

Исследование конструктивных параметров системы ротационных эндодонтических инструментов ProFile

Т.С. БЕЛЯЕВА, асп.
Е.А. РЖАНОВ, к.м.н., доц.
Кафедра терапевтической стоматологии и эндодонтии ФПДО
ГБОУ ВПО МГМСУ им. А.И. Евдокимова

Design features of the rotary endodontic instruments system ProFile

T.S. BELYAEVA, E.A. RZHANOV

Резюме: Особенности конструкции эндодонтического инструмента определяют ряд его важнейших свойств. Знание конструктивных параметров того или иного инструмента позволяет сделать вывод о его свойствах и провести сравнительный анализ инструментов различного дизайна. Цель работы – количественное исследование и анализ основных конструктивных параметров инструментов ProFile. В исследовании были включены 30 инструментов различного размера и конусности. С помощью СЭМ были получены изображения инструментов и их поперечных сечений и проведено измерение следующих параметров: угла при вершине, угла нарезки, шага нарезки, глубины нарезки, внутреннего и наружного диаметров, углов режущего лезвия. Анализ конструктивных параметров инструментов ProFile позволил выделить их характерные свойства: 1) высокую гибкость; 2) устойчивость к циклическим нагрузкам; 3) способность сохранять исходную анатомию корневых каналов; 4) низкую скорость обработки; 5) выраженный эффект вкручивания у инструментов большого размера.

Ключевые слова: препарирование корневых каналов, ротационные никель-титановые инструменты, конструктивные параметры, система ProFile.

Abstract: Design features of the endodontic instrument determine its essential properties. Information about these design features carries inference about instrument properties and makes possible a comparative analysis of instruments with different design. The aim of the present work is a quantitative study and analysis of the ProFile instruments design features. Thirty instruments of different size and taper have been included in this study. SEM examination of all instruments and their cross-sections was made to determine the following design parameters: tip angle, fluting angle, pitch length, fluting depth, internal and external diameters and the angles of cutting blade. Design features analysis of the ProFile instruments allows pointing out its outstanding characteristics: 1) high flexibility; 2) high cyclic fatigue resistance; 3) the ability to preserve the original root canal anatomy; 4) low cutting ability; 5) substantial screwing-in effect of the instruments of greater sizes.

Key words: preparation of the root canal, rotary nickel-titanium instruments, design features, ProFile system.

Введение

Данная статья продолжает цикл публикаций, посвященных изучению конструктивных параметров ротационных эндодонтических инструментов из никель-титанового сплава. В рамках настоящей работы было проведено исследование конструктивных особенностей инструментов системы ProFile (Dentsply Maillefer, Швейцария). Инструменты ProFile, появившиеся на рынке еще в 1994 году, стали одной из первых систем ротационных никель-титановых инструментов. Они до сих пор широко используются в практике, а также в качестве контрольной группы в многочисленных клинических и лабораторных сравнительных исследованиях [1-13]. Тем не менее, в доступной литературе количество работ, посвященных изучению конструктивных параметров инструментов данной системы, сравнительно мало [14, 15].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Количественное исследование и анализ основных конструктивных параметров инструментов системы ProFile.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование были включены 30 инструментов ProFile следующих размеров: 20 .04, 25 .04, 30 .04, 20 .06, 25 .06 и 30 .06 (по пять инструментов каждого размера). Для количественного измерения параметров инструментов были проведены их электронно-микроскопические исследования. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) были получены микрофотограммы рабочей части инструментов на увеличениях x25, x100 и x120.

Для исследования конфигурации поперечного сечения инструментов были изготовлены их поперечные срезы. Для этого инструменты фиксировали в специальной цилиндрической форме так, чтобы продольная ось инструмента располагалась перпендикулярно дну цилиндра.

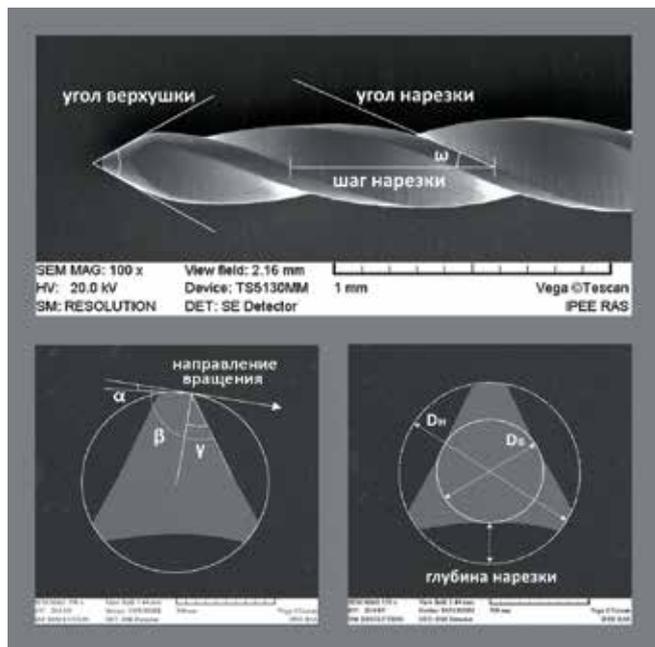


Рис. 1. Конструктивные параметры инструмента. На примере ProFile 30 .04

α – задний угол; β – угол заострения; γ – передний угол;
 $Dв$ – внутренний диаметр; $Dн$ – наружный диаметр

Затем форму с инструментом заливали низкомолекулярным композиционным материалом и проводили его полимеризацию. После этого получали срезы инструментов перпендикулярно к их продольной оси на расстояниях 1, 3, 6 и 10 мм от вершины. Поверхность срезов полировали, очищали и высушивали. Затем на поверхность образцов методом ионного напыления был нанесен тончайший слой золота для снятия заряда и экранирования падающего пучка электронов от накопленного в объеме материала заряда. Сканирующую электронную микроскопию поперечных срезов инструментов проводили на увеличении $\times 150$ в поле отраженных вторичных электронов.

Измерения конструктивных параметров инструментов по полученным с помощью СЭМ изображениям проводили в программе Adobe Photoshop CS3 (Adobe Systems, США). Было проведено измерение следующих конструктивных параметров инструментов (рис. 1):

- угла при вершущке;
- угла нарезки;
- шага нарезки;
- глубины нарезки;
- внутреннего и наружного диаметров;
- переднего угла режущего лезвия;
- заднего угла режущего лезвия;
- угла заострения режущего лезвия.

Полученные количественные величины были обработаны статистически с помощью программы Statistica для Windows (StatSoft Inc., США), а затем графически представлены с помощью программы Microsoft Excel (Microsoft, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обсуждение результатов исследования

Шаг нарезки

Значение шага нарезки всех исследованных инструментов ProFile остается неизменным на протяжении режущей части инструмента. При этом значения шага нарезки (а значит и количество витков на режущей части) у инструментов разных размеров и разной конусности одинаковы.

В целом все инструменты ProFile имеют относительно малый шаг нарезки и большое количество витков нарезки на рабочей части.

Угол нарезки

Значения угла нарезки инструментов ProFile довольно быстро нарастают от вершущки к хвостовику. Рост значений угла нарезки у инструментов .06 конусности происходит более резко, чем у инструментов .04 конусности: при практически одинаковых углах нарезки в апикальной части инструменты .06 конусности имеют больший угол в хвостовой части. Увеличение угла нарезки является следствием роста диаметра инструмента от вершущки к хвостовику при постоянном шаге нарезки. При этом очевидно, что так как у инструментов шестой конусности нарастание диаметра происходит более резко, то и шаг нарезки также увеличивается более резко.

При увеличении размера инструментов по ISO значения угла нарезки также несколько возрастают, так как увеличивается диаметр инструмента при постоянном шаге нарезки.

Малый шаг нарезки в сочетании с большими значениями угла нарезки инструментов ProFile делают их подверженными так называемому «эффекту вкручивания», который затрудняет контроль над инструментом в процессе работы и может вести к его поломке внутри корневого канала [16]. Инструменты ProFile большей конусности и большего диаметра ввиду наличия большего угла нарезки при одинаковом шаге нарезки более подвержены этому эффекту. Следует также иметь в виду, что эффект вкручивания нарастает от вершущки к хвостовой части инструмента пропорционально увеличению угла нарезки. Поэтому во избежание осложнений при работе с инструментами ProFile рекомендуется следить за тем, чтобы снятие субстрата производилось ограниченным участком режущей части инструмента, избегая ее обширного контакта с субстратом, особенно у инструментов большой конусности и большого размера.

Следует отметить, что некоторые другие конструктивные особенности инструментов ProFile, а именно малый задний угол инструмента, способны снижать выраженность эффекта вкручивания за счет ограничения глубины погружения инструмента в субстрат.

Глубина нарезки

Глубина нарезки инструментов ProFile линейно нарастает по всей длине режущей части. В целом значения глубины нарезки у инструментов .06 конусности больше, чем у инструментов .04 конусности, а увеличение значений глубины нарезки происходит более резко. При постоянном соотношении $Dв/Dн$ глубина нарезки нарастает вдоль оси инструмента пропорционально нарастанию его наружного диаметра только с меньшей скоростью. Поэтому у инструментов .06 конусности нарастание глубины нарезки происходит более резко, так как более резко увеличивается наружный диаметр. При увеличении размера инструментов по ISO значения глубины нарезки также возрастают, хотя и не столь значительно.

Глубина нарезки наряду с некоторыми другими параметрами определяет объем нарезки, который в свою очередь характеризует режущую эффективность инструмента [16]. Большая глубина нарезки позволяет срезать больше количество субстрата за один цикл обработки.

Угол вершущки и углы режущего лезвия

Среднее значение угла при вершущке у инструментов системы ProFile составило $57,1^\circ$. Данные СЭМ демонстрируют, что вершущка инструмента плавно переходит в режущие грани без образования острых углов или ребер.

ProFile 20. 04

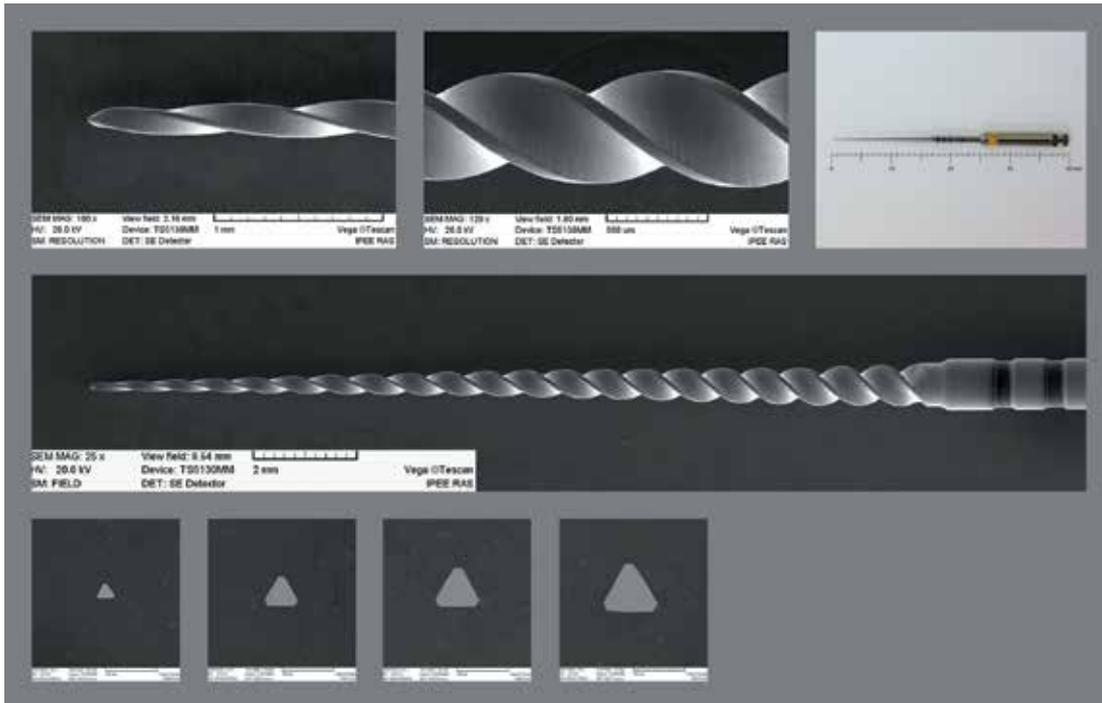


Рис. 2. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 20.04



Рис. 3. Шаг нарезки инструмента ProFile 20.04 остается неизменным по всей длине режущей части от верхушки к хвостовику



Рис. 4. Угол нарезки инструмента ProFile 20.04 довольно резко линейно увеличивается в направлении от верхушки к хвостовику



Рис. 5. Глубина нарезки инструмента ProFile 20.04 относительно равномерно возрастает по всей длине режущей части инструмента от верхушки к хвостовику

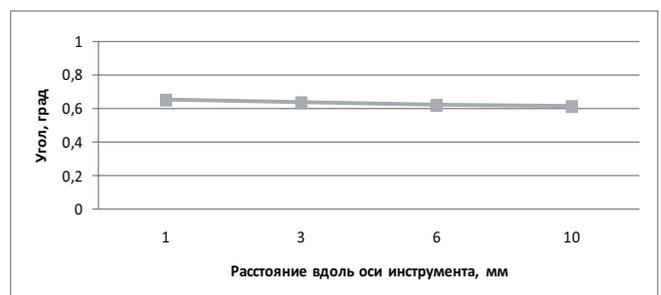


Рис. 6. Отношение Dв/Dн у инструментов ProFile 20.04 имеет тенденцию к незначительному уменьшению на отрезке от 1 до 10 мм, то есть увеличение внутреннего диаметра по сравнению с внешним происходит чуть менее резко

Таблица 1. Средние значения угла при верхушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 20.04 (градус)

Угол верхушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
57	5	-38	123

ProFile 25 .04

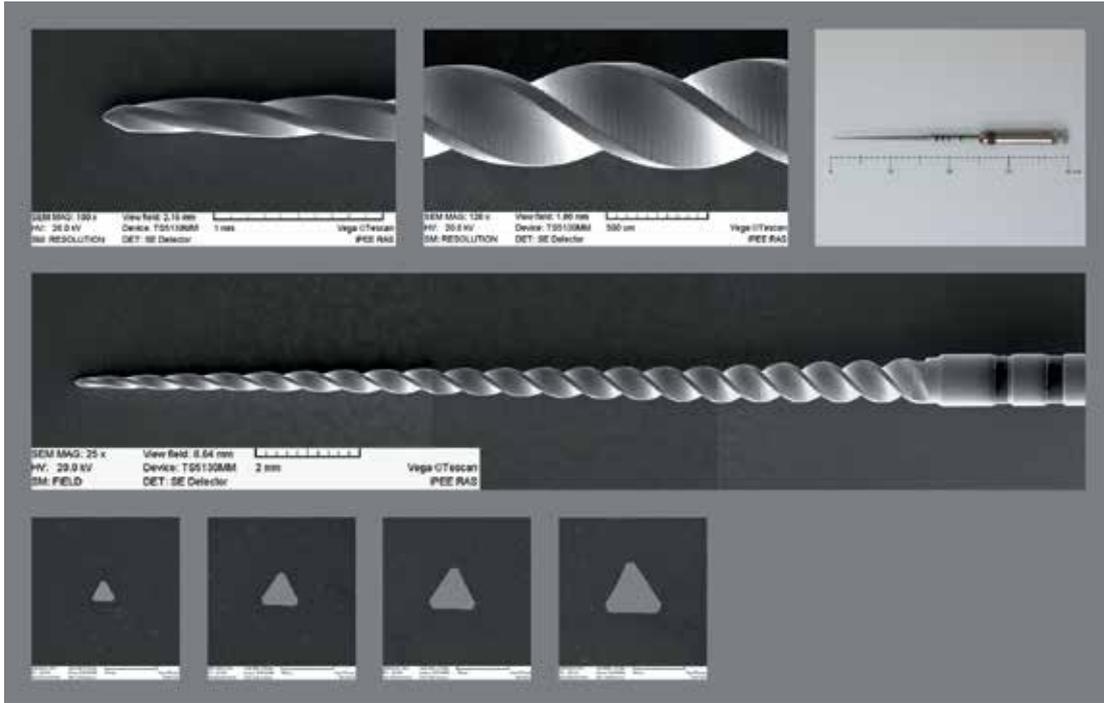


Рис. 7. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 25 .04

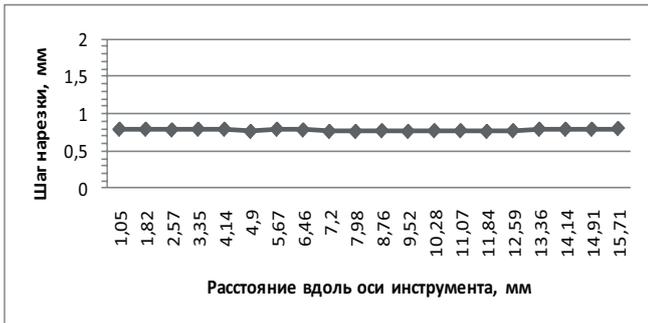


Рис. 8. Шаг нарезки инструмента ProFile 25 .04 остается неизменным по всей длине режущей части от верхушки к хвостовику



Рис. 9. Угол нарезки инструмента ProFile 25 .04 относительно резко увеличивается в направлении от верхушки к хвостовику



Рис. 10. Глубина нарезки инструмента ProFile 25 .04 относительно равномерно нарастает по всей длине режущей части от верхушки к хвостовику

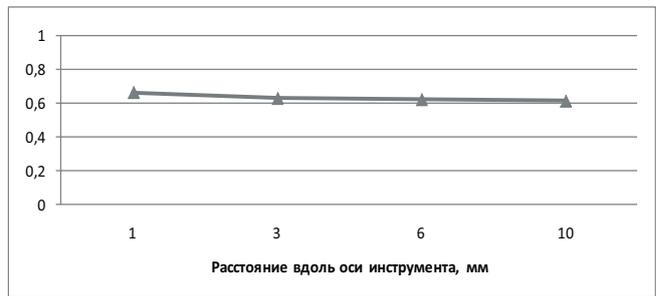


Рис. 11. Отношение Dв/Dн у инструментов ProFile 25 .04 имеет тенденцию к незначительному уменьшению на отрезке от 1 до 10 мм, то есть увеличение внутреннего диаметра по сравнению с внешним происходит чуть менее резко

Таблица 2. Средние значения угла при верхушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 25 .04 (градус)

Угол верхушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
57	5	-36	122

ProFile 30 .04

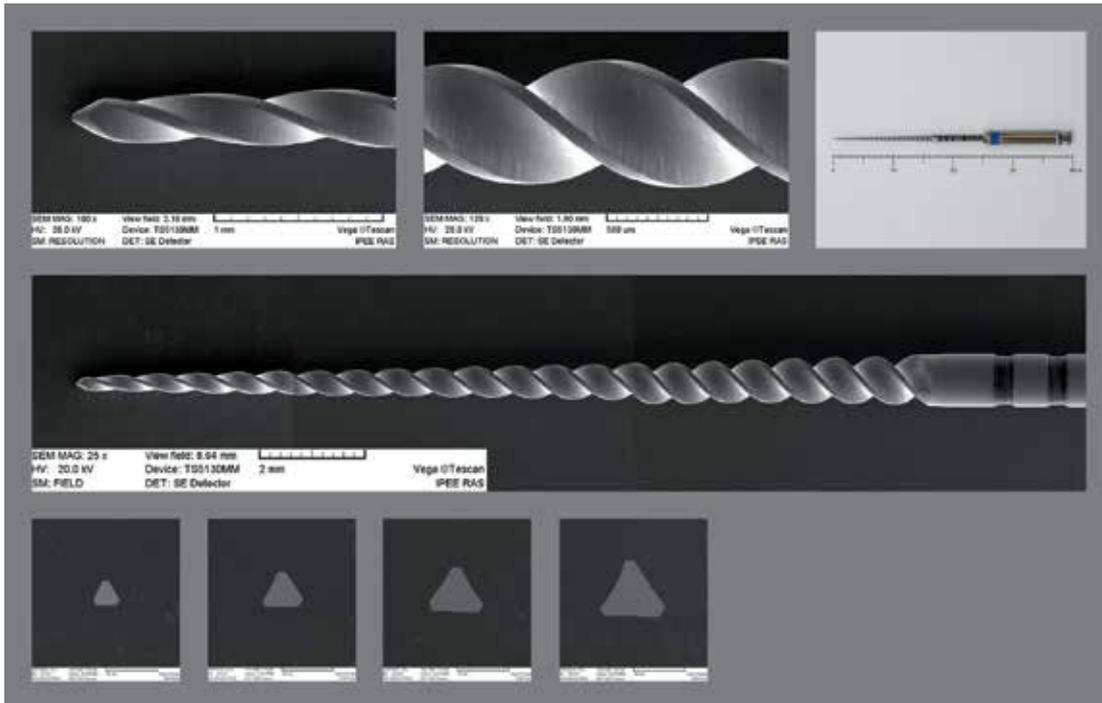


Рис. 12. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 30.04



Рис. 13 Шаг нарезки инструмента ProFile 30.04 остается неизменным по длине всей режущей части от верхушки к хвостовику



Рис. 14 Угол нарезки инструмента ProFile 30.04 в целом довольно равномерно увеличивается в направлении от верхушки к хвостовику



Рис. 15. Глубина нарезки инструмента ProFile 30.04 постепенно нарастает по всей длине режущей части инструмента от верхушки к хвостовику

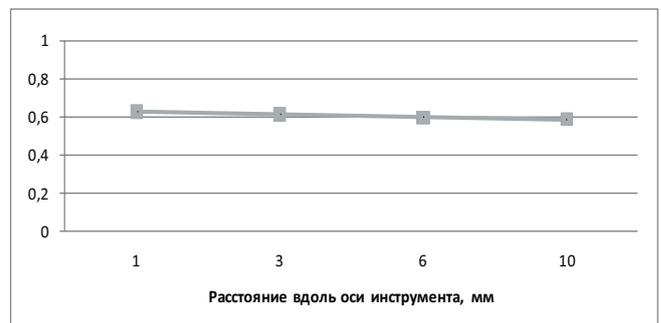


Рис. 16. Отношение Dв/Dн у инструментов ProFile 30.04 остается практически постоянным с незначительной тенденцией к уменьшению на отрезке от 1 до 10 мм

Таблица 3. Средние значения угла при верхушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 30.04 (градус)

Угол верхушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
59	5	-36	121

ProFile 20 .06

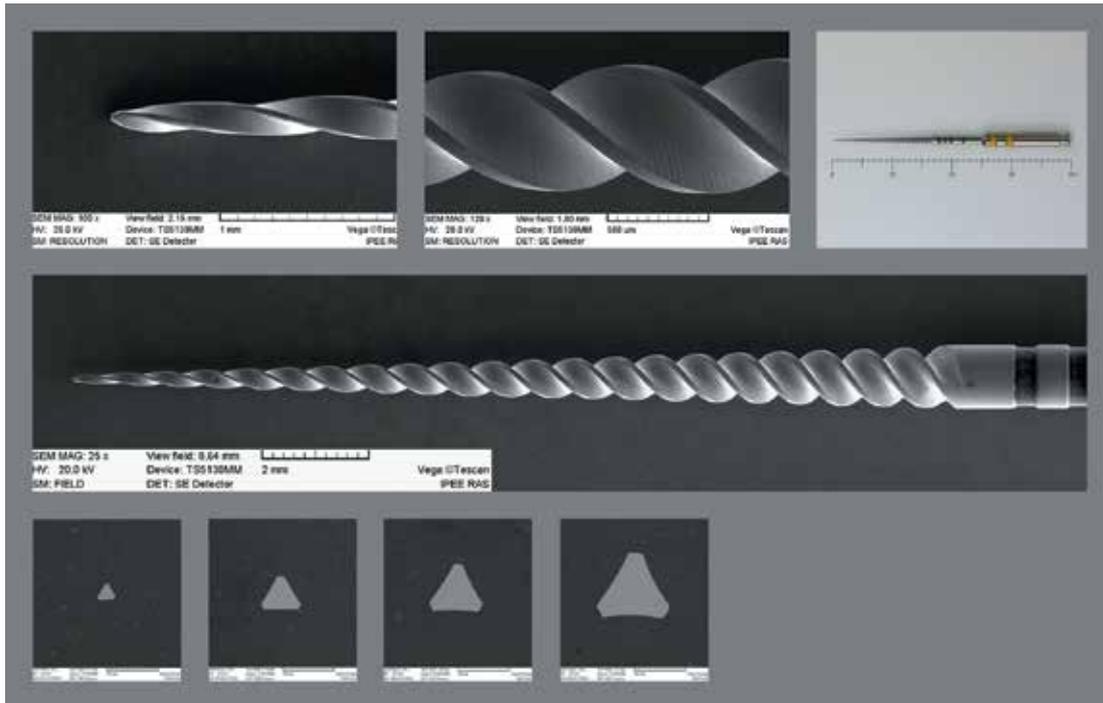


Рис. 17. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 20 .06

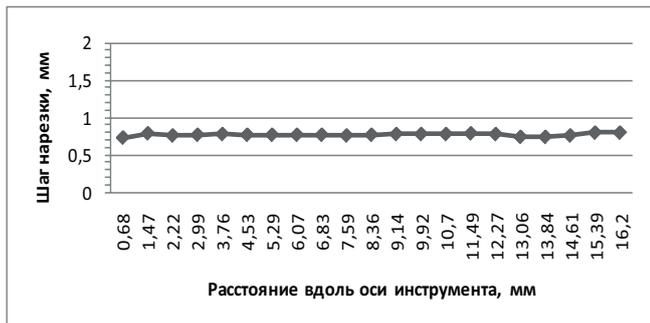


Рис. 18. Значение шага нарезки инструмента ProFile 20 .06 остается неизменным по всей длине режущей части от вертушки к хвостовику



Рис. 19. Значения угла нарезки инструмента ProFile 20 .06 довольно резко увеличиваются примерно до середины режущей части инструмента, последующее увеличение угла нарезки происходит несколько медленнее



Рис. 20. Глубина нарезки инструмента ProFile 20 .06 быстро нарастает по всей длине режущей части инструмента от вертушки к хвостовику

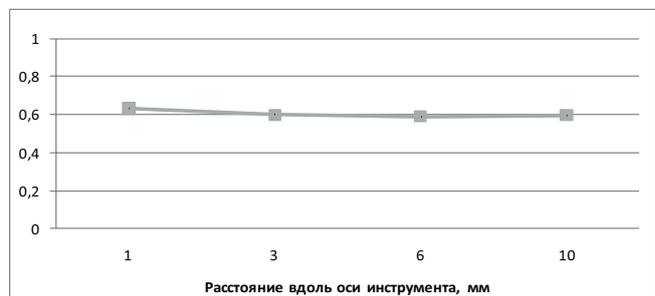


Рис. 21. Отношение Dv/Dn у инструментов ProFile 20 .06 остается практически постоянным на исследованном отрезке от 1 до 10 мм

Таблица 4. Средние значения угла при вертушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 20 .06 (градус)

Угол вертушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
55	4	-36	122

ProFile 25 .06

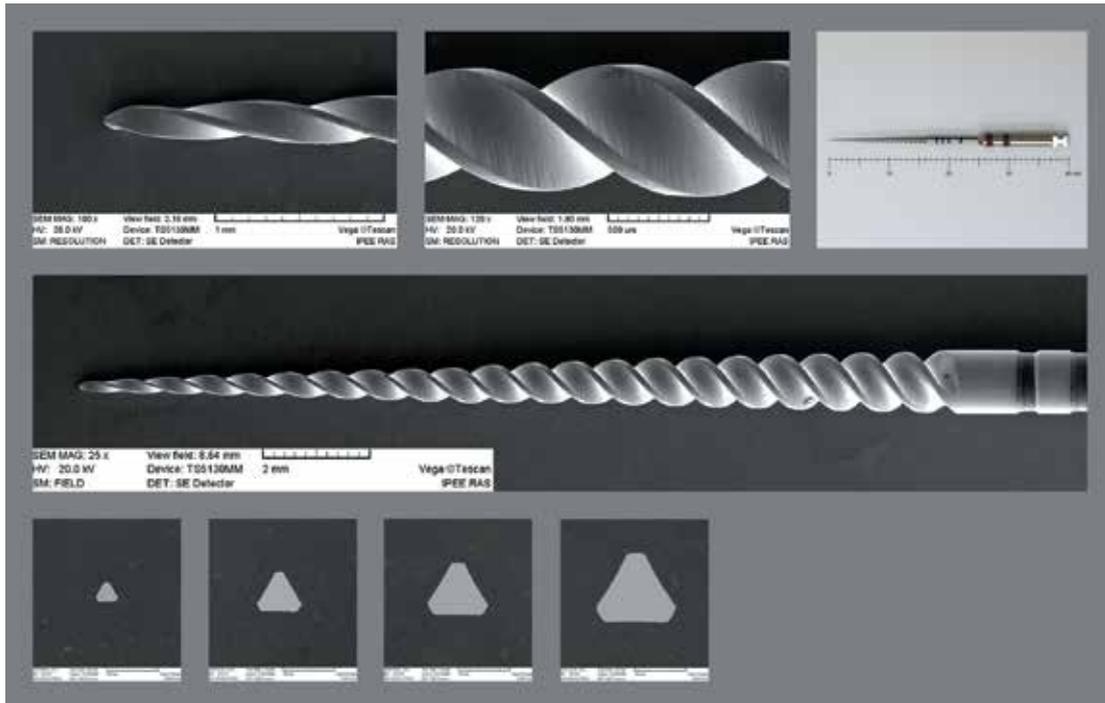


Рис. 22. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 25 .06



Рис. 23. Значение шага нарезки инструмента ProFile 25 .06 остается неизменным по всей длине режущей части от верхушки к хвостовику



Рис. 24. Значения угла нарезки инструмента ProFile 25 .06 быстро увеличиваются примерно до середины режущей части инструмента, последующее увеличение угла нарезки происходит несколько менее резко



Рис. 25. Глубина нарезки инструмента ProFile 25 .06 нарастает по всей длине режущей части инструмента от верхушки к хвостовику

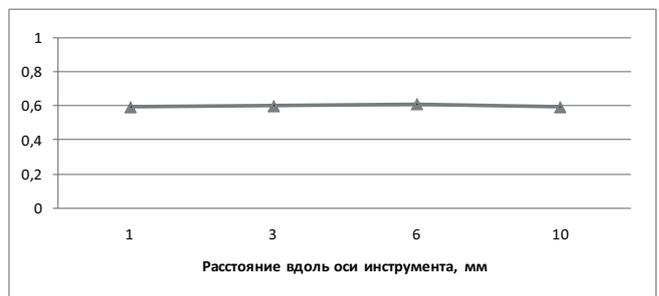


Рис. 26. Отношение Dv/Dn у инструмента ProFile 25 .06 остается практически постоянным на отрезке от 1 до 10 мм, то есть увеличение внутреннего диаметра происходит равномерно

Таблица 5. Средние значения угла при верхушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 25 .06 (градус)

Угол верхушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
55	5	-37	122

ProFile 30 .06

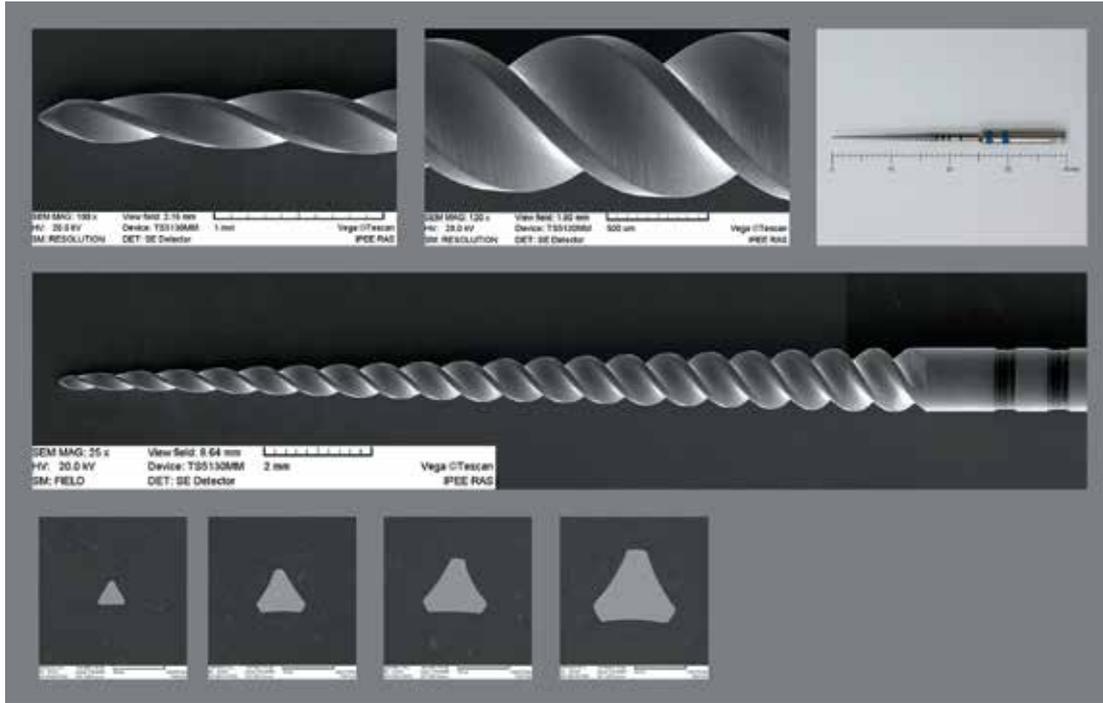


Рис. 27. Результаты электронно-микроскопического исследования ProFile 30.06

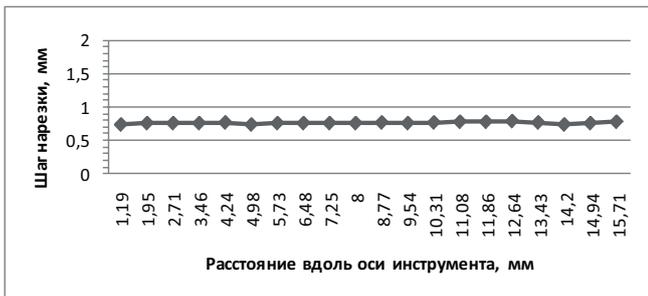


Рис. 28. Значение шага нарезки инструмента ProFile 30.06 остается неизменным по длине всей режущей части от верхушки к хвостовику



Рис. 29. Значения угла нарезки инструмента ProFile 30.06 достаточно резко увеличиваются примерно до середины режущей части инструмента, последующее увеличение угла нарезки происходит менее резко



Рис. 30. Глубина нарезки инструмента ProFile 30.06 довольно быстро нарастает по всей длине режущей части инструмента от верхушки к хвостовику

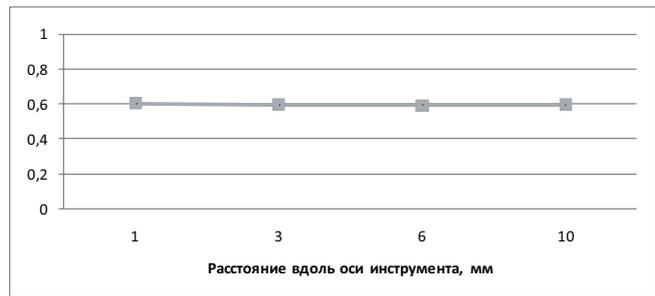


Рис. 31. Отношение Dв/Dн у инструментов ProFile 30.06 остается постоянным на исследованном отрезке от 1 до 10 мм, то есть увеличение внутреннего диаметра происходит равномерно

Таблица 1. Средние значения угла при верхушке и углов режущего лезвия инструмента ProFile 30.06 (градус)

Угол верхушки	Задний угол α	Передний угол γ	Угол заострения β
60	4	-36	122

Такая конструкция снижает риск нарушения исходной анатомии корневого канала и возникновения ятрогенных осложнений.

Передний угол инструментов ProFile имеет выраженные отрицательные значения (в среднем $-36,5^\circ$), в целом оптимальные для процесса препарирования [16]. Значения переднего угла по ходу режущей части меняются незначительно. Статистически значимые различия между значениями передних углов у инструментов различных размеров и различной конусности отсутствуют.

Задний угол инструментов ProFile имеет очень малые значения (в среднем $4,7^\circ$), что обусловлено особым строением режущего лезвия инструментов – наличием так называемой «направляющей ленточки». Такая конструкция препятствует быстрому погружению лезвия инструмента в субстрат. С одной стороны, это снижает скорость препарирования корневого канала. С другой – способствует уменьшению эффекта вкручивания, а также снижает вероятность ятрогенного повреждения анатомии канала.

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. У-тест Манна-Уитни не выявил статистически значимые различия между параметрами углов режущего лезвия инструментов различных размеров и различной конусности.

В целом, форма режущего лезвия инструментов ProFile способствует сохранению особенностей исходной анатомии канала, но не обеспечивает высокой скорости обработки.

Отношение D_b/D_n

Отношение D_b/D_n у инструментов ProFile на исследованном отрезке от 1 до 10 мм остается практически неизменным. Статистически значимые отличия между параметрами D_b/D_n у инструментов различных размеров и различной конусности отсутствуют. В целом инструменты

ProFile имеют невысокое значение D_b/D_n (около 0,6), что свидетельствует об их гибкости и устойчивости к циклическим нагрузкам. В то же время данный показатель указывает на относительно невысокую устойчивость этих инструментов к торсионным нагрузкам. Инструменты с таким показателем D_b/D_n в сочетании с наличием направляющих ленточек на режущих лезвиях могут быть рекомендованы для обработки сильно искривленных корневых каналов в виду высокой гибкости и малого риска нарушения исходной анатомии канала.

Выводы

В целом, основными конструктивными особенностями системы инструментов ProFile являются сохранение вдоль оси инструмента отношения внутреннего и наружного диаметров и шага нарезки, а также наличие направляющих ленточек на лезвиях инструмента. Анализ основных конструктивных параметров данных инструментов позволил выделить их характерные свойства:

1. Высокая гибкость.
2. Устойчивость к циклическим нагрузкам.
3. Способность сохранять исходную анатомию корневых каналов.
4. Низкая скорость обработки.
5. Выраженный эффект вкручивания у инструментов большого размера.

Таким образом, перечисленные выше свойства инструментов ProFile позволяют рекомендовать их для обработки значительно искривленных корневых каналов.

Поступила 01.10.2012

Координаты для связи с авторами:
127473, Москва, ул. Делегатская, д.20, стр. 1, МГМСУ
Кафедра терапевтической стоматологии
и эндодонтии ФПДО

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wan J., Rasimik B. J., Musikant B. L., Deutsch A. S. A comparison of cyclic fatigue resistance in reciprocating and rotary nickel-titanium instruments // Aust Endod J. 2011. №37 (3). P. 122-127.
2. Lee M. H., Versluis A., Kim B. M., Lee C. J., Hur B., Kim H. C. Correlation between experimental cyclic fatigue resistance and numerical stress analysis for nickel-titanium rotary files // J Endod. 2011. №37 (8). P. 1152-1157.
3. Shen Y., Qian W., Abtin H., Gao Y., Haapasalo M. J. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments // J Endod. 2011. №37 (7). P. 997-1001.
4. Huang H. M., Chang W. J., Teng N. C., Lin H. L., Hsieh S. C. Structural analysis of cyclic-loaded nickel-titanium rotary instruments by using resonance frequency as a parameter // J Endod. 2011. №37 (7). P. 993-996.
5. Adorno C. G., Yoshioka T., Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths // J Endod. 2011. №37 (4). P. 522-525.
6. Yum J., Cheung G. S., Park J. K., Hur B., Kim H. C. Torsional strength and toughness of nickel-titanium rotary files // J Endod. 2011. №37 (3). P. 382-386.
7. Setzer F. C., Kwon T. K., Karabucak B. Comparison of apical transportation between two rotary file systems and two hybrid rotary instrumentation sequences // J Endod. 2010. №36 (7). P. 1226-1229.
8. Al-Omari M. A., Aurich T., Wirtti S. Shaping canals with ProFiles and K3 instruments: does operator experience matter? // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010. №110 (3). P. 50-55.
9. Ersev H., Yilmaz B., Ciftcioglu E., Ozkarsli S. F. A comparison of the shaping effects of 5 nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010. №109 (5). P. 86-93.
10. Stewart J. T., Lafkowitz S., Appelbaum K., Hartwell G. Distortion and breakage of Liberator, EndoSequence, and ProFile systems in severely curved roots of molars // J Endod. 2010. №36 (4). P. 729-731.
11. Oh S. R., Chang S. W., Lee Y., Gu Y., Son W. J., Lee W., Baek S. H., Bae K. S., Choi G. W., Lim S. M., Kum K. Y. A comparison of nickel-titanium rotary instruments manufactured using different methods and cross-sectional areas: ability to resist cyclic fatigue // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010. №109 (4). P. 622-628.
12. Plotino G., Grande N. M., Melo M. C., Bahia M. G., Testarelli L., Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature // Int Endod J. 2010. №43 (3). P. 226-230.
13. Vahid A., Roohi N., Zayeri F. A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length // Aust Endod J. 2009. №35 (2). P. 93-97.
14. Chow D. Y., Stover S. E., Bahcall J. K., Jaunberzins A., Toth J. M. In vitro comparison of the rake angles between K3 and ProFile endodontic file systems // J Endod. 2005. №31 (3). P. 180-182.
15. Sonntag D. Schneidengeometrie und Effizienz voll-rotierender Nickel-Titan-Feilen // Endodontie. 2003. №12. P. 229-241.
16. Беляева Т. С., Ржанов Е. А. Конструктивные особенности вращаемых (ротационных) эндодонтических инструментов // Эндодонтия. 2010. №4. С. 3-12.
- Beljaeva T. S., Rzhanov E. A. Konstruktivnye osobennosti vrashchaemyh (rotatsionnyh) endodonticheskikh instrumentov // Endodontija. 2010. №4. С. 3-12.