

«Торк-аут» тест — новый метод измерения адгезивной прочности фиксации штифтов

А.С. БОБРОВСКАЯ*, аспирант

А.В. МИТРОНИН*, д.м.н., профессор, декан стомат. фак-та, зав. кафедрой

С.С. ГАВРЮШИН**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой

*Кафедра кариесологии и эндодонтии

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава РФ

**Кафедра робототехники и комплексной автоматизации МГТУ им. Н.Э. Баумана

«Torque-out» test — a new technique of evaluation of adhesive bond strength of fiber posts

A.S. BOBROVSKAYA, A.V. MITRONIN, S.S. GAVRIUSHIN

Резюме

Излагается новая методика определения адгезивной прочности фиксации стекловолоконных штифтов, названная авторами «торк-аут» тест. В отличие от известных способов испытания, в которых к образцу прикладывается растягивающая или сжимающая нагрузка, нагружение производится крутящим моментом. Образцы для определения адгезивной прочности конкретного сочетания штифт–цемент могут быть изготовлены в клинических условиях без использования специального оборудования. Приводится описание разработанной авторами компактной установки, предназначенной для оценки в клинических условиях адгезивной прочности соединения по величине предельного крутящего момента. Методами математического моделирования проведено сопоставление напряженно-деформированного состояния, возникающего в образцах при проведении «пуш-аут» и «торк-аут» тестов.

Ключевые слова: измерение адгезии, стекловолоконный штифт, торк-аут, постэндодонтическая реставрация.

Abstract

A new technique for evaluation of adhesive bond strength of fiber posts is presented. It called by the authors the “torque-out” test. Unlike the known test methods, in which a tensile or compressive load is applied to the sample, the load is produced by the torque. Samples for testing of a specific combination of post and cement can be manufactured chairside without using of special equipment. A compact installation developed by the authors designed to assess the adhesive bond strength of the connection by the value of the maximum torque is described. Using numerical modeling, the stress-strain state that occurs in the samples during push-out and torque-out tests was compared.

Key words: adhesive bond strength, fiber post, torque-out, postendodontic restoration.

Реставрация зубов со значительным разрушением коронковой части, как правило, требует применения различных штифтовых конструкций [2]. Стекловолоконные штифты приобрели популярность среди клиницистов благодаря своим эстетическим, манипуляционным и прочностным характеристикам [3]. Однако выяснилось, что среди неудач [5] при их применении более 60% связаны с расцементировкой (дебондингом) из-за сниженной способности гладких эластичных полимерных штифтов к ретенции в корневом канале.

Для устранения этого недостатка исследователи по всему миру проводят различные испытания в поисках оптимальных методик подготовки и фиксации штифтов [1]. Большинство исследований, в которых оценивается прочность фиксации стекловолоконных штифтов, носят лабораторный характер, так как такой дизайн исследования позволяет достичь стандартизованных условий оценки и непосредственного измерения величины адгезии стекловолоконных штифтов и фиксирующих цементов. И хотя клинические исследования остаются золотым стандартом качества

для оценки той или иной технологии в медицине, лабораторные тестирования позволяют быстро получить первую достоверную информацию о новых материалах и технологиях [7].

Известны два принципиально различных подхода к проведению тестовых испытаний, применяемых для исследования прочности адгезивного соединения в стоматологии: тесты на микросдвиг и на микрорастяжение [5]. При проведении тестов на микросдвиг один из субстратов адгезии фиксируется неподвижно, а к другому прикладывается усилие, действующее по направлению оси, параллельной плоскости контакта между субстратами. В процессе теста определяется предельное усилие, возникающее в момент разрушения образца. К тестам первой группы относятся так называемые микро «пуш-аут» и «пулл-аут» тесты. При реализации микро «пуш-аут» теста производится выдавливание фрагмента штифта из подготовленного препарата, полученного путем горизонтальных распилов образца. При проведении «пулл-аут» теста производится выдергивание ранее зафиксированного в подготовленном препарате штифта.

Тесты на микросдвиг сегодня широко распространены, но среди их основных недостатков следует отметить значительную частоту случаев когезивного разрушения субстрата. Это происходит вследствие возникновения сложной схемы распределения нагрузки в процессе испытания и может приводить к ошибочной трактовке результатов [6].

Ко второй группе следует отнести тесты на микрорастяжение [8], при которых сила прикладывается по оси, направленной перпендикулярно плоскости адгезивного соединения. Тест на микрорастяжение был первоначально разработан для оценки прочности тканей зуба на растяжение, однако позднее был применен для измерения прочности адгезии к эмали и дентину [7]. При проведении этого теста подготовка тестовых препаратов заключается в распиливании образца на «брусочки», содержащие фрагмент штифта, фиксирующего цемента и участка адгезивного соединения между ними. После чего к препаратам прикладывается растягивающая нагрузка до момента разрушения. Малый размер образцов обеспечивает довольно равномерное распределение нагрузки, что ограничивает возможность когезивных разрывов и помогает оценивать непосредственно прочность адгезивного соединения [10]. К тому же из одного образца можно получить несколько фрагментов для тестирования, что приводит к меньшему разбросу данных [6]. Однако авторы исследования [7], посвященного сравнению различных методов тестирования адгезии, с такими выводами не согласны. В их работе при подготовке образцов для теста на микрорастяжение преждевременному разрушению подверглись 46 образцов из 50, что вынудило авторов исключить этот метод подготовки из дальнейшего анализа.

К недостаткам описанных способов относится сложность подготовки препаратов, используемых при исследовании. Так, например, осуществление распилов требует применения специального высокоточного технологического оборудования. Кроме того, на этапе подготовки образцов возможно изменение физико-механических свойств и структуры препарата вплоть до его разрушения за счет агрессивного воздействия инструмента. Непосредственное проведение эксперимента требует применения дорогостоящего стационарного оборудования (универсальные испытательные машины, типа Instron [9] и др.) и практически недоступно в клинических условиях.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать способ измерения адгезивной фиксации стекловолоконных штифтов, не требующий сложной подготовки образцов и применения стационарного оборудования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установка для определения прочности адгезивного соединения стоматологических штифтов и фиксирующих цементов состоит из жесткой рамы, шаблона для штифтов, цангового зажима, вала, передающего крутящий момент, тензометрического чувствительно-

го элемента, микрометрического винта, создающего усилие, контроллера, соединенного с компьютером проводами через разъем USB (рис. 1).



Рис. 1. Компактная установка для проведения испытаний

Для проведения испытаний на станке с числовым программным управлением с помощью системы SPRUTCAM были изготовлены шаблоны из тетрафторполиэтилена (рис. 2).



Рис. 2. Шаблон для штифтов из ТФПЭ

Для проведения испытания штифты устанавливаются в подготовленный шаблон, в углубление вокруг штифтов вносится цемент для фиксации и проводится полимеризация согласно инструкции производителя. Шаблон фиксируется в специальном гнезде на раме устройства. Исследуемый штифт закрепляется при помощи цангового зажима, при этом тензометрический чувствительный элемент устанавливается в исходное положение, контролируемое микрометрическим винтом. С помощью программы, установленной на компьютере, обнуляется значение крутящего момента. Последовательным вращением микрометрического винта осуществляется воздействие на тензометрический чувствительный элемент, связанный через вал и цангу с испытуемым штифтом. Значение крутящего момента отражается на диаграмме компьютера (рис. 3). По достижении разрушения соединения штифта с цементом максимальное значение крутящего момента фиксируется, а процесс нагружения прекращается.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Новая методика измерения адгезивной прочности фиксации стекловолоконных штифтов получила название «торк-аут» тест. В отличие от известных способов

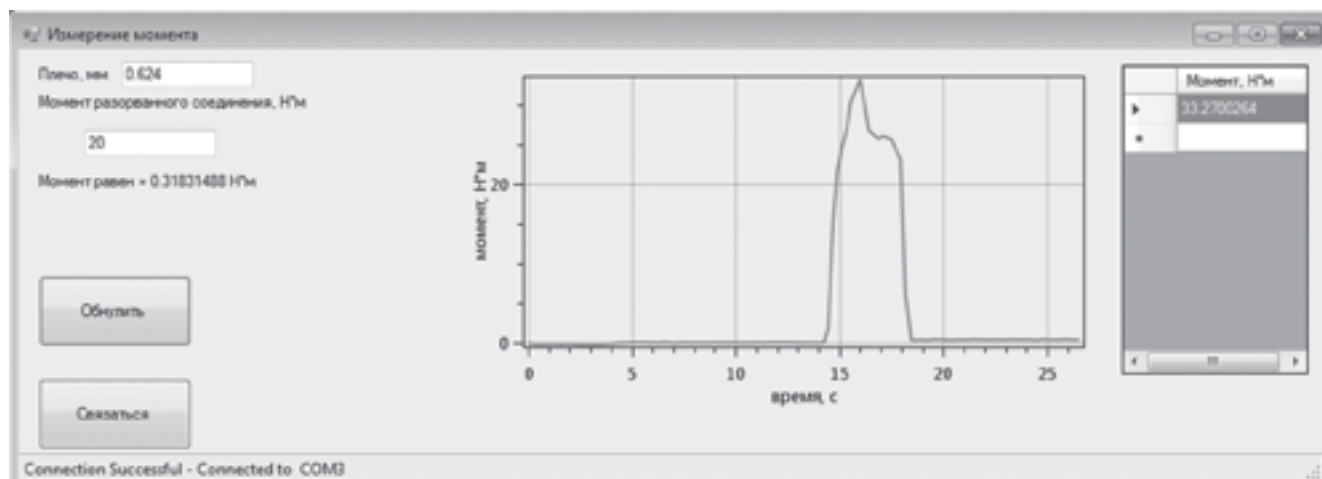


Рис. 3. Скриншот диаграммы проведения испытания

испытания, в которых к образцу прикладывается растягивающая или сжимающая нагрузка, предлагается нагружать образцы крутящим моментом. Образцы для исследования изготавливаются с применением штифтов, цемента (и при необходимости удаленных зубов) в клинических условиях без использования технологического оборудования для распилов. Разработанная компактная установка для измерения крутящего момента позволяет проводить оценку адгезивной прочности соединения без использования стационарного испытательного оборудования.

Методом конечных элементов [11] проведено численное моделирование разработанного «торк-аут» теста и его сравнение с широко известным «пуш-аут» тестом (рис. 4). Модуль упругости первого рода и коэффициент Пуассона для штифта принимались равными характеристикам дентина [4]: $E_1=18,6$ ГПа и $\nu_1 = 0,31$. Соответствующие параметры для цемента равнялись $E_2=5,1$ ГПа, и $\nu_2 = 0,27$. Материалы предполагались изотропными.

Характер распределения эквивалентных напряжений по высоте слоя цемента позволяет сделать вывод о качественном совпадении данных зависимостей для «торк-аут» и «пуш-аут» тестов, что позволяет производить сопоставление экспериментальных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Таким образом, разработанная методика, получившая название «торк-аут» тест, позволяет оценивать адгезивную прочность фиксации стекловолоконных штифтов и фиксирующих цемента и делать обоснованный выбор способа реставрации в конкретном клиническом случае.
2. Предложенная установка является альтернативой применению дорогостоящего стационарного оборудования и доступна в клинических условиях.
3. Консервативная методика подготовки препаратов является менее трудоемкой, поскольку не требует распилов, и таким образом исключает вероятность изменения физико-механических свойств и структуры образцов в процессе подготовки к исследованию.
4. Результаты численного моделирования показали возможность сопоставления данных «торк-аут» теста с другими известными методиками определения адгезивной прочности фиксации.

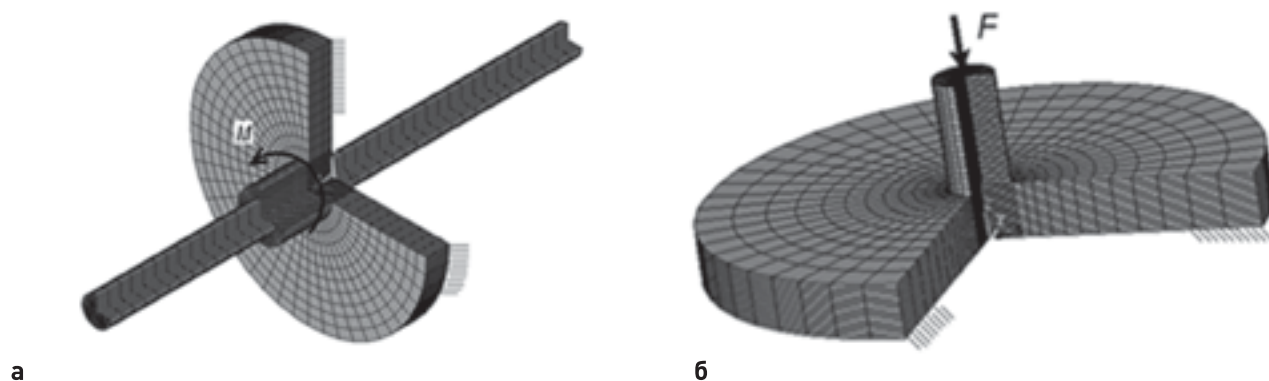


Рис. 4. Конечно-элементные модели образцов для проведения «торк-аут» (а) и «пуш-аут» тестов (б)

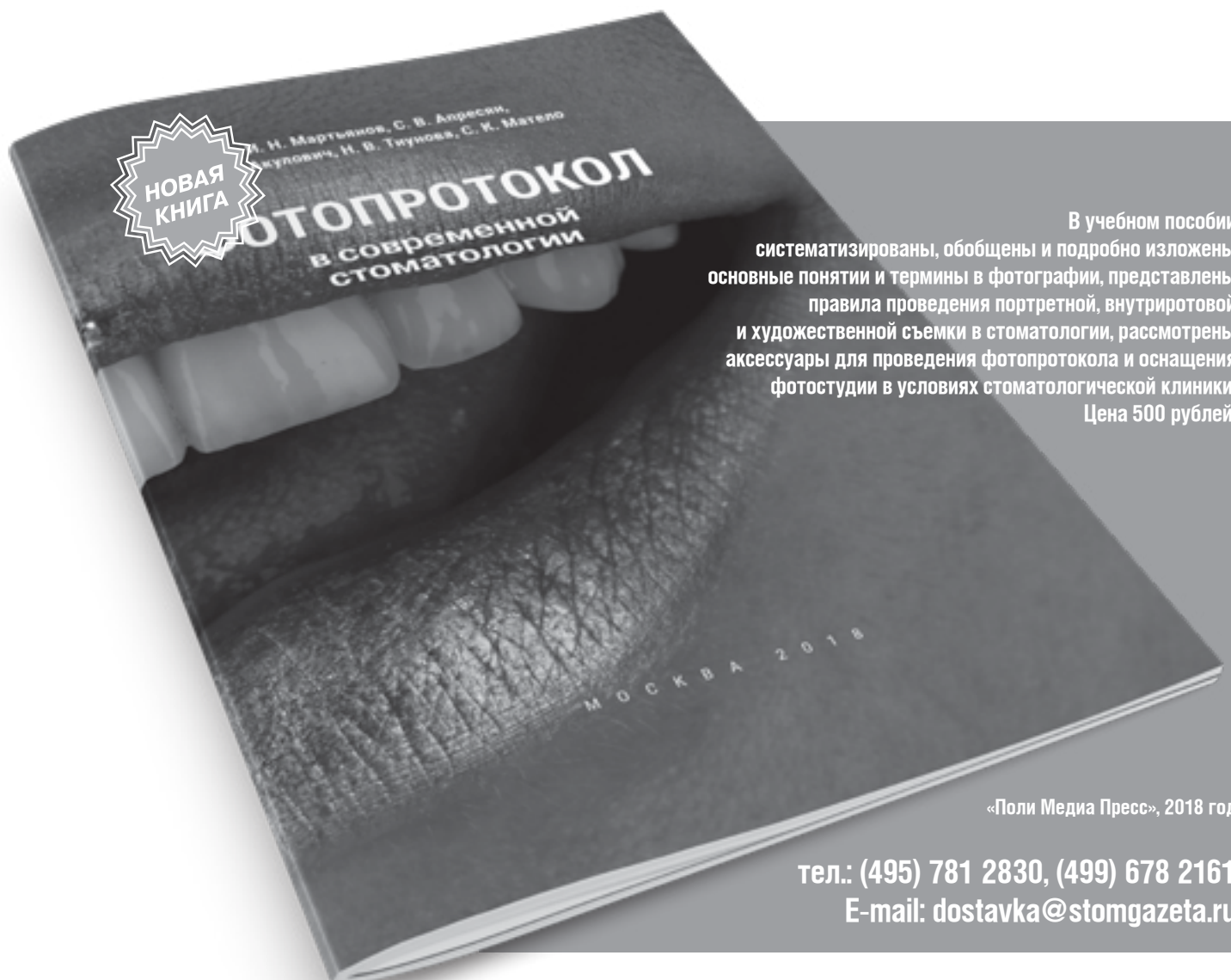
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотова Л. Ю., Недосеко В. Б., Маршалок О. И., Золотов А. Н., Соловьев С. И., Логунов В. В. Влияние нагрузки на прочностные характеристики комплекса: дентин-фиксирующий цемент — стекловолоконный пост (экспериментальное исследование) // Эндодонтия today. 2016. № 2. С. 16-18.
2. Золотова Л. Ю., Недосеко В. Б., Маршалок О. И., Золотов А. Н., Соловьев С. И., Логунов В. В. Vlijanje nagruzki na prochnostnye karakteristiki kompleksa: dentin-fiksirujushij cement — steklovolokonnyj post (eksperimental'noe issledovanie) // Endodontija today. 2016. № 2. S. 16-18.
3. Кукушкин В. Л., Никулина В. Ю., Кукушкина Е. А. О постэндодонтической реставрации зубов // Эндодонтия today. 2011. № 4. С. 61-62.
4. Kukushkin V. L., Nikulina V. Ju., Kukushkina E. A. O postjendodonticheskoj restavracii zubov // Endodontija today. 2011 № 4. S. 61-62.
5. Николаев А. И., Романов А. М., Нестерова М. М., Левченкова Н. С. Эстетические, биомеханические и технологические аспекты восстановления коронковой части эндодонтически леченных зубов // Эндодонтия today. 2018. № 1. С. 72-76.
6. Nikolaev A. I., Romanov A. M., Nesterova M. M., Levchenkova N. S. Est eticheskie, biomehanicheskie i tehnologicheskie aspekty vosstanovlenija koronkovoј chasti jendodonticheski lechennyh zubov // Endodontija today. 2018. № 1. S. 72-76.
7. Asmussen E., Peutzfeldt A., Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth // J. Prosthet. Dent. 2005. № 21. P. 709-715.
8. Castellan C. S., Santos-Filho P. C. F., Soares P.V., Soares C. J., Cardoso P.E.C. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests // J. Adhes. Dent. 2010. № 12. P. 477-485.
9. Cecchin D., Farina A. P., Vitti R. P., Moraes R. R., Bacchi A., Spazzin A. O. Acid etching and surface coating of glass-fiber posts: bond strength and interface analysis // Brazilian Dental Journal. 2016. V. 27. № 2. P. 228-233.
10. Goracci C., Grandini S., Bossu M., Bertelli E., Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: A review // Journal of Dentistry. 2007. № 35. P. 827-835.
11. Sano H., Shono T., Sonoda H., Takatsu T., Ciucchi B., Carvalho R., Pashley D. H. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength — evaluation of a micro-tensile bond test // Dent. Mater. 1994. V. 10. № 4. P. 236-240.
12. Soares S. J., Santana F. R., Castro C. G., Santos-Filho P. C. F., Soares P. V., Qian F., Armstrong S. R. Finite element analysis and bond strength of glass post to intraradicular dentin: Comparison between microtensile and push-out tests // Dental Materials. 2008. № 24. P. 1405-1411.
13. Sumitha M., Kothandaraman R., Sekar M. Evaluation of post-surface conditioning to improve interfacial adhesion in post-core restorations // Journal of Conservative Dentistry. 2011. № 14. P. 28-31.
14. Zienkiewicz O. C. The finite element method. 3rd ed.— London: McGraw-Hill, 1977. — 483 p.

Поступила 14.08.2018

Координаты для связи с авторами:

127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 20/1



В учебном пособии систематизированы, обобщены и подробно изложены основные понятия и термины в фотографии, представлены правила проведения портретной, внутриротовой и художественной съемки в стоматологии, рассмотрены аксессуары для проведения фотопотокола и оснащения фотостудии в условиях стоматологической клиники. Цена 500 рублей.

«Поли Медиа Пресс», 2018 год

тел.: (495) 781 2830, (499) 678 2161
E-mail: dostavka@stomgazeta.ru