

Экспериментальная оценка влияния степени расширения корневых каналов на устойчивость корней зубов к возникновению вертикальной трещины

И.М. МАКЕЕВА*, д.м.н., проф.

С.Ф. БЯКОВА*, к.м.н., доц.

Н.Е. НОВОЖИЛОВА*, асс.

Д.В. ЛИПИНСКИЙ**

М.А. СЕВОСТЬЯНОВ**, к.т.н., с.н.с.

А.С. БАКИН**, м.н.с.

*Кафедра терапевтической стоматологии

Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченов

**Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН

г. Москва

The experimental study of the influence of root canal enlargement on the susceptibility of dental roots to vertical fracture

I.M. MAKEEVA, S.F. BYAKOVA, N.E. NOVOZHILOVA, D.V. LIPINSKIY, M.A. SEVOST'YANOV, A.S. BAIKIN

Резюме: Цель исследования: изучить влияние степени расширения корневого канала на устойчивость зуба к возникновению вертикальной трещины с использованием стандартизированной модели.

В исследовании были использованы бычьи зубы ($n = 20$), из которых изготавливали экспериментальные образцы цилиндрической формы, разделенные на две группы в зависимости от ширины корневого канала. Образцы были подвергнуты воздействию вертикальной статической нагрузки в универсальной испытательной машине до возникновения трещины. Были определены средние значения максимально выдержанной нагрузки в каждой группе. Для статистической обработки применяли тест Манна-Уитни в программе SPSS Statistics.

В среднем в группе с меньшим внутренним диаметром образование вертикальных трещин происходило при нагрузке $438,60 \pm 29,84$ кгс (медиана составила 437,88 кгс). В группе с большим диаметром ($1/2$ внешнего диаметра образца) – при нагрузке $293,21 \pm 68,23$ кгс (медиана составила 301,79 кгс). Различия между группами были статистически достоверны ($p = 0,001$).

Было показано, что степень расширения корневого канала влияет на устойчивость зубов к возникновению вертикальной трещины корня.

Ключевые слова: вертикальная трещина корня, эндодонтическое лечение, степень расширения корневого канала, эндодонтически леченые зубы.

Abstract: Purpose: to study the influence of the extent of root canal enlargement on the resistance of tooth to vertical root fracture.

Bovine teeth were used ($n = 20$) from which experimental cylindrical samples were fabricated and divided into two groups according to root canal diameter. The samples were subjected to vertical static load in universal testing machine until vertical root fracture occurrence. Average values of maximal load were fixed in each group. Mann-Witney test was used in SPSS Statistics program to assess the significance of differences between groups.

Average load values for the group with smaller were $438,60 \pm 29,84$ kgf (median was 437,88 kgf) and in the group with larger canal diameter were $293,21 \pm 68,23$ kgf (median was 301,79 kgf). The differences between groups were statistically significant ($p = 0,001$).

It was shown that the extent of root canal influences on the resistance of the root to fracture.

Key words: vertical root fracture, endodontic treatment, root canal enlargement, root filled teeth.

Актуальность

Вертикальная трещина корня (ВТК) — это продольная трещина зуба, которая возникает изначально в области

корня [10]. Наиболее часто вертикальная трещина корня образуется в эндодонтически леченых зубах и практически всегда приводит к удалению зуба [4, 6, 10, 11].

Одним из факторов, способствующих возникновению вертикальной трещины корня, считают истончение стенок корня в процессе механической обработки корневого канала [5, 10].

Ниже рассмотрены экспериментальные и расчетные исследования, проведенные с целью определения влияния степени расширения корневого канала на устойчивость зубов к образованию ВТК.

В исследовании Lertchirakarn с соавт. (2003) был использован анализ методом конечных элементов для оценки влияния формы канала и толщины стенок корня на распределение и величину нагрузки на стенки корневого канала. Для этого в компьютерной программе были созданы виртуальные модели высотой 3 мм, соответствующие по форме и размерам поперечного сечения основным типам корней зубов, и было изучено распределение напряжения в данных моделях при наличии силы, воздействующей изнутри канала. Было показано, что наиболее благоприятным является распределение нагрузки в зубах с округлой формой поперечного сечения и с округлым каналом. При изменении формы канала на овальную напряжение было тем выше, чем меньше был радиус «закругления» канала в плоскости поперечного сечения. То есть чем дальше была форма просвета канала от округлой и ближе к щелевидной, тем более неблагоприятно было распределение нагрузки на дентин. При этом происходило изменение распределения напряжения: оно концентрировалось в вестибуло-оральном направлении. При уменьшении толщины стенок величина напряжения пропорционально возрастала. На основании этих данных был сделан вывод о влиянии степени расширения корневого канала на устойчивость зубов к возникновению ВТК.

Sathorn C. с соавт. (2005) с помощью анализа методом конечных элементов также определяли влияние толщины дентина, радиуса изгиба корневого канала и внешней формы корня на вероятность образования ВТК. Было показано, что степень расширения корневого канала влияет на локализацию возникающих участков напряжения в сохранившихся тканях зуба. Кроме того, авторы определили, что при наличии щелевидного канала обработка и закругление его просвета в вестибуло-оральном направлении создает более благоприятные условия для распределения нагрузки. Тем не менее, был сделан вывод, что трещина корня непредсказуема и удаление большого объема дентина не всегда приводит к повышению вероятности ее возникновения. По мнению авторов, вероятность возникновения ВТК зависит от сочетания многих факторов, при этом,

в зависимости от конкретной клинической ситуации, любой из факторов может оказаться решающим [13].

Результаты лабораторных исследований с использованием универсальных испытательных машин на удаленных зубах противоречивы. В работах Alsaady A. A. с соавт. (2012) не было выявлено достоверных отличий между устойчивостью к возникновению трещин зубов, обработанных с помощью ручных инструментов по стандартной методике Step back и различных машинных никель-титановых файлов (Quantec LX, ProTaper, V-Taper) [7]. В исследовании Tavanafar S. с соавт. (2015) при расширении корневого канала с помощью файлов BioRace до размера 40.04 зубы были достоверно более устойчивы к возникновению ВТК по сравнению с зубами, в которых расширение каналов проводили по методике Step Back с помощью ручных К-файлов с мастер-файлом 40. При этом не было показано достоверных различий между указанными группами и группой, в которой использовали файлы WaveOne (расширение до размера 40.08) [16]. В исследовании Wilcox с соавт. (1997) было показано, что микротрещины в процессе obturации не образовывались при расширении корневого канала менее чем на 30% от площади поверхности поперечного сечения корня (степень расширения подтверждали рентгенологически) [14]. В то же время ВТК с большой вероятностью возникали при расширении на 40% и более. В исследовании Zandbiglari T. с соавт. (2006) было показано, что расширение корневого канала до большей конусности (с помощью GT-файлов) приводило к значительному ослаблению корней зубов по сравнению с корнями, каналы которых были расширены с помощью ручных инструментов и инструментов FlexMaster [15].

В пилотном исследовании мы оценивали влияние механической обработки корневого канала, а также формы поперечного сечения корня на устойчивость зубов к возникновению вертикальных трещин. Для этого бычьих зубы, разделенные на две группы — с округлым и овальным поперечным сечением корня, с расширением корневого канала в каждой группе до 1/2 либо до 1/3 диаметра корня, подвергали воздействию вертикальной статической нагрузки (на штифт) в универсальной испытательной машине. Несмотря на то что в исследование включали зубы от животных, близких по возрасту, стандартизированные по размерам (с погрешностью в пределах 15%), статистически достоверные различия между группами с различной степенью расширения корневого канала получены не были [3].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью экспериментальной модели определить влияние толщины стенок корня (степени расширения корневого канала) на устойчивость зуба к возникновению вертикальных трещин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании были использованы 20 бычьих постоянных центральных резцов от животных в возрасте от 36 до 48 месяцев. Зубы были декоронированы с помощью турбинного наконечника и алмазного бора; пульпа зубов была удалена с помощью пульпэкстракторов.

На токарном станке SV18RA (TOS, Чехия) из зубов были выточены одинаковые образцы в форме полого цилиндра с параметрами: высота — 10 мм, внешний диаметр — 6 мм, внутренний диаметр — 3 мм (1/2 диаметра «корня», $n = 10$) и 2 мм (1/3 диаметра «корня», $n = 10$) (рис. 1). Погрешность в размерах образцов составляла до 0,02 мм. В процессе хранения зубы помещали во



Рис. 1. Образец, выпиленный из бычьего зуба



Рис. 2. Вертикальная трещина, образовавшаяся в стенке образца

влажную среду для предотвращения потери дентином свободной воды. Образцы подвергали воздействию вертикальной статической нагрузки в испытательной машине Instron со скоростью 0,5 мм в секунду и регистрировали кривую нагружения/деформации. Момент образования трещины определялся на графике как резкое падение нагрузки.

Максимальную нагрузку, которую выдержал образец до образования трещины, фиксировали и заносили в таблицу. Затем вычисляли средние значения по группам и медианы. Для оценки статистической достоверности результатов проводили сравнение групп с помощью непараметрического теста Манна-Уитни в компьютерной программе SPSS Statistics.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате воздействия вертикальной статической нагрузки на образцы происходило образование вертикальных трещин, подобных вертикальным трещинам, которые образуются в корнях зубов в естественных условиях (рис. 2).

Максимальная нагрузка, выдержанная образцами до образования трещин, представлена в табл. 1.

В среднем в группе с меньшим внутренним диаметром (1/3 внешнего диаметра образца) образование вертикальных трещин происходило при нагрузке $438,60 \pm 29,84$ кгс (медиана составила 437,88 кгс). В группе с большим диаметром (1/2 внешнего диаметра образца) — при нагрузке в $293,21 \pm 68,23$ кгс (медиана составила 301,79 кгс). Различия между группами были статистически достоверны ($p = 0,001$).

Обсуждение результатов

Для изучения прочности зубов и восстанавливающих их конструкций, в основном, используют исследования двух видов: расчетные (с помощью методов математического моделирования) и экспериментальные на удаленных зубах с использованием универсальных испытательных машин. Оба эти варианта имеют определенные ограничения. Так, исследования с помощью анализа конечных элементов подразумевают некоторые допущения и упрощения. Как правило, считают, что образование трещины происходит под воздействием силы, действующей на стенки каналов изнутри, причем эта сила распределена равномерно и в каждой точке приложения перпендикулярна поверхности [12, 13]. Кроме того, механические свойства дентина считаются равномерными по всем направлениям и всему объему образца. В то же время, согласно современным представлениям, считается, что вертикальная трещина образуется в участках концентрации напряжения при воздействии циклической жевательной нагрузки и значительно реже — при воздействии спредера в процессе пломбирования каналов [11]. При этом спредер не может ока-

зывать равномерное давление на всю поверхность канала. Механические свойства дентина, в свою очередь, изменяются в различных участках корня и неодинаковы в различных направлениях [17]. Кроме того, в исследованиях данного типа невозможно учесть наличие микродефектов на поверхности корневого канала, образовавшихся в процессе механической обработки [13].

С другой стороны, исследования, проводимые с помощью универсальных испытательных машин на удаленных зубах, также имеют недостатки: сложно добиться стандартизации образцов, вследствие чего велик разброс значений нагрузки в группах. Наличие изгибов канала и нецентрированное расположение корневого канала делает практически невозможным обеспечение одинакового направления распределения нагрузки для разных образцов [1, 2]. Имеющиеся отклонения от вертикальной оси приводят к изменению перераспределения нагрузки и, соответственно, влияют на результат. Вероятно, с этим связана противоречивость результатов подобных исследований: Alsaady A. A. с соавт. (2012) не было выявлено достоверных отличий прочности зубов с различной степенью расширения корневых каналов [7]. В исследовании Tavanafar S. с соавт. (2015) разброс значений в каждой группой был чрезвычайно велик (максимальные и минимальные значения в каждой группе отличаются практически в два раза) [16]. С данным ограничением мы столкнулись в ходе проведения первой серии экспериментов, когда в качестве материала были использованы целые бычьи зубы: не было обнаружено статистически достоверных различий между группами с различной механической обработкой. В качестве решения возникшей проблемы было предложено провести выпиливание однотипных цилиндрических образцов с заданными размерами из крупных постоянных центральных бычьих резцов.

Ранее уже предпринимали попытки получения экспериментальной модели из зубов, обработанных механически с целью придания им одинаковой формы. В исследовании Ayad M. F. с соавт. (2011) образцы стандартизировали за счет обработки корней снаружи и создания приблизительно одинаковой толщины стенок (около 0,5 мм) для имитации наименее благоприятной клинической ситуации [8]. В описанной работе было показано статистически достоверное отличие между группами с различными протоколами медикаментозной обработки, при этом среднеквадратичное отклонение по группам было относительно невелико. Эти данные соответствуют результатам нашего исследования, в котором при использовании в качестве экспериментальной модели полого цилиндра с заданной толщиной стенок, изготовленного из бычьих зубов, были получены статистически достоверные различия устойчивости образцов к образованию вертикальных трещин в зависимости от толщины стенок (величины внутреннего диаметра).

Вывод

В группе с расширением корневых каналов до 1/2 диаметра корня образование вертикальной трещины происходит при достоверно меньшей нагрузке, по сравнению с группой, где корневые каналы расширены до 1/3 диаметра корня.

Поступила 03.06.2016

Координаты для связи с авторами:

121059, г. Москва, ул. Можайский вал, д. 11, 7 этаж

Таблица 1. Нагрузка (кгс) при которой происходило образование трещин в образцах из различных групп

Величина внутреннего диаметра	$M \pm \sigma$	Медиана
1/2 внешнего диаметра	$293,21 \pm 68,23$	301,79
1/3 внешнего диаметра	$438,60 \pm 29,84$	437,88
p	—	0,001

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алямовский В. В., Левенец О. А., Левенец А. А. Множественные анатомические вариации строения маляров верхней челюсти // Эндодонтия today. 2014. №4. С. 22–25.

Aljamovskij V. V., Levenec O. A., Levenec A. A. Mnozhestvennyye anatomicheskie variacii stroenija maljarov verhnjej cheljusti // Endodontija today. 2014. №4. С. 22–25.]

2. Кукушкин В. Л., Кукушкина Е. А., Кукушкин Я. В. Клинические аспекты топографии эндодонта (по данным компьютерной томографии) // Эндодонтия today. 2014. №2. С. 10–14.

Kukushkin V. L., Kukushkina E. A., Kukushkin Ja. V. Klinicheskie aspekty topografii enodonta (po dannym komp'yuternoj tomografii) // Endodontija today. 2014. №2. С. 10–14.]

3. Макеева И. М., Бякова С. Ф., Казаков Я. В., Новожилова Н. Е. Влияние механической и медикаментозной обработки корневых каналов на устойчивость зубов к возникновению вертикальных трещин корня (пилотное исследование) // Стоматология. 2016. №1. С. 14–17.

Makeeva I. M., Byakova S. F., Kazakov Ya. V., Novozhilova N. E. The resistance of teeth to vertical root fractures after mechanical preparation and irrigation of root canal (pilot study) // Stomatologiya. 2016. №1. С. 14–17.

4. Макеева И. М., Бякова С. Ф., Новожилова Н. Е. Ретроспективный анализ историй болезни пациентов с диагнозом «вертикальная трещина корня» // Современные концепции научных исследований. Медицинские науки: сб. статей. №4. — М., 2014. — С. 131–133.

Makeeva I. M., Bjakova S. F., Novozhilova N. E. Restrospektivnyj analiz istorij bolezni pacientov s diagnozom «vertikal'naja treshhina kornja» / Makeeva I.M., Bjakova S.F., Novozhilova N.E. // Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovanij. Medicinskie nauki: sb. statej. №4. — М., 2014. — С. 131–133.

5. Маркин В. А., Никулин А. В., Гринев А. В. Восстановление культи зубов после эндодонтического лечения с помощью анкерных штифтов и композитного материала химического отверждения // Эндодонтия today. 2012. №4. С. 28–32.

Markin V. A., Nikulin A. V., Grinev A. V. Vosstanovlenie kul'tej zubov posle endodonticheskogo lechenija s pomoshh'ju ankernyh shtiftov i kompozitnogo materiala himicheskogo otverzhenija // Endodontija today. 2012. №4. С. 28–32.

6. Февралева А. Ю. Восстановление коронки зубов после эндодонтического лечения. Часть 1 // Эндодонтия today. 2009. №4. С. 49–57.

Fevraleva A. Ju. Vostanovlenie koronki zubov posle endodonticheskogo lechenija. Chast' 1 // Endodontija today. 2009. №4. С. 49–57.

7. Alsaady A. A., Gholam M. K., Oglah F. S. Evaluation of fracture resistance and fracture pattern of roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation // MDJ. 2012. Vol. 9. P. 16–21.

8. Ayad M. F., Bahannan S. A., Rosenstiel S. F. Influence of irrigant, dowel type, and root-reinforcing material on fracture resistance of thin-walled endodontically treated teeth // Journal of Prosthodontics. 2011. Vol. 20. P. 180–189.

9. Huang T. J., Schilder H., Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin // Journal of Endodontics. 1992. №18 (5). P. 209–215.

10. Khasnis S. A., Kidiyoor K. H., Patil A. B., Kenganal S. B. Vertical root fractures and their management // J Conservative Dentistry. 2014. №17 (2). P. 103–110.

11. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. Endodontic Topics. 2006. №13. P. 57–83.

12. Lertchirakarn V., Palamara J. E., Messer H.H. Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture // J Endod. 1999. Vol. 25. P. 99–104.

13. Sathorn C., Palamara J., Messer H. A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern // J Endod. 2005. Vol. 31 (4). P. 283–287.

14. Wilcox L. R., Roskelley C., Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture // Journal of Endodontics. 1997. №23 (8). P. 533–534.

15. Zandbiglari T., Davids H., Schäfer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots // Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics. 2006. №101 (1). P. 126–131.

16. Tavanafar S., Karimpour A., Karimpour H., Saleh A.M., Saeed M.H. Effect of different instrumentation techniques on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth // J Dent Shiraz Univ Med Sci. 2015. Vol. 16 (1). P. 50–55.

17. Brauer D. S., Hilton J. F., Marshall G. W., Marshall S. J. Nano- and micromechanical properties of dentine: Investigation of differences with tooth side // Journal of Biomechanics. 2011. Vol. 44 (8). P. 1626–1629.

ВСЕ ДЛЯ ДЕНТАЛЬНОЙ ФОТОГРАФИИ

зеркала, контрасторы и другие аксессуары в интернет-магазине

тел.: 8 800 200 6131, e-mail: sale@stomprom.ru, www.stomprom.ru

