

*В.Р. Шашмурина, Л.И. Девликанова, Е.Н. Чумаченко*  
**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНДО-  
ПАРОДОНТАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ОДНОКОРНЕВЫХ ЗУБОВ**

*ФГБОУ ВО Смоленский государственный медицинский университет*

*Минздрава России*

**Резюме.** Изучено напряжённо-деформированное состояние системы «зуб – пародонт» в зависимости от степени резорбции костной ткани альвеолярного гребня и морфологических последствий эндодонтического лечения зубов. При помощи математического моделирования, конечно-элементного анализа и теории Шлейхера-Надаи установлено, что при заболеваниях пародонта эндодонтическое лечение однокорневых зубов в ситуации хорошей минерализации костной ткани не приводит к увеличению порога максимально допустимых жевательных нагрузок. В случае возникновения необходимости удаления пульпы зуба, следует стремиться либо к отсутствию замещения периодонта фиброзной тканью, либо к замещению его на 1/3 и более длины корня. Биомеханические закономерности диктуют дифференцированный выбор методов и материалов для пломбирования корневых каналов зубов, а также пересмотр коэффициентов одонтопародонтограммы в зависимости от произошедших изменений в периодонте после эндодонтического лечения зубов.

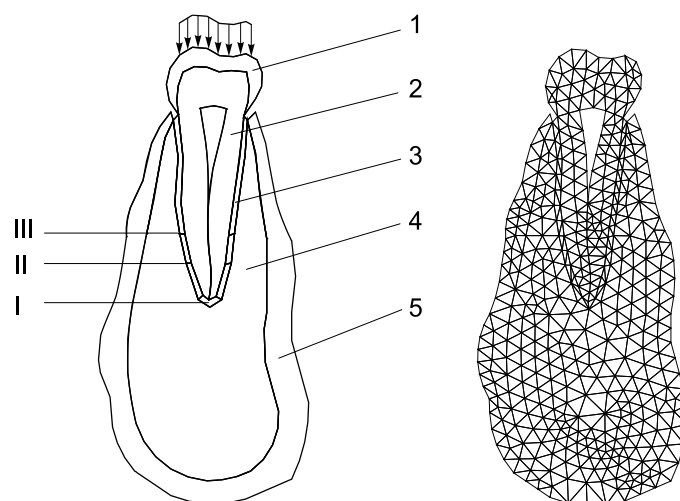
**Ключевые слова:** пародонт, периодонтит, эндо-пародонтальный синдром, функциональная перегрузка зуба.

**Актуальность.** Болезни пародонта являются ведущей стоматологической проблемой [1]. На сегодняшний день одним из дискуссионных вопросов является тактика врача при эндо-пародонтальных поражениях, являющихся результатом взаимосвязи воспалительных изменений пульпы и воспалительно-деструктивных изменений тканей пародонта [2, 3].

Ключевыми аспектами лечения эндо-пародонтальных комбинированных поражений являются эндодонтическое лечение, а также купирование воспаления и санация пародонтального кармана. Существует точка зрения, согласно которой после эндодонтического лечения в области верхушки корня зуба формируется плотная фиброзная ткань, которая более жестко «связывает» зуб с альвеолой [4]. Анализ публикаций позволяет сделать заключение, что к настоящему времени в стоматологии остается невыясненным вопрос о влиянии различных методов пломбирования корневых каналов на состояние пародонтального комплекса. Замещение части периодонтальной ткани фиброзной меняет механические свойства системы «зуб – пародонт», что необходимо учитывать при оценке риска перегрузки зубов. Возможности математического моделирования позволяют решать задачи прогноза функционального состояния биомеханических систем.

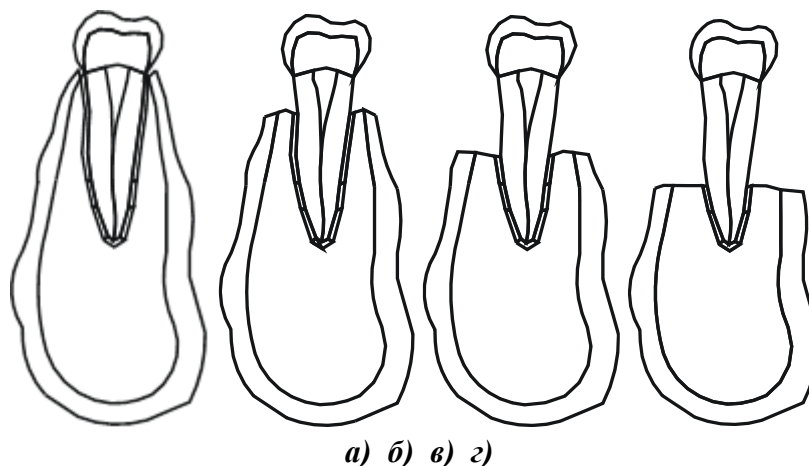
Цель исследования: изучение особенностей биомеханического взаимодействия элементов системы «зуб – пародонт» в условиях различной резорбции костной ткани альвеолярного гребня и замещения части периодонта фиброзной тканью после эндодонтического лечения зуба.

**Материал и методы исследования.** Основным методом исследования стало математическое моделирование. Для расчета напряженно-деформированного состояния биомеханической системы «зуб - пародонт» создана биомеханическая модель (рис. 1).



**Рис. 1. Биомеханическая модель «зуб – пародонт» и её конечно-элементная аппроксимация (сечение в вестибуло-оральном направлении): 1 – эмаль, 2 – дентин, 3 – периодонт, 4 – зубчатая кость, 5 – кортикальная кость; I, II, III – уровни замещения периодонта фиброзной тканью**

Построены расчётные схемы для четырех степеней резорбции костной ткани (рис. 2).

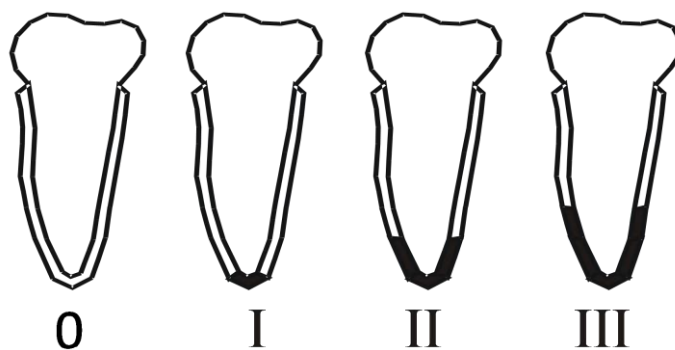


**Рис. 2. Степени резорбции костной ткани: а) резорбция отсутствует; б) степень резорбции на 1/3 длины корня; в) степень резорбции на 1/2 длины корня; г) степень резорбции на 2/3 длины корня.**

Применение различных материалов и методов пломбирования корневых каналов зубов влияет на протяженность замещения периодонта фиброзной тканью [5]. Рассмотрены следующие уровни замещения периодонта: 0 – без замещения, I – на уровне апикальной части корня, II – на уровне 1/4 части длины корня от апикальной части, III – на уровне 1/3 части длины корня от апикальной части (рис. 1, 3).

Механические свойства костных тканей в рассматриваемой модели, аппроксимированы набором констант теории упругости [6]. В работе использован предложенный Е.Н. Чумаченко и А.И. Воложиным (1999) прием гипотетического

представления зависимости между упругими характеристиками губчатой кости и ее плотностью. Относительная минеральная плотность костной ткани принята за 1250 HU.



**Рис. 3. Виды замещения периодонта фиброзной тканью (черным цветом) после эндодонтического лечения.**

Жевательная нагрузка, прилагаемая через зуб к костной ткани, передается через периодонт на губчатую кость, охватываемую по контуру кортикальной костью. При этом предполагается, что в нижней части внешнего контура кортикальной кости не имеется каких-либо смещений, а на границах смежных подобластей отсутствуют относительные сдвиги. Форма контуров костных тканей, приведенная на рис. 1, является среднестатистической и получена путем обобщения известных данных о строении однокорневых зубов [7]. В исследовании применили вертикальную нагрузку от 1 кг/мм<sup>2</sup>.

Система позволяет проводить индивидуальные расчёты на основании данных рентгенологического исследования.

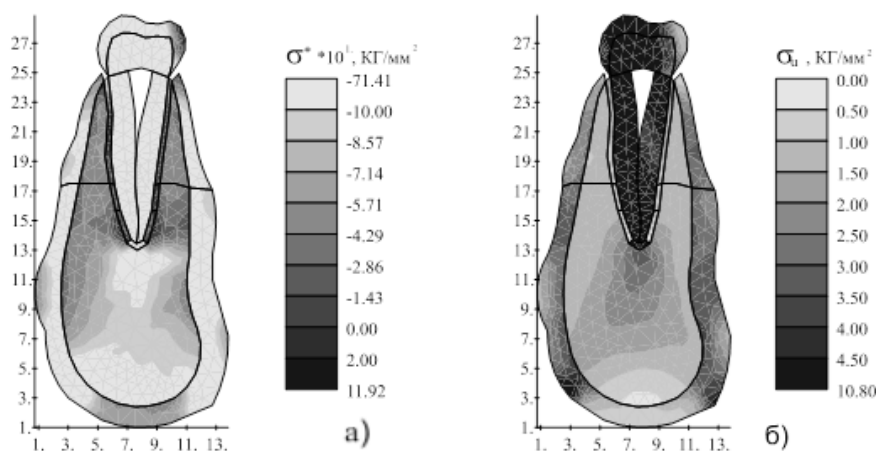
Расчеты выполнялись с помощью вычислительного комплекса SPLEN K, разработанного фирмой КОММЕК Лтд. [4]. При расчете пластических зон применяется метод упругих решений А.А.Ильюшина [6]; для оценки прочности биомеханической конструкции - теория разрушения Шлейхера-Надаи [6].

Главным оцениваемым параметром для каждого рассматриваемого случая (сочетания степени резорбции и уровня замещения периодонта фиброзной тканью) была предельная распределенная (максимальная допустимая) нагрузка на зуб ( $q$ ), превышение которой может привести к разрушению элементов системы «зуб – пародонт».

Дополнительными оцениваемыми результатами были поля средних напряжений и поля интенсивности напряжений, по которым строилась вероятностная оценка параметров возможных разрушений в костной ткани.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Анализ напряженно-деформированного состояния системы показал однотипную картину полей средних напряжений и интенсивности напряжений при различных степенях резорбции костной ткани. Зона максимальных значений интенсивности напряжений локализуется в губчатой кости в области вершины корня. Из всех шестнадцати расчётных схем наибольшую величину имели опасные растягивающие напряжения при замещении периодонта в апикальной части (I). Концентрировались они в зонах, прилегающих к

периоднту в непосредственной близости от верхних краев замещенной фиброзной ткани (рис. 4).



**Рис. 4. Поля напряжений в сечении зуба после эндодонтического лечения**  
 а) поле средних напряжений; б) поле интенсивности напряжений

Было установлено, что при физиологическом состоянии губчатой кости (отсутствие резорбции, относительная минеральная плотность 1250 HU) максимально допустимая нагрузка на зуб с живой пульпой и эндодонтически леченный зуб без замещения периодонта фиброзной тканью может достигать 13 кг/мм<sup>2</sup>. При аналогичных характеристиках костной ткани максимально допустимая нагрузка на эндодонтически леченный зуб с первым уровнем замещения периодонта фиброзными тканями резко падает до 8,8 кг/мм<sup>2</sup>; со вторым уровнем замещения она возрастает до 11 кг/мм<sup>2</sup>, а при третьем – до 12 кг/мм<sup>2</sup> (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Максимально допустимая нагрузка на зуб  
 (относительная плотность костной ткани 1250 HU)**

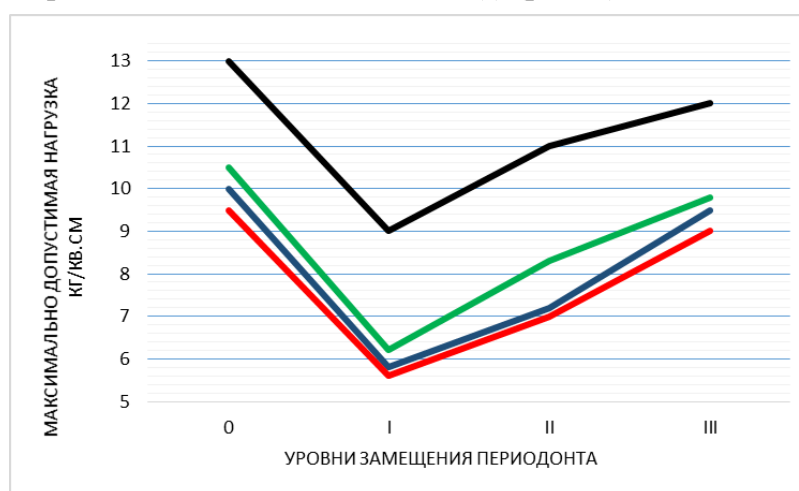
Состояние зуба	Состояние периодонта	Максимально допустимая нагрузка, q, кг/мм	
		отсутствие резорбции костной ткани	резорбция пародонта на 2/3 длины корня
интактный	интактный	13,0 кг/мм	9,4 кг/мм
состояние после эндодонтического лечения	интактный	13,0 кг/мм	9,4 кг/мм
	периодонт замещен фиброзной тканью в области апикальной части корня (I)	8,8 кг/мм	5,5 кг/мм
	периодонт замещен фиброзной тканью на 1/4 длины корня (II)	11,0 кг/мм	6,9 кг/мм
	периодонт замещен фиброзной тканью на 1/3 длины корня (III)	12,0 кг/мм	8,8 кг/мм

Из приведённых в табл. 1 данных следует, что эндодонтическое лечение однокорневых зубов с интактным пародонтом и незначительным замещением периодонта фиброзной тканью в апикальной части (I) приводит к снижению выносливости к нагрузке на 32,3%, а с замещением на 1/3 (III) – только на 10% по сравнению с зубами с интактной пульпой.

Таким образом, эндодонтическое лечение однокорневых зубов, имеющих резорбцию пародонта около 2/3 длины корня, и незначительным замещением периодонта фиброзной тканью в апикальной части (I) приводит к снижению

выносливости к нагрузке на 41,5%, а с замещением на 1/3 (III)– только на 3,3% по сравнению с зубами с интактной пульпой.

Установлено, что при относительной плотности губчатой кости 1250 НУ наилучшими характеристиками прочности обладают системы «зуб с интактной пульпой – пародонт» и «зуб после эндодонтического лечения без замещения периодонта фиброзной тканью - пародонт», независимо от степени резорбции губчатой кости. Наименьший запас прочности определяется у зубов после эндодонтического лечения при замещении периодонта в апикальной части (I) (рис. 5).



**Рис. 5. Предельно допустимые нагрузки на однокорневой зуб  $q$  (кг/мм<sup>2</sup>) для различных состояний резорбции костной ткани пациента в зависимости от последующего замещения периодонта фиброзной тканью.**

*Чёрная линия – отсутствие резорбции, зелёная – резорбция на 1/3, синяя – резорбция на 1/2, красная линия – резорбция на 2/3.*

*Уровни замещения периодонта – 0 (периодонт сохранён), I (замещение апикальной части), II (замещение на 1/4), III (замещение на 1/3).*

Результаты биомеханических исследований показали, что эндодонтическое лечение однокорневых зубов при хорошей минерализации костной ткани не приводит к повышению порога максимально допустимых нагрузок на комплекс «зуб - пародонт». Данный порог одинаков у зубов с интактной пульпой и депульпированных зубов, у которых в результате эндодонтического лечения не произошло замещения периодонта фиброзной тканью.

В случае возникновения необходимости удаления пульпы зуба по причине осложнений кариеса, деформаций зубных рядов, стойкой гиперестезии или включения зуба в штифтово-балочную шину следует учитывать: к каким изменениям периодонта это приведёт. Возможным последствием эндодонтического лечения является замещение периодонта фиброзной тканью, не выполняющей ряд свойственных ему функций. Задачами врача являются прогноз данных изменений в зависимости от метода и материалов для пломбирования корневых каналов. Следует избегать методов, приводящих к формированию фиброзной ткани на небольшом участке апикальной части корня. Аналогичная закономерность справедлива для всех рассмотренных степеней исходной резорбции пародонта.

Предпочтение нужно отдавать материалам, которые либо вообще не вызывают замещения периодонта фиброзной тканью, либо вызывают такое замещение минимум на 1/3 длины корня. Последнее наиболее актуально при резорбции пародонта более чем на 1/2 длины корня, что соответствует пародонтиту тяжёлой степени.

**Выводы.** На основании результатов данного исследования возможно внесение поправок в коэффициенты одонтопародонтограммы в зависимости от того, проводилось ли эндодонтическое лечение и каковы его последствия для периодонта. Изменения выносливости комплекса «зуб - пародонт» к нагрузке при этом составляют от 3,3% до 41,5%. Это существенно влияет на выбор методов устранения функциональной перегрузки пародонта. Так, при замещении периодонта депульпированных зубов фиброзной тканью менее чем на 1/4 длины корня, изменяются правила определения количества зубов, включаемых в шину, в сторону увеличения их количества.

Результаты данного исследования позволят повысить качество лечения больных с заболеваниями пародонта в отношении профилактики и устранения функциональной перегрузки зубов.

#### **Литература.**

1. Лебедеко И.Ю., Каливрадзиян Э.С. Ортопедическая стоматология: учебник. М.: ГЭОТАР – Медиа; 2012. 640 с.
2. Галеева З.Р. Морфофункциональные и этиопатогенетические связи при патологии эндодонта и пародонта / Галеева З.Р. // Эндодонтия today. 2012, 2: 3-7.
3. Максимова О.П. Две стороны эндодонтии / Максимова О.П. // Клиническая стоматология. 2012, 1: 32-34.
4. Чумаченко Е.Н., Шашмурина В.Р., Девликанова Л.И., Логашина И.В. Прогнозирование состояния зубочелюстной биомеханической системы до и после различных видов депульпирования. В кн.: Труды Второй международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине». М.: Изд. Санкт-Петербургского Политехнического университета; 2011; Т.1: 277-275.
5. Барер Г.М. Реакция тканей пародонта на пломбирование в эксперименте дефекта корня зуба различными материалами / Барер Г.М., Воложин А.И., Бойков М.И. // Стоматология. 2007; 1: 17-14.
6. Галеева З.Р. Значение плотности дентинных канальцев в патоморфогенезе эндодонтогенных поражений / Галеева З.Р., Мухамеджанова Л.Р. // Эндодонтия Today. 2012. № 3. С. 28-32.
7. Дмитриенко С.В., Краюшкин А.И., Сапин М.Р. Анатомия зубов человека М.: Медицинская книга; Н.Новгород: Изд-во НГМА; 2000: 196.

#### **Abstract.**

**V.R. Shashmurina, L.I. Devlikanova, E.N. Chumachenko  
BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF ENDO-PERIODONTAL  
LESIONS OF SINGLE ROOT TEETH**

**Smolensk state medical university, 214019, Smolensk, Russia**

The state of extensive deformation of 'tooth-parodont' system has been explored considering the stage of the alveolar crest bone resorption and anatomical consequences of tooth depulping. The research involving mathematical simulation in combination with the finite element analysis and Schleicher-Nadai theory has stated that removal of single-rooted teeth pulp caused by periodontal diseases does not increase the maximum allowable level of occlusal load in case of good bone mineralization. If it is necessary to remove the tooth pulp, one should strive either for periodontal tissue should not be substituted with fibrous tissue, or replaced with one third intra alveolar length. Biomechanical features imply a varied choice of methods and tooth filling materials used for filling root canals as well as revision of parodontogram rates in terms of periodont changes after pulp removal.

**Keywords:** periodontium, periodontitis, endo-periodontal syndrome, functional overload of the tooth.

#### **References.**

1. Lebedenko I. Yu., Kalivrajyan E. S. Orthopedic dentistry: textbook. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. 640 p.
2. Galeeva Z. R. Morphofunctional and etiopathogenetic connections in endodontic and periodontal pathology // Endodontia today. 2012, 2: 3-7.
3. Maksimova O. p. Two sides of endodontics / Maksimova O. P. // Clinical dentistry. 2012, 1: 32-34.
4. Chumachenko E. N., Shashmurina V. R., Devlikanova L. I., Logashina I. V. Predicting the state of the dental biomechanical system before and after various types of depulcation. In: Proceedings of the Second international scientific and practical conference "High technologies, fundamental and applied research in physiology and medicine". Saint Petersburg Polytechnic University; 2011; Vol. 1: 277-275.
5. barer G. M. Reaction of periodontal tissues to filling in the experiment of a root defect with various materials / barer G. M., Volozhin A. I., Boikov M. I. // Dentistry. 2007; 1: 17-14.
6. Galeeva Z. R. Value of density of dentine tubules in pathomorphogenesis of endo-periodontal lesions / Galeeva Z. R., Mukhamedzhanova L. R. // Endodontics Today. 2012. no. 3. Pp. 28-32.
7. Dmitrienko S. V., Krayushkin A. I., Sapin M. R. Anatomy of human teeth M.: Medical book; N. Novgorod: publishing house of ngma; 2000: 196.

**Сведения об авторах:** Шашмурина Виктория Рудольфовна – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой стоматологии факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. [Shahmurina@yandex.ru](mailto:Shahmurina@yandex.ru)

**Цитировать:** Шашмурина В.Р. Биомеханические характеристики эндо-пародонтальных поражений однокорневых зубов / В.Р. Шашмурина, Л.И. Девликанова, Е.Н. Чумаченко // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 52-58.