

М.Э. Пацкевич, К.В. Андрейчук

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА
ЭНДОДОНТИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ УСТАЛОСТЬ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

Научный руководитель: ст. преп. Л.И. Бурая

Кафедра эндодонтии

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

M.E. Patskevich, K.V. Andreichuk

**THE EFFECT OF VARIOUS ENDODONTIC FILE PRODUCTION METHODS
ON CYCLIC FATIGUE IN AN EXPERIMENT**

Tutor: senior lecturer L.I. Buraya

Department of Endodontics

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. Циклическая усталость является ведущей причиной внутриканальной сепарации эндодонтических инструментов, особенно при обработке изогнутых корневых каналов. Способ производства файла (механическая обработка, термоактивация, электроэрозия) определяет его устойчивость к усталостным переломам.

Ключевые слова: эндодонтические файлы; циклическая усталость; сепарация инструмента; методы изготовления; стальной эндоблок.

Resume. Cyclic fatigue is the leading cause of intracanal separation of endodontic instruments, especially in the treatment of curved root canals. The production method of the file (mechanical processing, thermal activation, electrical erosion) determines its resistance to fatigue fractures.

Keywords: endodontic files; cyclic fatigue; tool separation; manufacturing methods; steel endblock.

Актуальность. Поломка эндодонтического инструмента в корневом канале остается одной из самых серьезных проблем в эндодонтии, несмотря на постоянное совершенствование технологий и материалов. Фрагмент инструмента, оставшийся в канале, может препятствовать качественной дальнейшей механической, медикаментозной обработке и obturation, что может привести к развитию заболеваний периапикальных тканей.

В условиях повышения требований к безопасности эндодонтического лечения и необходимости прогнозирования ресурса инструментария, экспериментальные исследования с использованием стандартизированных моделей (стальной эндоблок с фиксированными параметрами радиуса и угла) приобретают особую значимость [4].

Цель: экспериментально определить время поломки и оценить устойчивость к циклической усталости эндодонтических инструментов различных способов производства в одинаковых воспроизводимых условиях геометрии канала с использованием стального эндоблока при радиусе кривизны 4 мм и угле изгиба 30° по классификации Шнайдера для оптимизации протоколов их безопасности в клинической практике.

Задачи:

1. Провести сравнительный анализ устойчивости к циклической усталости эндодонтических инструментов, изготовленных разными способами

(электроэрозионная обработка, термическая обработка и т.д.), в одинаковых условиях.

2. Экспериментально определить время (количество циклов) до поломки исследуемых инструментов в стальном эндоблоке с искусственно созданным каналом с фиксированным радиусом кривизны 4 мм и углом изгиба 30° .

3. Оценить влияние способа производства эндодонтического инструмента на его устойчивость к циклической усталости в изогнутом канале.

4. Разработать рекомендации по выбору эндодонтического инструментария для работы в каналах со сложной геометрией с целью минимизации риска внутриканальной сепарации.

5. Провести анкетирование среди практикующих врачей-стоматологов для определения предпочтений использования различных эндодонтических файлов в разных клинических ситуациях.

Материалы и методы. Испытание на циклическую усталость проводилось с помощью стального эндоблока, изготовленного из нержавеющей стали по смоделированному корневому каналу на масштабно-координатной бумаге с использованием двух параметров: угла изгиба и радиуса изгиба. По классификации Шнайдера и Пруетта искусственно созданный канал имеет параметры: угол изгиба 30° и радиус кривизны 4 мм, также внутренний диаметр 1,5 мм, общую длину 21 мм. Искусственный канал был изготовлен с учетом точных размеров и конусности тестируемых инструментов, что позволило обеспечить для инструмента подходящую траекторию, в точности соответствующую параметрам кривизны, выбранным для эксперимента.

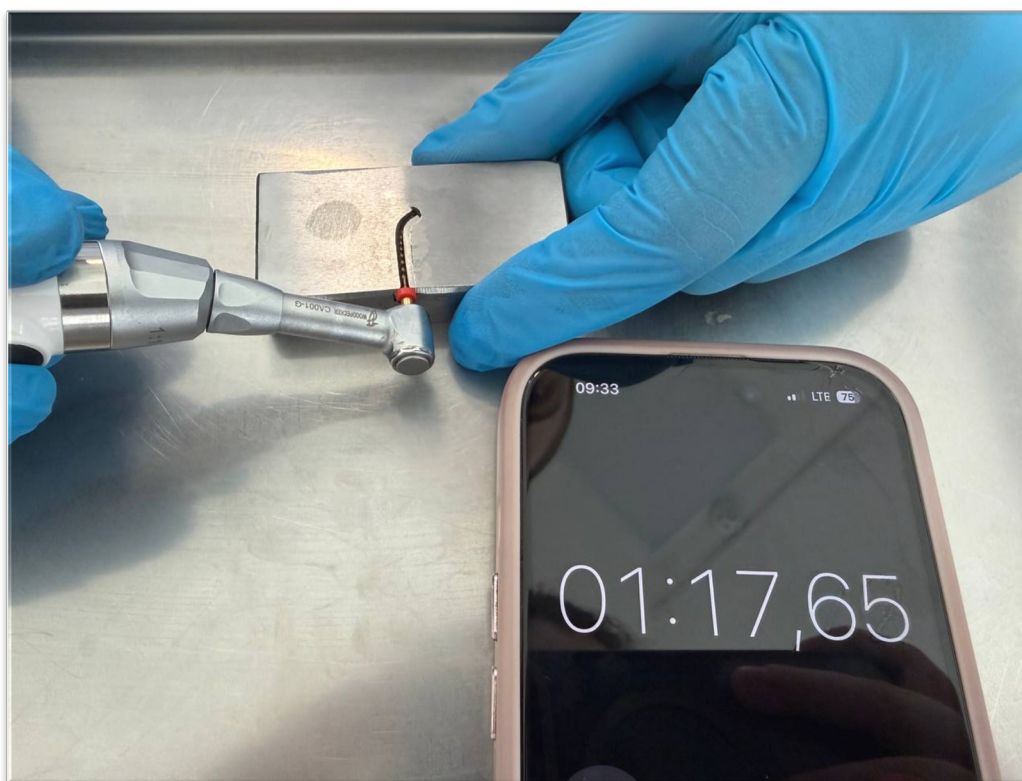


Рис. 1 – Испытание на циклическую усталость

Каждый файл вводили в искусственный канал до конца, после чего файл начинали вращать. Для работы с машинными инструментами мы использовали беспроводной эндомотор, со встроенным апекслокатором производителя Woodpecker (Китай), а ручные инструменты вращали самостоятельно. Ротационные файлы работали с крутящим моментом 1,5 Н/см и скоростью 300 об/мин. Инструменты вращались до тех пор, пока не происходил визуальный или звуковой разрыв. Фиксировалось время поломки в минутах и секундах.

В работе применялись 15 эндодонтических файлов (конусность 004 (кроме К-файла – у него конусность 002), диаметр инструмента на кончике (калибр) 0,25 мм, длина 21 мм) были разделены на 5 групп по 3 инструмента в каждой: группа № 1 (n = 3): файлы SC PRO (COXO); группа № 2 (n = 3): файлы Azure E3; группа № 3 (n = 3): файлы HyFlex EDM; группа № 4 (n = 3): файлы ProFile; группа № 5 (n = 3): ручные К-файлы. Все инструменты ранее не были использованы до эксперимента. Каждый производитель данных инструментов использует для их создания свой определенный метод изготовления и их обработки.

Табл. 1. Сравнительная характеристика технологий изготовления и свойств эндодонтических файлов

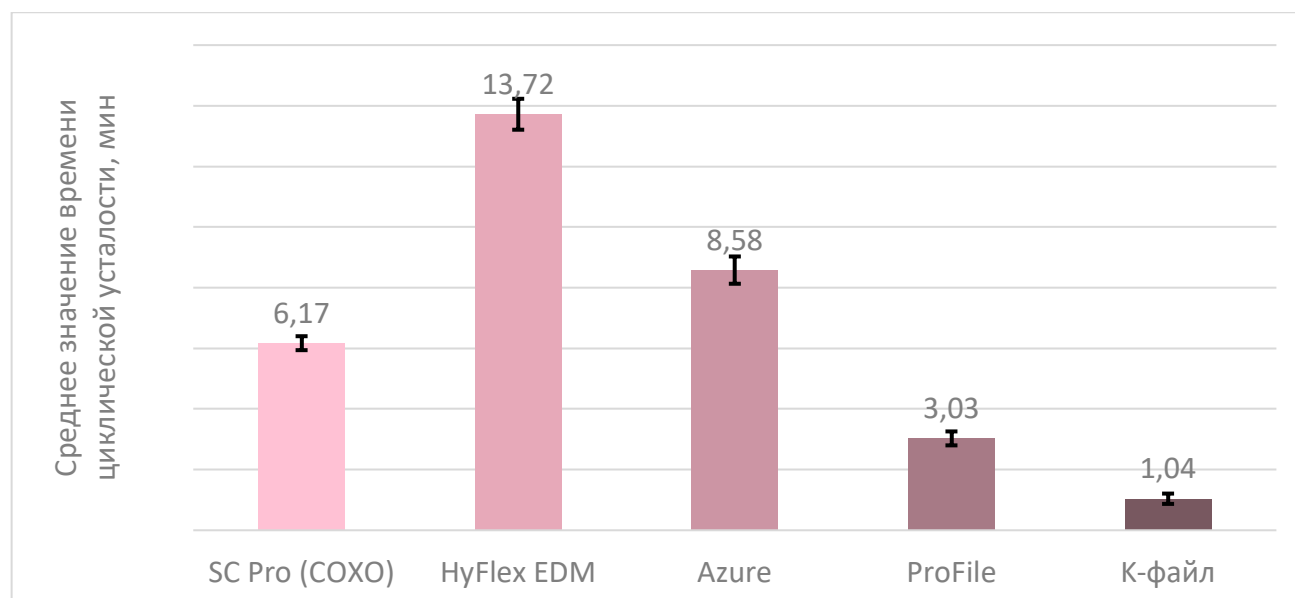
Характеристика	Ручной К-файл	SC-Pro(COXO)	Endostar Azure E3	Profile	HyFlex EDM
Метод изготовления	Скручивание (twisting) квадратной/треугольной заготовки [5]	Шлифовка термообработанной проволоки (CM-Wire)+ покрытие [6]	Шлифовка+ термообработка (Azure HT) [3]	Химическое травление (фрезерование) [2]	Электроэрозия (EDM-искровая обработка) [1]
Материал	Нерж. сталь	Нитинол CM (Controlled Memory)	Нитинол Azure HT	Нитинол (обычный)	Нитинол+ CM

Был проведен статистический анализ по обработке полученных в эксперименте данных по определению циклической усталости эндодонтических инструментов разных способов производства (SC PRO (COXO), HyFlex EDM, ProFile, Azure E3 и ручные К-файлы) на изготовленном стальном эндоблоке.

Также проведено анонимное анкетирование 40 практикующих врачей-стоматологов, работающих в частных и государственных структурах здравоохранения Республики Беларусь. Были обработаны данные опросника для определения предпочтений в использовании различных эндодонтических файлов в разных клинических ситуациях.

Результаты и их обсуждение. Наибольшей устойчивостью к поломке (циклической усталости) обладает файл HyFlex EDM (823 ± 31 с), который достоверно превосходит все исследуемые аналоги. Файлы Azure продемонстрировали промежуточный результат (515 ± 27 с), статистически значимо

уступая HyFlex EDM, но превосходя SC Pro и Profile. Наименьшее время до поломки зафиксировано у ручных К-файлов (84 ± 10 с). все различия оказались статистически значимыми. ($p < 0.05$).



Граф. 1 – Сравнительная характеристика циклической усталости файлов различных методов производства

Обратимся к результатам анкетирования среди практикующих врачей-стоматологов. При обработке сильно изогнутых каналов врачи отдают предпочтение файлам системы HyFlexEDM (65%), в чуть меньшей степени Азуры (25%). Поломку инструмента чаще всего связывают с усталостью металла (97,5%), ошибками в технике применения (75%), склерозированными каналами (70%), использованием некачественных или поддельных инструментов (60%). На вопрос «Как вы отслеживаете количество использований машинных файлов?» наиболее частым ответом оказался «визуально» (35%), чуть в меньшей степени отслеживают с помощью «ромашек» (25%), пометок на пакетах для стерилизации (15%), (10%) опрошенных вообще не отслеживают.

Выводы:

1. Для корневых каналов со сложной геометрией предпочтительней использовать инструменты, которые при изготовлении подвергались электроэрозионной (HyFlex EDM) и термической обработки (SC Pro (COXO), Azure E3), так как они более устойчивы к циклической усталости и минимизируют риск внутриканальной сепарации эндодонтического инструментария;
2. По результатам анкетирования отслеживание использований эндодонтических инструментов чаще проводится визуально, и поломку инструмента в корневом канале связывают с усталостью металла;
3. Полученные данные свидетельствуют о необходимости строгого ограничения кратности использования инструментов при работе в каналах с высокой кривизной.

Литература

1. Шумилович, Б. Р. Клинико-лабораторные параллели структуры никельтитановых эндодонтических инструментов и их клинической эффективности / Б. Р. Шумилович, И. С. Биштова, Д. Е. Хренов [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. 2021. Т. 24, № 1. С. 35–44.
2. Aloise, C. A. Method of manufacturing an endodontic instrument : pat. 7207111 USA : IPC A61C 5/02, B23H 9/00 / C. A. Aloise, G. T. Garman ; applicant and patentee Ormco Corporation. – № 10/797,552 ; appl. 10.03.2004 ; publ. 24.04.2007, Bull. № 4. – 28 p.
3. Endostar E3 Azure Basic [Electronic resource] // Endostar. Mode of access: <https://www.endostar.eu/en/produkty/endostar-e3-azure-basic/>. Date of access: 22.03.2026.
4. Expert consensus on management of instrument separation in root canal therapy [Electronic resource] / X. Zhou, B. Hou, Y. Fan [et al.] // International Journal of Oral Science. 2025. Vol. 17. P. 46. Mode of access: nih.gov. Date of access: 20.03.2026.
5. Lewis, P. Method of manufacturing an endodontic instrument : pat. 6968619 USA : IPC A61C 5/02, B23P 15/32 / P. Lewis, B. L. Hobson ; applicant and patentee Ultradent Products, Inc. – № 10/436,938 ; appl. 13.05.2003 ; publ. 29.11.2005, Bull. № 4. – 12 p.
6. SC-PRO File [Electronic resource] // COXO Medical. Mode of access: <https://coxotec.com/de/product/sc-pro-file/>. Date of access: 22.03.2026.