, что конусность ручных инструментов не позволяет качественно очистить канал, так как было обнаружено большое количество участков, где отсутствовал контакт инструмента со стенкой корневого канала и присутствовали пульпарные ткани. При обработке инструментами Profile финальная конусность инструментов составила 6 градусов, что показало лучший результат в плане очищения корневого канала. Но несмотря на большую эффективность по сравнению с ручными инструментами, при

микроскопическом исследовании были также обнаружены участки, где не было контакта инструмента с поверхностью корневого канала. Эти результаты могут быть связаны с различной морфологией корневых каналов, так как известно, что она редко бывает круглой формы и не соответствует конфигурации инструментов. На микрофотографиях были отчетливо видны такие области, где визуализировался переход обработанных участков, покрытых смазанным слоем к участкам с шероховатой поверхностью, где инструмент не касался стенки корневого канала.

3.4. Практические рекомендации

На основании проведенного исследования можно дать следующие практические рекомендации:

- 1) Для улучшения эффективности обработки корневых каналов необходимо использовать инструменты с конусностью 4 и 6 градусов
- 2) Для повышения качества эндодонтического лечения применять эффективный протокол ирригации с заключительным промыванием раствором ЭДТА и использованием ультразвука для устранения смазанного слоя.

Список литературы

Книги:

- 1) Бердженхолц Г., Хорстед-Биндслев П., Рейт К.(2013). *Эндодонтология*. Москва: Таркомм. - 408 с.
- 2) Николаев А.И., Цепов Л. М. (2001). *Практическая терапевтическая стоматология*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский институт стоматологии. - 391 с.
- 3) Петрикас, А. Ж. (2006). *Пульпэктомия. Учебное пособие для стоматологов и студентов. — 2-е изд.* Москва: АльфаПресс. - 300 с.
- 4) Рикуччи Д., Сикейра Ж. (2015). *Эндодонтология. Клинико-биологические аспекты*. Москва: Азбука. - 415 с.
- 5) Тронстад Л. (2009). *Клиническая эндодонтия*. Москва: МЕДпресс-информ. - 288 с.
- 6) Hargreaves K. M., Berman L. B. (2016). *COHEN'S PATHWAYS OF THE PULP, Eleventh Edition* . - 928 с.
- 7) T.McSpadden, J. (2007). *Mastering Endodontic Instrumentation*. Chattanooga: Cloudland Institute.

Статьи из журналов:

- 8) Ahn S.Y., Kim H.C., Kim E. (2016). Kinematic Effects of Nickel-Titanium Instruments with Reciprocating or Continuous Rotation Motion: A Systematic Review of In Vitro Studies.42(7): *Journal of endodontics*. p.1009-17.
- 9) Behrend G.D. (1996). An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. *International Endodontics Journal* 29: p.99.

- 10) Bryant S.T. (1999). Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *International Endodontic Journal* 2:p.155.
- 11) Bryant S.T. (1998). Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *International Endodontic Journal* 31:p.275.
- 12) Bürklein S, Benten S, Schäfer E. (2014). Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo.47(5). *International endodontic journal* p.405-9.
- 13) Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. (2013). Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. 39(4). *Journal od endodontics* p.501-4.
- 14) Cobankara F.K. (2004). Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *Journal of Endodontics* 30:p.406.
- 15) Dane A., Capar I.D., Arslan H., Akçay M., Uysal B. (2016). Effect of Different Torque Settings on Crack Formation in Root Dentin. 42(2). *Journal of endodontics* p.304-6.
- 16) De-Deus G., Neves A., Silva E.J., Mendonça T.A., Lourenço C., Calixto C., Lima E.J. (2015). Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. 19(2). *Clinical oral investigations* p.357-61.
- 17) De-Deus G.A., Nogueira Leal Silva E.J., Moreira E.J., de Almeida Neves A., Belladonna FG3, Tameirão M2. (2014). *Assessment of apically extruded debris produced by the self-adjusting file system.*40(4):. *Journal of endodontics* p.526-9.

- 18) Dietz DB1, Di Fiore PM, Bahcall JK, Lautenschlager EP. (2000). Effect of rotational speed on the breakage of nickel-titanium rotary files. 26(2). *Journal od endodontics p.68-71.*
- 19) Economides N. (1999). Long-term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *Journal of Endodontics 25:p.123.*
- 20) Elmsallati E.A., Wadachi R., Suda H. (2009). Extrusion of debris after use of rotary nickel-titanium files with different pitch: a pilot study. 35(2). *Australian endodontic journal p.65-9.*
- 21) Farmakis E.T., Sotiropoulos G.G., Abràmovitz I., Solomonov M. (2016). Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. *Clinical oral investigations p.2131-2138.*
- 22) Gary S.P. Cheung (2007). Instrument fracture: mechanisms, removal offragments and clinical outcomes. *Endodontic Topics 16: p. 1-26.*
- 23) Hoppe C.B., Böttcher D.E., Justo A.M., Só M.V., Grecca F.S.. (2016). Comparison of curved root canals preparation using reciprocating, continuous and an association of motions.38(5). *Scanning p.462-468.*
- 24) Jalali S., Eftekhar B., Paymanpour P., Yazdizadeh M., Jafarzadeh M. (2015). Effects of Reciproc, Mtwo and ProTaper Instruments on Formation of Root Fracture.10(4). *Iranian endodontic journal p. 252-5.*
- 25) Khademi A (2015). Scanning Electron Microscopic Evaluation of Residual Smear Layer Following Preparation of Curved Root Canals Using Hand Instrumentation or Two Engine-Driven Systems. *Iran Endodontic Journal 10 p.236-239.*
- 26) Koçak S., Koçak M.M., Sağlam B.C., Türker S.A., Sağsen B., Er Ö. (2013). Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-

- file, and 2 rotary instrumentation systems.39(10): *Journal of endodontics* p.1278-80.
- 27) Kouvas V. (1998). Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endodontics and Dental Traumatology* 14 p.191.
- 28) Leonard J.E. (1996). Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *International Endodontics Journal* 2 p.76.
- 29) Machtou D. (1997). Utilisation raisonnee des Profile 1997.
- 30) Manjunatha M., Annapurna K., Sudhakar V., Sunil Kumar V., Hiremath V.K., Shah A. (2013). Smear Layer Evaluation on Root Canal Preparation with Manual and Rotary Techniques using EDTA as an Irrigant: A Scanning Electron Microscopy Study.5(1) *Journal of international oral health* p.66-78.
- 31) Metzger Z., Teperovich E., Zary R., Cohen R., Hof R. (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation.36(4). *Journal of endodontics* p.679-90.
- 32) Moazzami F., Khojastepour L., Nabavizadeh M., Seied Habashi M. (2016). Cone-Beam Computed Tomography Assessment of Root Canal Transportation by Neoniti and Reciproc Single-File Systems. 11(2). *Iranian endodontic journal* p.96-100.
- 33) Ørstavik D. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontic Dental Traumatology* 6 p.142.

- 34) Paque F. (2010). Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 36 p.703-707.
- 35) Pashley D.H. (1992). Smear layer: overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society* 88 p.215.
- 36) Pedullà E., Plotino G., Grande N.M., Scibilia M., Pappalardo A., Malagnino V.A., Rapisarda E. (2014). Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of Mtwo instruments 47(6). *International endodontic journal* p.514-9.
- 37) Perez F. (1993). In vitro study of the penetration of three bacterial strains into root dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology* 76 p.97.
- 38) Peters O.A. (2001). Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal* 34 p.221-230.
- 39) Prati C. (2004). Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clinical Oral Investigations* 8 p. 102-110.
- 40) Reddy E.S. (2013). Cleaning efficiency of anatomic endodontic technology, ProFile System and Manual Instrumentation in oval-shaped root canals: an in vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 14 p. 629-934.
- 41) Reddy J.M. (2014). Smear layer and debris removal using manual Ni-Ti files compared with rotary Protaper Ni- Ti files - An In-Vitro SEM study. *Journal International Oral Health* 6 p. 89-94.
- 42) Reddy K.B., Dash S., Kallepalli S., Vallikanthan S., Chakrapani N., Kalepu V. (2013). A comparative evaluation of cleaning efficacy (debris and smear

- layer removal) of hand and two NiTi rotary instrumentation systems (K3 and ProTaper): a SEM study. 14(6). *Journal of contemporary dental practice* p.1028-35.
- 43) Reddy S.A., Hicks M.L. (1998). Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques.24(3). *Journal of endodontics* p.180-3.
- 44) Roane J.B., Sabala C.L., Duncanson M.G. Jr. (1985). The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. 11(5). *Journal od endodontic* p.203-11.
- 45) Sabins R.A. (2003). A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics* 29 p.674.
- 46) Schäfer E., Oitzinger M. (2008). Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments.34(2): *Journal of endodontics* p.198-200.
- 47) Sen B.H. (1995). Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endodontics Dental Traumatology journal* 11 p.6.
- 48) Shahravan A. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics* 33 p.96.
- 49) Solomonov M., Paqué F., Fan B., Eilat Y., Berman L.H. (2012). The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper.38(2). *Journal of endodontics* p.209-14.
- 50) Spanberg L. (2001). The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surgey Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology* 92 p.479.

- 51) Thompson S.A. (1997). Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *International Endodontic Journal* 30 p.1.
- 52) Vahid A., Roohi N., Zayeri F. (2009). A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length.35(2). *Australian endodontic journal* p.93-7.
- 53) Versluis A., Kim H.C., Lee W., Kim B.M., Lee C.J. (2012). Flexural stiffness and stresses in nickel-titanium rotary files for various pitch and cross-sectional geometries.38(10). *Journal of endodontics* p.1399-403.
- 54) Vertucci F. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. 58(5). *Oral surgery, oral medicine and oral pathology* p.589-99.
- 55) Wennberg A. (1990). Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontics Journal* 23 p.13.
- 56) White R.R. (1984). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics* 10 p.558.
- 57) Yared G. (2008). Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. 41(4). *International endodontic journal* p.339-44.
- 58) Yared G.M., Bou Dagher F.E., Machtou P. (2001). Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures.34(1). *International endodontic journal* p.47-53.
- 59) Беляева Т.С., Ржанов Е.А. (2010). Конструктивные особенности вращаемых (ротационных) эндодонтических инструментов. *Эндодонтия*; 4(3- 4): с. 3-12.

- 60) Беляева Т.С., Ржанов Е.А. (2012). Исследование конструктивных параметров системы ротационных эндодонтических инструментов Profile. *Эндодонтия today*, 04, с. 9-17.
- 61) Максимовский Ю.М., Григорян А.С., Гаджиев С.С. (2004). Влияние степени удаления смазанного слоя на эффективность эндодонтического лечения зубов с хроническим верхушечным периодонтитом. *Эндодонтия today*, 3-4, с. 3-9.
- 62) Минченя О.В., Яцук А. И., Григорьев С. В. (2013). Эффективность удаления смазанного слоя при химико-механическом препарировании корневого канала ручными и вращающимися инструментами: электронно-микроскопическое исследование. *Стоматологический журнал №2* с.45-47.