

## Математическое прогнозирование прочности корня зуба с литой штифтовой вкладкой

В.Н. Олесова<sup>1</sup>, Н.А. Узунян<sup>2</sup>, К.В. Шматов<sup>1</sup>, Р.С. Заславский<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации» ФМБА России, Москва,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова», Москва,

<sup>3</sup>Центр стоматологии и косметологии РОАНГОЛИ, Москва

## Mathematical prediction of the strength of the root of a tooth with a cast pin insert

V.N. Olesova<sup>1</sup>, N.A. Uzunyan<sup>2</sup>, K.V. Shmatov<sup>1</sup>, R.S. Zaslavskij<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FGBOU DPO «Institute for Advanced Studies of FMBA of Russia», Moscow, Russia,

<sup>2</sup>Department of Periodontology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Yevdokimov, Moscow, Russia,

<sup>3</sup>The Center for dentistry and cosmetology ROANGOLI, Moscow, Russia

### Аннотация

**Актуальность.** В клинической практике нередко переломы корня зуба, несущего литую штифтовую вкладку и искусственную коронку. Это обстоятельство требует изучения прочности корня при нагрузке зуба в разных условиях. **Цель исследования:** трехмерное математическое моделирование прочностных параметров корня, керамической коронки и литой штифтовой вкладки при функциональных нагрузках. **Материалы и методы.** С использованием компьютерной программы SolidWorks проведено трехмерное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния однокорневого зуба, восстановленного керамической коронкой на литой штифтовой опоре, в разных условиях нагрузки (с использованием метода конечно-элементного анализа). При этом моделировались следующие условия нагрузки: свойства тканей зуба соответствовали интактным, моделируя ситуацию депульпирования перед протезированием, или ткани зуба соответствовали свойствам после длительного времени с момента депульпирования и протезирования; край искусственной коронки плотно фиксировался к корню зуба или корень зуба разрушался вследствие кариеса; нагрузка 150 Н прилагалась к режущему краю коронки или к небному скату под углом 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°. **Результаты исследования.** В сопоставлении с пределами прочности дентина корня зуба показаны критические ситуации, обуславливающие предельные напряжения в корне зуба: отклонение направления нагрузки от оси зуба свыше 30° на режущий край и 45° – на небную поверхность; разрушение кариесом корня зуба по краю коронки; большой срок с момента девитализации зуба в связи с ослаблением физико-механических свойств тканей зуба. Функционирование штифтовой конструкции в однокорневом зубе не приводит к разрушению корня зуба при функциональной нагрузке независимо от срока с момента депульпирования опорного зуба, если искусственная коронка не воспринимает направление нагрузки более 30° на режущий край и 45° на небную поверхность.

**Ключевые слова:** штифтовая вкладка, корень зуба, напряжения, предел прочности.

### Abstract

**Relevance.** In clinical practice, we frequently meet fractures of the tooth root, bearing a cast pin insert and an artificial crown. This circumstance requires the study of the root strength when the tooth is loaded under different conditions. **Study goal:** three-dimensional mathematical modeling of the root strength parameters, the ceramic crown and the cast pin insert under functional loads. **Material and methods.** Using the computer program SolidWorks, a three-dimensional mathematical simulation of the stress-strain state of a single-root restored with a ceramic crown on a cast pin support was carried out under different load conditions (using the finite element analysis method). The following loading conditions were modeled: the properties of the tooth tissues corresponded to intact, modeling the situation of depulping before prosthetics or tooth tissue corresponded to properties after a long time from the moment of depulping and prosthetics. The edge of the artificial crown was firmly fixed to the tooth root or it was destroyed due to caries; load 150 N was applied to the cutting edge of the crown or to the palatal slope at an angle of 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, and 90°. **Results of the study.** In comparison to the strength limits of the tooth root dentin, critical situations that determine the ultimate stresses in the root are shown: the deviation of the load direction from the tooth axis over 30° to the cutting edge and 45° - to the palatal surface; caries destruction of the root along the edge of the crown; a long period from the moment of tooth devitalization in connection with the weakening of physical and mechanical properties of tooth tissues. The functioning of the pin structure in the single-root does not lead to its destruction under functional loading, regardless of the time from the moment of depulping of the supporting tooth, if the artificial crown does not perceive the load direction more than 30° on the cutting edge and 45° - on the palatal surface.

**Key words:** post and core crown, tooth root, stress, ultimate tensile strength of tooth.

Опираясь на практический опыт, стоматолого-ортопеды нередко высказывают мнение о недолговечности штифтовых конструкций, применяемых при значительном разрушении коронковой части зуба [1]. Это мнение объясняется наличием хронического воспаления в периодонте вследствие разрушения зуба при пульпите и периодонтите и даже при девитализации зуба по ортопедическим показаниям. Однако мало изучен биомеханический аспект удаления штифтовых конструкций в связи с трещинами и расколами опорного корня, хотя такие ситуации нередки в клинике дентальной имплантологии.

Цель исследования: трехмерное математическое моделирование прочностных параметров корня, керамической коронки и литой штифтовой вкладки при функциональных нагрузках.

### Материалы и методы

С использованием компьютерной программы SolidWorks проведено трехмерное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния однокорневого зуба, восстановленного керамической коронкой на литой штифтовой опоре, в разных условиях нагрузки (с использованием метода конечно-элементного анализа) [2-4].

Таблица 1

Физико-механические свойства материалов математической модели

Материал	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел прочности при растяжении, МПа
Хромкобальт	248 000	0,3	690
Керамика	22 400	0,19	300
Дентин (сразу после депульпирования)	14 700	0,31	55
Дентин (в отдаленные сроки после депульпирования)	2600	0,31	20

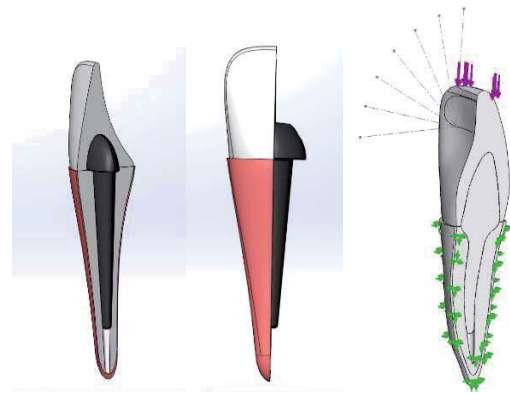


Рисунок. Модель штифтовой конструкции.

Физико-механические свойства и размер составляющей штифтовой конструкции соответствовали естественным (табл. 1, см. рисунок). При этом моделировались следующие условия нагрузки: свойства тканей зуба соответствовали интактным, моделируя ситуацию депульпирования перед протезированием, или ткани зуба соответствовали свойствам после длительного времени с момента депульпирования и протезирования; край искусственной коронки плотно фиксировался к корню зуба или корень зуба разрушался вследствие кариеса; нагрузка 150 Н прилагалась к режущему краю коронки или к небному скату под углом 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°.

### Результаты и обсуждение

Как установлено, в стандартных условиях функционирования штифтовой вкладки, изготовленной через определенный период после депульпирования зуба, в дентине корня зуба к пределу прочности (20 МПа) приближаются напряжения при нагрузке режущего края под углом более 30° (от 26,332 МПа при 30° до 50,515 МПа при 90°), при нагрузке небной поверхности – под углом более 45° (от 27,498 МПа при 45° до 41,430 МПа при 90°) (табл. 2).

Таблица 2

Максимальные напряжения по Мизесу в корне зуба в разных условиях функционирования штифтовой конструкции

Нагрузка		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Режущий край	ранние сроки после депульпирования	24,482	38,927	65,970	88,746	110,746	130,678	141,700
	отдаленные сроки после депульпирования	9,156	15,557	26,332	35,353	41,981	46,438	50,515
	пришеечное разрушение корня	11,780	26,683	47,742	66,156	80,071	88,540	90,981
Небная поверхность	ранние сроки после депульпирования	34,552	27,030	48,840	68,368	83,353	102,243	115,072
	отдаленные сроки после депульпирования	12,707	10,728	19,699	27,498	33,460	37,160	41,430
	пришеечное разрушение корня	16,856	19,005	36,038	52,454	65,315	73,725	77,118

Примечание: напряжения выше предела прочности.

В случае установки штифтовой вкладки в зуб, депульпированный непосредственно перед протезированием, в корне зуба предельные напряжения зафиксированы при тех же направлениях и местах приложения нагрузки, как и при моделировании дентина с большим сроком после депульпирования. Так, при нагрузке по режущему краю максимальные напряжения в корне зуба развиваются под углом нагрузки 30° и нёбной поверхности — 45° (соответственно 65,970 и 68,368 МПа).

При разрушении кариесом тканей корня по краю искусственной коронки в сравнении с исходной ситуацией увеличиваются напряжения в корне зуба и при смещении вертикальной нагрузки на 15° регистрируются предельные напряжения при приложении нагрузки как к режущему краю, так и к нёбной поверхности (соответственно 26,683 и 19,005 МПа).

### Заключение

Как видно, функционирование штифтовой конструкции в однокорневом зубе не приводит к разрушению корня зуба при функциональной нагрузке независимо от срока с момента депульпирования опорного зуба, если искусственная коронка не воспринимает направление нагрузки более 30° на режущий край и 45° — на нёбную поверхность. Наиболее разрушительной для корня является ситуация поражения кариесом корня зуба по краю коронки, поскольку отклонение на 15° от вертикального направления нагрузки режущего края и нёбной поверхности вызывает в корне предельные напряжения.

### Литература

1. Шарин А.Н., Бондаренко Н.А. Прогноз и отдаленные результаты применения штифтовых конструкций с опорой на депульпированные зубы (Часть I). *Российский вестник денальной имплантологии*. 2011; 1: 70-75 [Sharin A.N., Bondarenko N.A. *Medical Prognosis and Long-Term*

*Outcomes of Shaft Structures Application Supported by Pulpless Teeth. (Part 1). Rossiyskiy vestnik dental'noy implantologii = Russian bulletin of dental implantology*. 2011; 1: 70-75. In Russian].

2. Арутюнов С.Д., Джалалова М.В., Степанов А.Г., Зязиков М.Д. Влияние уровня резекции корня зуба на величины перемещений и напряжений трансдентального имплантата в структуре костной ткани. *Российский вестник денальной имплантологии*. 2015; 1: 31-35 [Arutyunov S.D., Djalalova M.V., Stepanov A.G., Zyazikov M.D. *Influence of the level of resection of the tooth root on the magnitudes of the displacement and stress transgending of the implant in the bone tissue structure Rossiyskiy vestnik dental'noy implantologii = Russian bulletin of dental implantology*. 2015; 1: 31-35. In Russian].

3. Гаража С.Н., Чвалун Е.К., Гришилова Е.Н., Хачатуров С.С., Готлиб А.О., Рахаева Д.Ю. Биомеханические и конструктивные особенности несъемных зубных протезов с медиальной опорой. *Российский стоматологический журнал*. 2016; 1: 6-9 [Garazha S.N., Chvalun E.K., Grishilova E.N., Hachaturov S.S., Gotlib A.O., Rahaeva D. Yu. *Biomechanical and design features of non-removable dentures with medial support. Rossiyskiy stomatologicheskij zhurnal = Russian Dental Journal*. 2016; 1: 6-9. In Russian].

4. Загорский В.А., Загорский В.В. Морфофункциональная концепция функционирования зубных рядов и принципы конструирования протезов. *Российский вестник денальной имплантологии*. 2011; 2: 4-14 [Zagorskiy V.A., Zagorskiy V.V. *Morphofunctional Concept of Dentition Function and Principles of Prosthesis Design. Rossiyskiy vestnik dental'noy implantologii = Russian bulletin of dental implantology*. 2011; 2: 4-14. In Russian].

Для корреспонденции/Corresponding author

Олесова Валентина Николаевна/Olesova Valentina  
olesova@implantat.ru