

# Морфометрический анализ рабочей поверхности инструментов группы XP-endo после препарирования каналов корня

Митронин А. В., д.м.н. профессор, зав. кафедрой

Останина Д. А., аспирант

Митронин Ю. А., студент

Кафедра кариесологии и эндодонтии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

## Резюме

**Цель.** В последние десятилетия в области эндодонтии появилось множество новых разработок. В частности, создание никель-титанового сплава MaxWire, который обладает двумя фундаментальными свойствами – суперэластичностью и памятью формы, позволило компании FKG Dentaire SA представить инструменты нового поколения. Целью исследования было изучение морфологии поверхности никель-титановых файлов XP-Endo Shaper, XP-Endo Finisher и XP-Endo Finisher R (FKG, La-Chaux-de-Fon, Швейцария) до и после препарирования корневых каналов, а также при воздействии ирригационных растворов и процедуры стерилизации в условиях эксперимента.

**Материалы и методы.** Всего было использовано 18 инструментов, которые были разделены на три основные группы ( $n = 6$ ). Корневые каналы 45 удаленных нижних моляров были обработаны эндодонтически в соответствии с традиционным протоколом лечения. Поверхностные изменения инструментов были изучены методом сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа.

**Результаты.** По данным СЭМ, были выявлены следующие морфометрические изменения поверхности инструментов: пластические деформации, микротрещины, глубокие вмятины, нарушение целостности режущего края, перелом инструмента, в то время как по данным ЭДС анализа в элементном составе инструментов были обнаружены пики Ni, Ti, Si, O. Инструменты группы XP-endo Finisher и XP-endo Finisher R продемонстрировали значительные ухудшения после трех раз применения. У файлов XP-endo Shaper выявлено статистически более высокое количество повреждений поверхности только после пятикратного использования ( $P < 0,05$ ). Файлы группы XP-endo имеют высокий запас прочности при сохранении эффективности режущих граней до трехкратного использования. Помимо никеля и титана в элементном составе инструментов присутствуют другие соединения, что может оказывать влияние на повышенную прочность и выносливость инструментов.

**Ключевые слова:** эндодонтические инструменты, XP-endo Shaper, XP-endo Finisher, морфология поверхности инструмента, дефекты, сканирующая электронная микроскопия.

**Для цитирования:** Морфометрический анализ рабочей поверхности инструментов группы XP-endo после препарирования каналов корня. Митронин А. В., Останина Д. А., Митронин Ю. А. Эндодонтия today. 2019; 17(2):9-16. DOI: 10.33925/1683-2981-2019-17-2-9-16.

## Основные положения:

1. После однократного использования инструментов группы XP-endo не было выявлено нарушения геометрии файлов и морфометрических изменений их поверхности.

2. Такие дефекты, как пластическая деформация, микротрещины, глубокие вмятины, нарушение целостности режущего края, перелом инструмента были выявлены только после трехкратного применения инструментов, что подтверждает высокий запас прочности файла и возможность его безопасного применения.

## Morphometric analysis of surface changes in XP-endo group files after root canal instrumentation

A. V. Mitronin, PhD, MD, professor, head of the department

D. A. Ostanina, researcher

Yu. A. Mitronin, student

Department of Cariology and Endodontics

Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education «A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

## Abstract

**Aim.** In the last decades, the field of Endodontics has seen a number of developments. In particular, the creation of the nickel-titanium MaxWire alloy with two fundamental prosperities such as superelasticity and shape memory allow to FKG Dentaire SA to create a completely new generation of instruments. This study aimed to investigate the surface changes of XP-Endo Shaper, XP-Endo Finisher and XP-Endo Finisher R files before and after several uses in vivo as well as after they were immersed in irrigation solutions and sterilization procedures.

**Material and methods.** A total of 18 instruments were used, which were divided into 3 main groups ( $n = 6$ ). Root canals of 45 extracted mandibular molars were selected and instrumented according to the traditional protocol. The instruments' surface changes were analysed by scanning electron microscopy (SEM) and X-ray energy-dispersive spectroscopy (EDS).

**Results.** Morphometric changes such as the presence of machining grooves, plastic deformation, microcracks, craters, disruption of the cutting edges and fracture could be visualized by SEM on instruments' surfaces and EDS revealed the existence of Ni, Ti, Si, O. XP-endo Finisher/R groups showed significant deteriorations after the third use. XP-endo Shaper files exhibited a statistically higher number of surface deteriorations after the fifth use ( $P < 0.05$ ). It appears that XP-endo group files have a high margin of working capacity and durability as they keep effectiveness up to the third time they have been used. In addition to nickel and titanium, other compounds are present in the elemental composition of these instruments, which can have an impact on the increased strength and endurance of the instruments.

**Key words:** endodontic files, XP-endo Shaper, XP-endo Finisher, surface morphology, defects, scanning electron microscopy.

**For citation:** A.V. Mitronin, D.A. Ostanina, Yu.A. Mitronin. Morphometric analysis of surface changes in XP-endo group files after root canal instrumentation *Endodontology today*. 2019;17(2):9-16. DOI: 10.33925/1683-2981-2019-17-2-9-16.

#### Highlights:

1. No surface changes and lost of geometry was observed after single use of XP-endo group files.
2. Surface deteriorations such as plastic deformation, microcracks, craters, disruption of the cutting edge, fracture were detected only after the third use; it confirms that XP-endo group files have a high margin of working capacity and durability.

#### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в области эндодонтии появилось множество новых разработок. Использование передовых технологий облегчает инструментальную обработку корневых каналов, что положительно сказывается на достижении биологических целей при лечении заболеваний пульпы. Несмотря на это, в настоящее время наблюдается высокий процент осложнений после проведенного эндодонтического лечения зубов [1-4]. По данным ряда авторов, отлом ручных и вращающихся инструментов в системе корневых каналов составляет приблизительно 15% от общего числа ошибок и осложнений [5]. Основными причинами поломки инструментов являются торсионная нагрузка, циклическая усталость и морфологические изменения поверхности инструмента [6].

Компания FKG Dentaire SA (La Chaux-de-Fonds, Швейцария) является разработчиком запатентованного сплава MaxWire®, обладающего двумя фундаментальными свойствами – суперэластичностью и памятью формы. Это позволило компании представить новое поколение инструментов – XP-endo Shaper и XP-endo Finisher/ XP-endo Finisher R. В отличие от других эндодонтических инструментов, они реагируют на изменения температуры, принимая заданную форму в канале при температуре тела [7].

XP-endo Shaper – новейший инструмент в линейке XP-endo, который позволяет радикально упростить процедуру расширения корневых каналов с помощью одного инструмента. Обладая изначально конусностью 0.1 и нестандартным дизайном (рис. 1), XP-endo Shaper в корневом канале меняет форму и приобретает конусность минимум 0.4, в результате чего площадь соприкосновения инструмента со стенками корневых каналов увеличивается на 38% по сравнению со стандартными вращающимися файлами [8]. Данный инструмент позволяет приступить к инструментации корневых каналов после создания «ковровой дорожки» до размера 15 по ISO и постепенно

расширить канал до размера 30.04. Особенности XP-endo Shaper позволяют ограничить нагрузку как на сам инструмент, так и на стенки корневого канала за счет непрерывного вращения на высокой скорости (рекомендуемая скорость работы 800 об./мин.) и минимального торка. Это позволяет снизить вероятность отлома инструмента и количество микротрещин дентина корня, а также значительно уменьшить нагрузку на зуб в процессе лечения.

XP-endo Finisher – исключительно гибкий инструмент, при вращении заполняющий все свободное пространство корневых каналов за счет своей необычной геометрии (рис. 2). XP-endo Finisher благодаря небольшому размеру (ISO 25) и нулевой конусности удаляет инфицированный дентин, не изменяя начальную анатомическую форму корневых каналов. Инструмент является универсальным и может быть использован после инструментальной подготовки корневых каналов до размера 25 по ISO с помощью любой эндодонтической системы. Кроме того, данный инструмент представляет особый интерес для механической минимально-инвазивной очистки стенок корневых каналов от смазанного слоя [9].

Инструмент XP-endo Finisher R применяется при перелечивании корневых каналов. Он имеет немного больший диаметр рабочей части, чем XP-endo Finisher, что придает ему большую жесткость и позволяет эффективно удалять остатки пломбировочного материала со стенок корневых каналов (рис. 3).

Специфическая заданная форма и высокая гибкость позволяют этим инструментам сжиматься и расширяться внутри канала, обрабатывая участки, которых другие инструменты не могут достичь. Небольшой диаметр и малая конусность делает инструменты из сплава MaxWire® чрезвычайно устойчивыми к циклической усталости. Однако, по рекомендациям производителя, инструменты группы XP-endo предназначены только для одноразового использования. Все перечисленные свойства по-



Рис. 1. Инструмент XP-endo Shaper  
Fig. 1. XP-endo Shaper



Рис. 2. Инструмент XP-endo Finisher  
Fig. 2. XP-endo Finisher



Рис. 3. Инструмент XP-endo Finisher R  
Fig. 3. XP-endo Finisher R

звolyют обеспечивать обработку корневых каналов со сложной анатомией быстро и безопасно, в значительной степени сохраняя структуру зуба.

На сегодняшний день успех эндодонтического лечения напрямую зависит от понимания и учета физико-механических свойств эндодонтических инструментов, а также от контроля срока их эксплуатации [10, 11].

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить поверхность никель-титановых файлов группы XP-endo до и после препарирования корневых каналов в условиях эксперимента, а также оценить влияние ЭДТА, 3% раствора гипохлорита натрия и процедуры стерилизации на изменение морфологии поверхности инструментов.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования были инструментально обработаны 90 мезиальных и 45 дистальных корневых канала 45 удаленных нижних моляров, из которых 15 зубов имели obturированную гуттаперчей систему корневых каналов. Отбор корневых каналов проводили по методике Pruett et al. (1997); в исследование были включены корневые каналы, имеющие только один небольшой изгиб (от 150 до 300). Предварительно зубы хранились в изотоническом растворе.

#### Методика инструментальной обработки корневых каналов

При проведении исследования были использованы 18 инструментов группы XP-endo, которые были разделены на три основные группы:

1. Группа XP-endo Shaper, n = 6 (21 мм, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария).
2. Группа XP-endo Finisher, n = 6 (21 мм, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария).
3. Группа XP-endo Finisher R, n = 6 (21 мм, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария).

**Методика подготовки зубов 1-й группы** включала создание полости доступа, первичную навигацию системы корневых каналов К-файлом 10.02 (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария), расширение устьев корневых каналов с помощью инструмента PreRace (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария). Рабочую длину фиксировали на 1 мм короче длины, зафиксированной в момент появления кончика инструмента в области апикального отверстия зуба. Затем с помощью ручного инструмента К-файла 15.02 (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария) была создана ковровая дорожка. Далее осуществлялось препарирование корневых каналов инструментом XP-endo Shaper на всю рабочую длину в сочетании с традиционным протоколом ирригации (17% EDTA и 3% раствор гипохлорита натрия). Для работы с файлами использовали эндодонтический мотор Rooter (FKG Dentaire SA) со скоростью вращения 800 об./мин. Инструментальная обработка всех корневых каналов данной группы была проведена исследователем №1. После однократного использования инструментов была проведена процедура дезинфекции и стерилизации. Затем повторно каждым инструментом были обработаны в общей сложности 12 корневых каналов. Между инструментальной обработкой разных зубов файлы погружались в ультразвуковую мойку на 5 минут для дезинфекции и очищения от дебриса.

**Методика подготовки зубов 2-й группы** включала аналогичный первой группе алгоритм подготовки зубов до инструментальной обработки корневых ка-

налов. После создания ковровой дорожки осуществлялось препарирование корневых каналов системой инструментов BioRace (FKG Dentaire SA) в рекомендуемой последовательности до размера 25.04 (BR1 + BR2) в сочетании с традиционным протоколом ирригации (17% EDTA и 3% раствор гипохлорита натрия). Для работы с формирующими файлами использовали эндодонтический мотор Rooter (FKG Dentaire SA) со скоростью вращения 600 об./мин. В систему корневых каналов с помощью эндодонтического шприца был введен подогретый до 37° 3% раствор гипохлорита натрия. Далее был использован инструмент XP-endo Finisher (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария) со скоростью вращения 800 об./мин. в течение 1 минуты. Инструментальная обработка всех зубов данной группы была проведена исследователем №2. Порядок процедур дезинфекции и стерилизации выполнялся аналогично схеме в первой группе исследования.

**Методика подготовки зубов 3-й группы** включала удаление старой реставрации, создание полости доступа, поиск устьев obturированных корневых каналов. Распломбирование корневых каналов проводили с помощью системы инструментов D-Race (FKG Dentaire SA) в сочетании с традиционным протоколом ирригации (17% EDTA и 3% раствор гипохлорита натрия) и материалом для размягчения гуттаперчи «Гуттапласт» («ОмегаДент», Россия). После удаления основного объема гуттаперчи в систему корневых каналов с помощью эндодонтического шприца вводили 3% раствор гипохлорита натрия, подогретый до 37°; для финишной обработки корневых каналов был использован инструмент XP-endo Finisher R (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Швейцария) со скоростью вращения 800 об./мин. в течение 1 минуты. Инструментальная обработка всех зубов данной группы была проведена исследователем №3. Порядок процедур дезинфекции и стерилизации выполнялся по аналогичной схеме в первой и второй группах исследования.

#### Модель исследования воздействия ирригационных растворов на структуру поверхности инструментов

По одному инструменту из каждой группы были опущены в стеклянные емкости с двумя различными растворами – 3% раствором гипохлорита натрия («ТехноДент», Россия) и жидким 17% EDTA (MD Cleanser, Meta-Biomed, Корея) на 60 минут. После инструменты промывали дистиллированной водой в течение 1 минуты.

#### Сканирующая электронная микроскопия инструментов

Для оценки поверхностных дефектов инструментов была проведена сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионный анализ (СЭМ: Mira 3 FEF SEM, Tescan, Чешская Республика) исследуемых файлов до препарирования, после однократного использования, после однократного использования и процедуры стерилизации, после трехкратного (9 корневых каналов) и пятикратного (12-15 корневых каналов) применения инструментов, а также после 60-минутной выдержки инструментов в ирригационных растворах. Были получены фотографии исследуемых инструментов под различным увеличением: x42 – для оценки общих морфологических изменений; x160 – для оценки геометрии режущих граней; x632 – для оценки дефектов кончика инструментов и микроструктуры поверхности.

Для оценки поверхностных дефектов инструментов был создан определенный ряд критериев, который основывается на типе поверхностных дефектов. Они подразумевают наличие или отсутствие таких видимых повреждений как *микроскопические поверхностные дефекты*, которые определяются как микротрещины режущих граней; *большие вмятины*, которым соответствует наличие крупных вдавлений на поверхности инструмента; *тупые режущие грани*, что характеризуется снижением режущей способности кромки; *разрушение целостности режущих граней*, при котором наблюдается потеря правильной непрерывной формы режущих кромок; *пластическая деформация*, которая определялась как «утраченная» геометрия инструмента; *полный перелом*, при котором происходил отлом инструмента во время испытаний; *наличие остатков дентина* на поверхности инструмента.

Для проведения количественного анализа дефектов поверхности всех инструментов на каждом этапе использования была создана пятибалльная шкала оценки повреждения инструмента по вышеуказанным критериям (таблица 1).

#### Статистический анализ

Для каждого типа дефекта был рассчитан процент встречаемости в зависимости от кратности использования. С целью оценки статистической значимости различий внутри каждой группы использовали крите-

рий  $\chi^2$  Пирсона (критерий хи-квадрат). Результат считался достоверным при  $P < 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поверхности вращающихся инструментов группы XP-endo имели малое количество производственных дефектов до использования. Однако были выявлены морфометрические изменения новых стерильных инструментов в виде неглубоких борозд и насечек в результате заводского фрезерования, преимущественно у инструментов группы XP-endo Finisher R. На поверхности инструментов также была выявлена точечная коррозия и металлический мусор (рис. 4). Стоит отметить, что металлическим мусором являются остатки упаковки блистера, в котором поставляются инструменты. Инородные частицы попадают на поверхность файла при «выдавливании» инструмента из блистера, что невозможно оценить невооруженным глазом. Следовательно, для снижения вероятности загрязнения стерильного инструмента необходимо сделать акцент на аккуратном извлечении файлов из упаковки.

Частота встречаемости поверхностных дефектов, которые были выявлены у инструментов до и после их использования, подробно описаны в таблице 2.

Следующие дефекты были обнаружены для группы файлов XP-endo Shaper: пластические деформации в виде раскручивания инструмента, микротрещины вдоль режущих граней и притупление режущей кромки без нарушения ее целостности (рис. 5). Эти дефекты в ходе контрольно-измерительного анализа наблюдались только после пятикратного использования инструмента (12-15 корневых каналов) с увеличением количества и глубины микротрещин в динамике инструментальной обработки.

Следующие дефекты были обнаружены для группы файлов XP-endo Finisher: пластические деформации, микротрещины, вмятины металла вдоль режущей кромки и нарушение целостности режущего края, перелом инструмента (рис. 6). Эти дефекты наблюдались после инструментальной обработки девяти корневых каналов (трехкратное применение файла).

Следующие дефекты были обнаружены для группы файлов XP-endo Finisher R: микротрещины, вмятины металла вдоль режущей кромки и нарушение целостности режущего края (рис. 7). Эти дефекты наблюдались после инструментальной обработки девяти корневых каналов (трехкратное применение файла), что

Таблица 1. Пятибалльная шкала оценки повреждения инструмента

Table 1. A five-grade superficial defect scale

| Баллы | Критерии                                                                                                                                                                                 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0     | Отсутствие микротрещин, отсутствие глубоких вмятин, отсутствие нарушения целостности режущих граней, отсутствие пластических деформаций на поверхности инструмента. Отсутствие перелома. |
| 1     | Наличие микротрещин / глубоких вмятин / нарушение целостности режущих граней / пластической деформации, которые наблюдаются вдоль одной спирали инструмента.                             |
| 2     | Наличие микротрещин / глубоких вмятин / нарушение целостности режущих граней / пластической деформации, которые наблюдаются вдоль двух спиралей инструмента.                             |
| 3     | Наличие микротрещин / глубоких вмятин / нарушение целостности режущих граней / пластической деформации, которые наблюдаются на двух и более спиралах инструмента.                        |
| 4     | Перелом инструмента                                                                                                                                                                      |

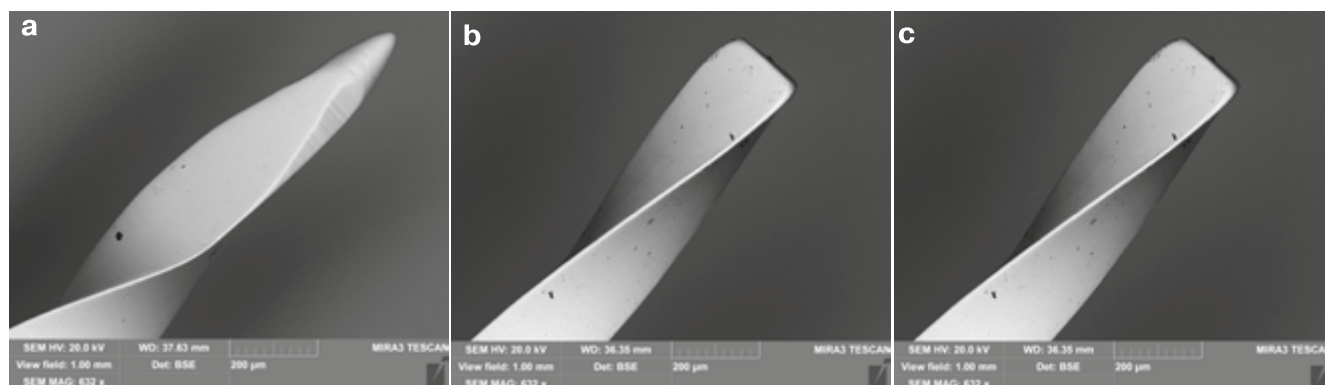
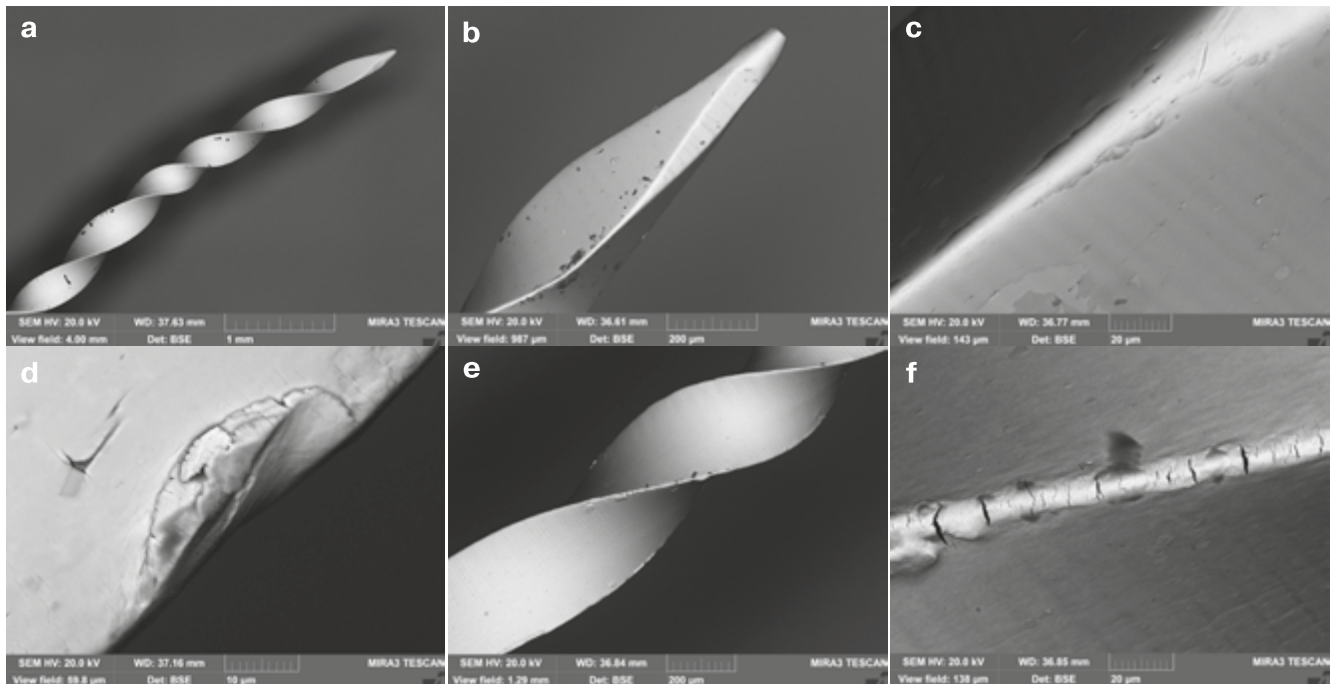


Рис. 4. Сканирующая электронная микроскопия (x632) апикальной части инструментов до использования: а) XP-endo Shaper; б) XP-endo Finisher; в) XP-endo Finisher R

Fig. 4. Scanning electron microscopy (x632) of instruments' apical part before use: а) XP-endo Shaper; б) XP-endo Finisher; в) XP-endo Finisher R

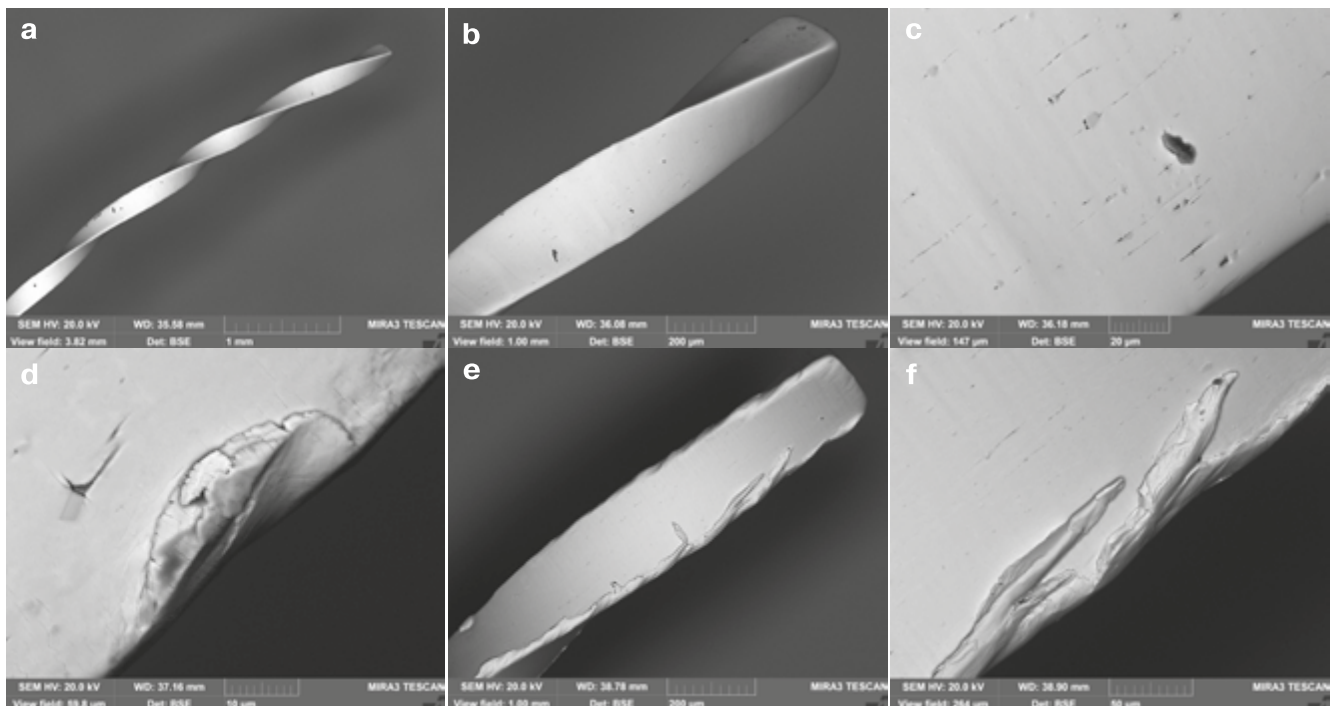
аналогично результатам во 2-й группе исследования. Количество выявленных дефектов на поверхности ин-

струментов значительно увеличилось ( $P < 0,05$ ) при



**Рис. 5. Сканирующая электронная микроскопия инструментов группы XP-endo Shaper: a-b – после однократного использования инструментов; c-d – притупление режущих граней и появление деформаций металла после трехкратного применения; e-f – микротрещины вдоль режущих граней инструмента после пятикратного использования**

*Fig. 5. Scanning electron microscopy of XP-endo Shaper group files: a-b – instruments after single use; c-d – blunt edges and metal deformations after the third use; e-f – microcracks along the cutting edges after the fifth use*



**Рис. 6. Сканирующая электронная микроскопия инструментов группы XP-endo Finisher: a-b – после однократного использования инструментов; c – микротрещины на спиралевидной поверхности инструмента после однократного применения; d-f – вмятины и нарушение целостности режущих граней инструмента после трехкратного применения**

*Fig. 6. Scanning electron microscopy of XP-endo Finisher group files: a-b – instruments after single use; c – microcracks along the spiral instrument shaft after single use; d-f – craters and disruption of cutting edges on instruments' surface after the third use*

**Таблица 2. Количество инструментов и процент встречаемости различных дефектов инструментов до использования, после однократного использования, после однократного использования и процедуры стерилизации, после трехкратного и пятикратного применений**

**Table 2. The number of instruments and the percentage of various defects that were found on instruments' surfaces before use, after a single use, after a single use and sterilization procedure, after three and five uses**

|                                                                   | Микротрещины |        | Глубокие вмя-<br>тины |        | Нарушение<br>целостности<br>режущих<br>граней |        | Тупые режущие<br>границы |       | Пластические<br>деформации |        | Перелом ин-<br>струмента |       |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|--------------------------|-------|----------------------------|--------|--------------------------|-------|
|                                                                   | N = 15       | %      | N = 15                | %      | N = 15                                        | %      | N = 15                   | %     | N = 15                     | %      | N = 20                   | %     |
| XP-endo Shaper                                                    |              |        |                       |        |                                               |        |                          |       |                            |        |                          |       |
| До использования                                                  | 0            | 0,0%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| После однократного использования                                  | 0            | 0,0%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Однократное использование (3 кор-<br>невых канала) + стерилизация | 0            | 0,0%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Трехкратное использование (9 корне-<br>вых каналов)               | 7            | 46,7%  | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 9                        | 60,0% | 5                          | 33,3%  | 0                        | 0,0%  |
| Пятикратное использование (12-15<br>корневых каналов)             | 15           | 100%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 11                       | 73,3% | 9                          | 60,0%  | 0                        | 0,0%  |
| χ² достоверность                                                  | (P < 0,05)   |        | No value              |        | No value                                      |        | (P < 0,05)               |       | (P < 0,05)                 |        | No value                 |       |
| XP-endo Finisher                                                  |              |        |                       |        |                                               |        |                          |       |                            |        |                          |       |
| До использования                                                  | 0            | 0,0%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| После однократного использования                                  | 6            | 40,0%  | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Однократное использование (3 кор-<br>невых канала) + стерилизация | 6            | 40,0%  | 0                     | 0,0%   | 4                                             | 20,0%  | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Трехкратное использование (9 корне-<br>вых каналов)               | 13           | 86,6%  | 9                     | 60,0%  | 13                                            | 86,6%  | 0                        | 0,0%  | 7                          | 46,7%  | 0                        | 0,0%  |
| Пятикратное использование (12-15<br>корневых каналов)             | 15           | 100%   | 15                    | 100,0% | 15                                            | 100,0% | 0                        | 0,0%  | 15                         | 100,0% | 4                        | 20,0% |
| χ² достоверность                                                  | (P < 0,05)   |        | (P < 0,05)            |        | (P < 0,05)                                    |        | No value                 |       | (P < 0,05)                 |        | (P < 0,05)               |       |
| XP-endo Finisher R                                                |              |        |                       |        |                                               |        |                          |       |                            |        |                          |       |
| До использования                                                  | 0            | 0,0%   | 0                     | 0,0%   | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| После однократного использования                                  | 3            | 20,0%  | 3                     | 20,0%  | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Однократное использование (3 кор-<br>невых канала) + стерилизация | 3            | 20,0%  | 3                     | 20,0%  | 0                                             | 0,0%   | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Трехкратное использование (9 корне-<br>вых каналов)               | 12           | 80,0%  | 8                     | 53,3%  | 12                                            | 80,0%  | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| Пятикратное использование (12-15<br>корневых каналов)             | 15           | 100,0% | 15                    | 100,0% | 15                                            | 100,0% | 0                        | 0,0%  | 0                          | 0,0%   | 0                        | 0,0%  |
| χ² достоверность                                                  | (P < 0,05)   |        | (P < 0,05)            |        | (P < 0,05)                                    |        | No value                 |       | No value                   |        | No value                 |       |

их последовательном использовании во всех группах экспериментального исследования.

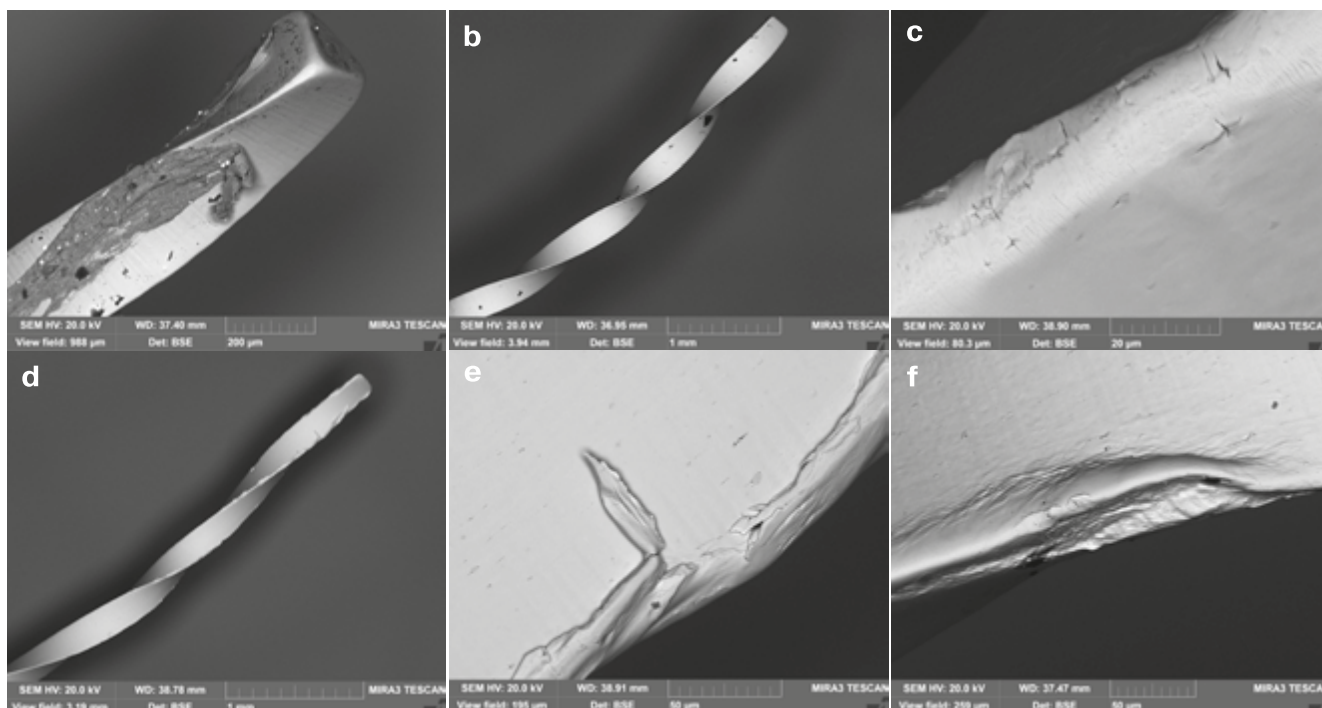
Высокая распространенность поверхностных дефектов наблюдалась в активной средней трети рабочей части инструментов трех групп эксперимента. Снижение встречаемости поверхностных дефектов отмечалось в верхней и апикальной частях рабочей части файлов.

По данным энергодисперсионного анализа, в составе инструментов были обнаружены пики элементов Ni, Ti, Si, O (рис. 8). Наличие дополнительных химических элементов в составе никель-титанового сплава может быть связано с наличием оксидного покрытия на поверхности инструментов.

В ходе эксперимента было выявлено, что в процессе хемомеханической обработки корневых каналов и при погружении инструментов в ирригационные растворы отмечается недостоверное ( $P > 0,05$ ) снижение долевой составляющей Si и O в составе сплава, что может

быть связано с разрушением оксидного слоя на поверхности файлов.

Следует отметить, что наличие поверхностных дефектов на поверхности инструментов (микротрещин, пластической деформации, глубоких вмятин, затупления и разрушения режущих граней) предполагает, что дальнейшее использование инструмента может привести к его отлому в любое время [12-13]. К тому же такие дефекты невозможно оценить невооруженным глазом. В данном исследовании микротрещины наблюдались только при  $\times 632$  увеличении. Глубокие вмятины, притупление режущих граней и нарушение целостности режущей кромки наблюдались при увеличении  $\times 160$ . Пластическую деформацию инструмента можно определить при отсутствии увеличения; инструменты, которые имеют нарушенную геометрию, должны быть немедленно исключены из работы [14-16].



**Рис. 7. Сканирующая электронная микроскопия инструментов группы XP-endo Finisher R: а – после однократного использования, отмечается наличие остатков гуттаперчи; б – после однократного использования и стерилизации; с – микротрещины вдоль режущего края инструмента после трехкратного использования; d-f – глубокие деформации и нарушение целостности режущего края инструментов после трехкратного использования**

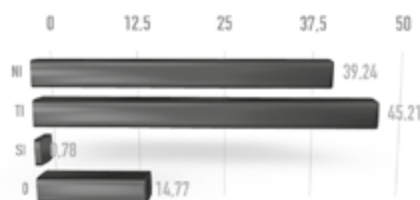
**Fig. 7. Scanning electron microscopy of XP-endo Finisher R group files: a – instrument after single use, gutta-percha residues are noted; b – instrument after single use and sterilization procedure; c – microcracks along the cutting edges after the third use; d-f – deep deformations and disruption of cutting edges on instruments' surface after the third use**

### ВЫВОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным морфометрического анализа инструментов, была выявлена различная степень повреждения поверхности инструментов в зависимости от количества обработанных корневых каналов.

Энергодисперсионный анализ показал, что помимо никеля и титана в элементном составе инструментов присутствуют другие соединения, что может оказывать влияние на повышенную прочность и выносливость инструментов.

Файлы группы XP-endo Finisher/XP-endo Finisher R имеют высокий запас прочности при сохранении



**Рис. 8. Диаграмма распределения элементного состава инструментов группы XP-endo**

**Fig. 8. A diagram shows the elemental composition of XP-endo group files**

эффективности режущих граней до трехкратного использования; файлы группы XP-endo Shaper – до пятикратного использования.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов. Авторы выражают благодарность компании FKG Dentaire SA (Switzerland) и официальному дистрибьютору продукции FKG на территории Российской Федерации компании «Валлекс-М», в частности бренд-менеджеру Наталье Спектор, за оказанную поддержку при проведении данного исследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Леонтьев В. К., Пахомов Г. Н. Профилактика стоматологических заболеваний. – М., 2006. – 78 с.  
Leont'ev V. K., Pahomov G. N. Profilaktika stomatologicheskikh zabolevaniy. – М., 2006. – 78 s.
2. Янушевич О. О., Кузьмина Э. М., Кузьмина И. Н. Стоматологическая заболеваемость населения России. – М., 2009. – 78 с.  
Yanushevich O. O., Kuz'mina E. M., Kuz'mina I. N. Stomatologicheskaya zabolevaemost' naseleniya Rossii. – М., 2009. – 78 s.
3. Максимовский Ю. М., Митронин А. В. Терапевтическая стоматология. Кариесология и заболевания твердых тканей зубов. Эндодонтия: руководство к практическим занятиям: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности 31.05.03 «Стоматология» / под. общ. ред. Ю. М. Максимовского. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016.

Maksimovskij Yu. M., Mitronin A. V. Terapevticheskaya stomatologiya. Kariesologiya i zabolevaniya tverdykh tkanej zubov. Endodontiya: rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam: uchebnoye posobie dlya studentov uchrezhdenij vysshego professional'nogo obrazovaniya, obuchayushchihsya po special'nosti 31.05.03 "Stomatologiya" / pod. obshch. red. Yu. M. Maksimovskogo. – М.: GEOTAR-Media, 2016.

4. Qaed N., Mourshed B., Al-Shamiri H., Alaizari N., Alhamdah S. The Effect of surface topographical changes of two different surface treatments rotary instrument // Journal of Clinical and Experimental Dentistry. 2017. 0–0. – doi: 10.4317/jced.54472. НЕРАБОТАЮЩАЯ ССЫЛКА

5. Arantes W. B., Silva da C. M., Lage-Marques J. L., Habitante S., Rosa da L. C., Medeiros de J. M. SEM analysis of defects and wear on NiTi rotary instruments // Scanning. 2014. №36. P. 411-418.

6. Pedulla E., Plotino G., Grande N. M. et al. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study // Clin Oral Invest. 2016. №20. P. 2227-2233.
7. FKG Dentaire SA The XP-endo Finisher file Brochure. [http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg\\_xp\\_endo\\_brochure\\_en\\_vb.pdf](http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_xp_endo_brochure_en_vb.pdf).
8. Debelian G., Trope M. Cleaning the third dimension // Endodontic Practice. 2015. August. P. 18-21.
9. Митронин А. В., Корчагина М. А., Дзаурова М. А., Галиева Д. Т., Митронин В. А. Оценка эффективности использования ротационного инструмента с нулевой конусностью при удалении смазанного слоя // Эндодонтия today. 2017. №4. С. 8-12.
- Mitronin A. V., Korchagina M. A., Dzaurova M. A., Galieva D. T., Mitronin V. A. Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya rotacionnogo instrumenta s nulevoj konusnost'yu pri udalenii smazannogo sloya // Endodontiya today. 2017. №4. S. 8-12.
10. Ржанов Е. А., Копьев Д. А. Метод оценки вероятности поломки никель-титанового инструмента в зависимости от продолжительности его работы в условиях искривленного канала // Экспериментальное исследование. 2011. №2. С. 66-72.
- Rzhanov E. A., Kop'ev D. A. Metod ocenki veroyatnosti polomki nikel'-titanovogo instrumenta v zavisimosti ot prodolzhitel'nosti ego raboty v usloviyah iskrivlennogo kanala // Eksperimental'noe issledovanie. 2011. №2. С. 66-72.
11. Манак Т. Н., Девятникова В. Г. Оценка физико-механических свойств ni-ti эндодонтических инструментов // Стоматолог. Минск. 2012. №3 (6). С. 45-48.
- Manak T. N., Devyatnikova V. G. Ocenka fiziko-mekhanicheskikh svoystv ni-ti ehndodonticheskikh instrumentov // Stomatolog. Minsk. 2012. №3 (6). S. 45-48.
12. Sattapan B., Nervo G. J., Palamara J. E., Messer H. H. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use // Journal of Endodontics. 2000. №26. P. 161-165.
13. Tripi T. R., Bonaccorso A., Tripi V., Condorelli G. G., Rapisarda E. Defects in GT rotary instruments after use: an SEM study // Journal of Endodontics. 2001. №27. P. 782-785.
14. Дмитриева Л. А., Митронин А. В., Собкина Н. А., Помещикова Н. И. Эффективность использования самоадаптирующихся файлов SAF по результатам лабораторных исследований // Эндодонтия today. 2013. №3. С. 39-42.
- Dmitrieva L. A., Mitronin A. V., Sobkina N. A., Pomeschchikova N. I. Effektivnost' ispol'zovaniya samoadaptiruyushchihsa fajlov SAF po rezul'tatam laboratornykh issledovaniy // Endodontiya today. 2013. №3. S. 39-42.
15. Митронин А. В., Герасимова М. М. Эндодонтическое лечение болезней пульпы и периодонта (ч. 1). Аспекты применения антибактериальных препаратов // Эндодонтия today 2012. №1. С. 9-14.

- Mitronin A. V., Gerasimova M. M. Endodonticheskoe lechenie boleznej pul'py i periodonta (ch1). Aspekty primeneniya antibakterial'nykh preparatov // Endodontiya today. 2012. №1. С. 9-14.
16. Luzi A., Forner L., Almenar A., Llena C. Microstructure alterations of rotary files after multiple simulated operative procedures // Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal. 2010. №4. P. 658-662.
17. Ned Tijdschr Tandheelkd. Treatment of a fractured endodontical instrument in the root canal // ИЗДАНИЕ???? 2015. Dec. №122 (12). 663-5.
18. Ramos Brito A. C., Verner F. S., Junqueira R. B., Yamasaki M. C., Eritas D. Q. Detection of Fractured Endodontic Instruments in Root Canals: Comparison between Different Digital Radiography Systems and Cone-beam Computed Tomography // J Endod. 2017. Apr. №43 (4). P. 544-549.
19. Hüslmann M., Rummelin C., Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation // J Endod. 1997. №23 (5). P. 301-306.
20. Kim H. C., Yum J., Hur B., Shun Pan G. C. Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and Twisted Nickel Titanium rotary files // Journal of Endodontics. 2010. №36. P. 147-152.
21. Larsen C. M., Watanabe I., Glickman G. N., He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments // Journal of Endodontics. 2009. №35. P. 401-403.
22. Lopes H. P., Elias C. N., Vieira M. V. et al. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests // Journal of Endodontics. 2013. №39. P. 693-696.

*Конфликт интересов:*

*Авторы декларируют отсутствие*

*конфликта интересов/*

*Conflict of interests:*

*The authors declare no conflict of interests*

**Поступила/Article received 17.01.2019**

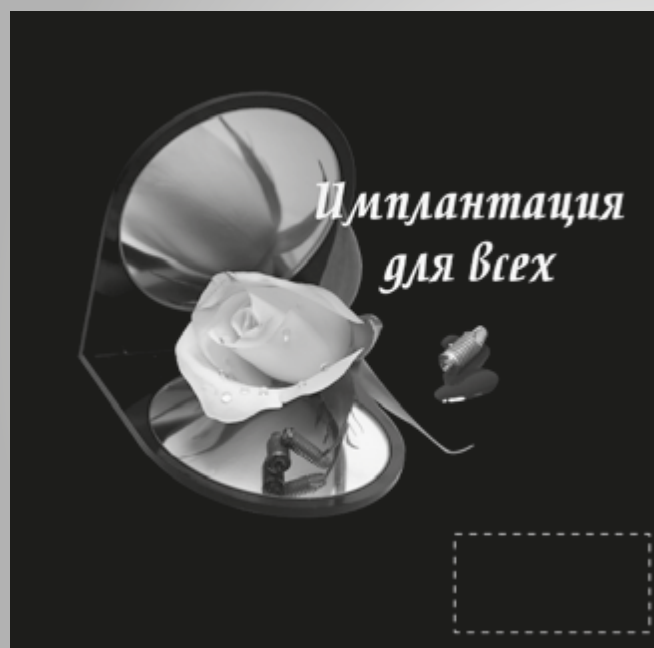
*Координаты для связи с авторами/*

*Coordinates for communication with the authors:*

*Митронин А.В./A.V. Mitronin*

*127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 20, с. 1*

*E-mail: mitroninav@list.ru*



## Имплантация для всех

(пособие для пациентов)

**Автор: А. Ю. Февралева**

Что такое имплантат, что влияет на его приживление, какие протезы можно изготовить на имплантатах и что необходимо для успешного и долгосрочного результата лечения.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИ МЕДИА ПРЕСС»**

Тел./факс: (495) 781-28-30, 956-93-70,  
(499) 678-21-61

e-mail: [dostavka@stomgazeta.ru](mailto:dostavka@stomgazeta.ru)  
[www.dentoday.ru](http://www.dentoday.ru)