

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 616.314.18-06:616.314.17-002]-089.87-07

Шашмурина В.Р., Девликанова Л.И., Чумаченко Е.Н.

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕПУЛЬПАЦИИ ЗУБОВ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПАРОДОНТА

Смоленский государственный медицинский университет, 214019, г. Смоленск, Россия

*Изучено напряженно-деформированное состояние системы зуб – пародонт в зависимости от степени резорбции костной ткани альвеолярного гребня и морфологических последствий депульпации зубов. При помощи математического моделирования, конечно-элементного анализа и теории Шлейхера–Надаи установлено, что при заболеваниях пародонта депульпация 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 минимум на 1/3 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 депульпации зубов.*

**Ключевые слова:** пародонт; периодонт; депульпация зуба; предельно допустимая нагрузка.

**Для цитирования:** Шашмурина В.Р., Девликанова Л.И., Чумаченко Е.Н. Биомеханические особенности депульпации зубов при заболеваниях пародонта. Российский стоматологический журнал. 2017; 21 (2): 64-67. DOI 10.18821/1728-2802.2017.21(2):64-67

*Shashmurina V.R., Devlikanova L.I., Chumachenko E.N.*

### BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF PULP REMOVAL IN CASES OF PERIODONTAL DISEASES

Smolensk state medical university, 214019, Smolensk, Russia

*Abstract: 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 caused by periodontal diseases does not increase the maximum allowable level of occlusal load in case of good bone mineralization. Provided depulping is inevitable, periodontal tissue should either 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 a revision of parodontogram rates in terms of periodont changes after pulp removal.*

**Key words:** parodontium, periodont, depulpaion, maximum allowable level of occlusal load.

**For citation:** Shashmurina V.R., Devlikanova L.I., Chumachenko E.N. Biomechanical characteristics of pulp removal in cases of periodontal diseases. Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2017; 21 (2): 64-67. DOI 10.18821/1728-2802.2017.21(2):64-67

**For correspondence:** Shashmurina Victoria Rudolfovna, Dr. med. Sci., Professor, head. the Department of dentistry, Faculty of additional professional education "Smolensk state medical University of the Ministry of health of Russia, E-mail: shashmurina@yandex.ru

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

Received 23.01.17

Accepted 28.02.17

Болезни пародонта – ведущая стоматологическая проблема. Наибольшей распространенности (60–65%) пародонтит достигает у людей старше 30 лет [1]. Одной из задач лечения пациентов с заболеваниями пародонта становится профилактика или устранение функциональной перегрузки пародонта, которая на определенной стадии болезни оказывается одним из главных патогенетических факторов, определяющих ее течение.

Один дискуссионный вопрос в комплексной терапии заболеваний пародонта – показания к депульпации зубов. Практический опыт стоматологов показывает, что лечебный эффект может быть усилен, если в комплексе с противовоспалительными процедурами проводится депульпация зуба [2]. Она способствует уменьшению воспалительного про-

цесса в пародонте, приостановке резорбции костной ткани, стойкому клиническому эффекту [3].

Однако существует противоположная точка зрения, согласно которой депульпирование при пародонтите малоэффективно [4]. Депульпация приводит к раздражению и повреждению тканей периодонта в области верхушки корня зуба. В результате чего вместо частично разрушенных волокнистых структур периодонта формируется плотная фиброзная ткань, которая более жестко «связывает» зуб с альвеолой на некотором протяжении [5]. Анализ публикаций позволяет сделать заключение, что к настоящему времени в отечественной стоматологии, в практической плоскости 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 опорных тканей депульпированных зубов. Таким образом, механизм уменьшения подвижности зубов после депульпирования до конца не изучен.

Возможности современных информационных технологий позволяют решать задачи прогноза функционального со-

**Для корреспонденции:** Шашмурина Виктория Рудольфовна, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой стоматологии факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, E-mail: Shashmurina@yandex.ru

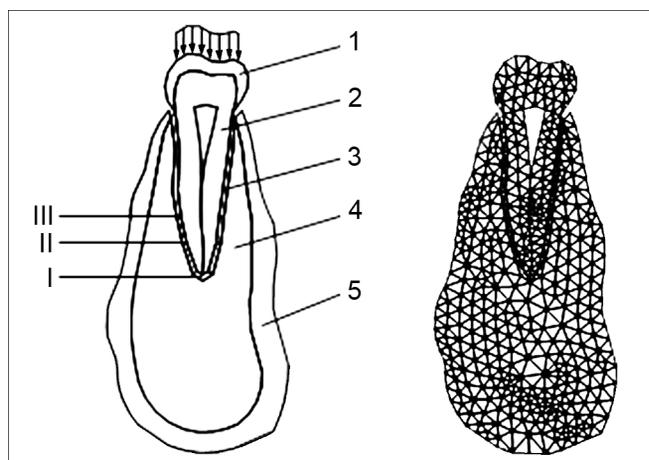


Рис. 1. Биомеханическая модель зуб – пародонт и ее конечно-элементная аппроксимация (сечение в вестибуло-оральном направлении).

1 – эмаль; 2 – дентин; 3 – периодонт; 4 – губчатая кость; 5 – кортикальная кость; I, II, III – уровни замещения периодонта фиброзной тканью.

стояния биомеханических систем методом математического моделирования.

Цель исследования – обоснование оптимального выбора методов лечения заболеваний пародонта на основании изучения особенностей биомеханического взаимодействия элементов системы зуб – пародонт в условиях различной резорбции костной ткани альвеолярного гребня и замещения части периодонта фиброзной тканью после депульпации зуба.

### Материал и методы

Для расчета напряженно-деформированного состояния биомеханической системы зуб – пародонт создана биомеханическая модель (рис. 1). Построены расчетные схемы для четырех степеней резорбции костной ткани (рис. 2).

Применение различных материалов и методов пломбирования корневых каналов зубов влияет на протяженность замещения периодонта фиброзной тканью [6]. 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 (см. рис. 1; 3).

Механические свойства костных тканей в рассматриваемой модели аппроксимированы набором констант теории упругости. В работе использован предложенный Е.Н. Чу-

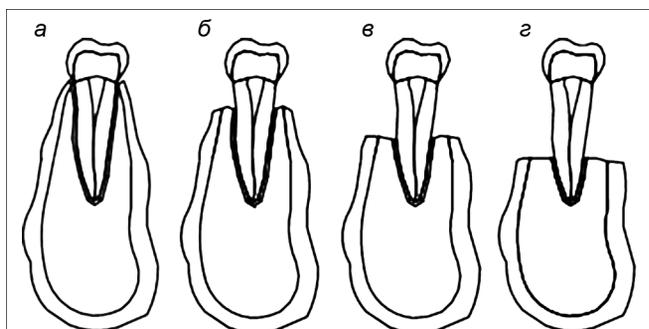


Рис. 2. Степени резорбции костной ткани.

а – резорбция отсутствует; б – степень резорбции на 1/3 длины корня; в – степень резорбции на 1/2 длины корня; з – степень резорбции на 2/3 длины корня.

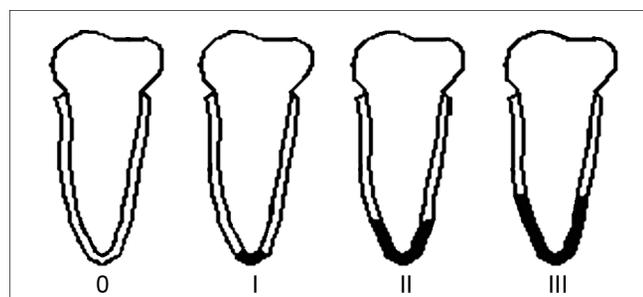


Рис. 3. Виды состояния периодонта. Черным цветом выделены места замещения периодонта фиброзной тканью после депульпации (объяснения в тексте).

маченко 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 НУ.

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, – среднестатистическая, она 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 расчеты на основании данных рентгенологического исследования.

Основным методом исследования стало математическое моделирование. Расчеты выполняли с помощью вычислительного комплекса SPLEN-K, разработанного фирмой КОММЕК Лтд. [5]. Вычислительная система SPLEN-K ориентирована на метод конечных элементов, расчет и оптимизацию неодносвязных и неоднородных форм элементов конструкций специального назначения. Матрица жесткости строится из соображений минимума виртуальной работы. Термоупругопластическая постановка в перемещениях приводит к существенно нелинейной задаче. При расчете пластических зон применяют метод упругих решений А.А. Ильюшина [8]; для оценки прочности биомеханической конструкции – теорию разрушения Шлейхера-Надаи [8].

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.

### Результаты исследования

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 16 расчетных схем наибольшую величину имели опасные растягивающие напряжения при замещении периодонта в апикальной части (I). Концентрировались они в зонах, прилегающих к периодонту в непосредственной близости от верхних краев замещенной фиброзной ткани (рис. 4).

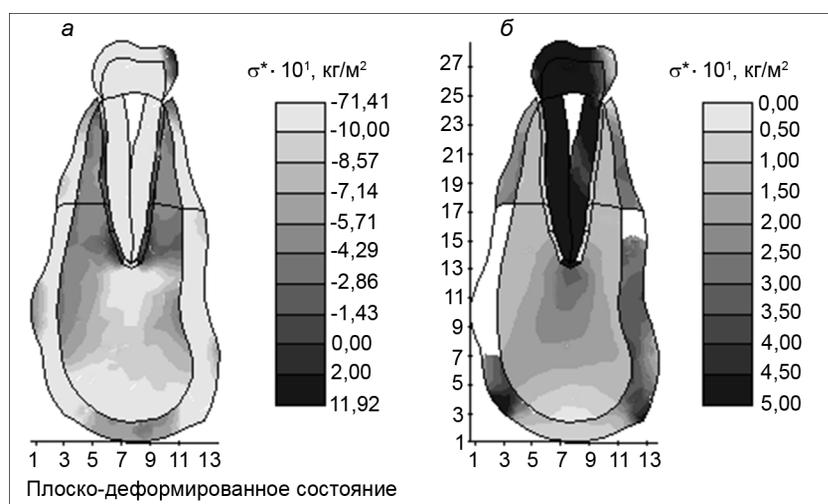


Рис. 4. Поля напряжений в сечении депульпированного зуба. а – поле средних напряжений; б – поле интенсивности напряжений.

Было установлено, что при физиологическом состоянии губчатой кости (отсутствие резорбции, относительная минеральная плотность 1250 HU) максимально допустимая нагрузка на зуб с живой пульпой и депульпированный зуб без замещения периодонта фиброзной тканью может достигать 13 кг/мм<sup>2</sup>. При аналогичных характеристиках костной ткани максимально допустимая нагрузка на депульпированный 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).

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что депульпация 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.

В табл. 2 приведены данные максимально допустимой нагрузки на зуб при пародонтите тяжелой степени.

Таким образом, депульпация однокорневых зубов, имею-

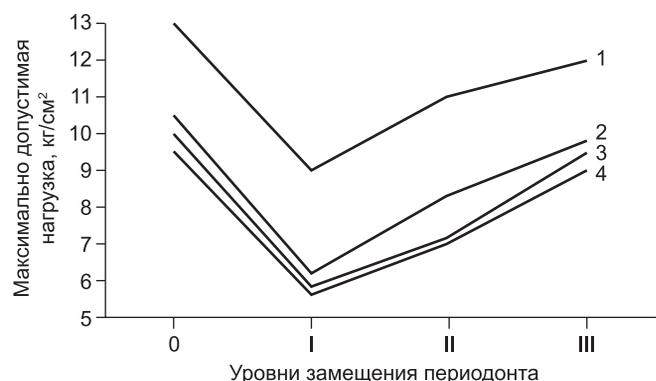


Рис. 5. Предельно допустимые нагрузки на однокорневой зуб q (кг/мм<sup>2</sup>) для различных состояний резорбции костной ткани пациента в зависимости от последующего замещения периодонта фиброзной тканью.

Черная линия – отсутствие резорбции, зеленая – резорбция на 1/3, синяя – резорбция на 1/2, красная линия – резорбция на 2/3. Уровни замещения периодонта – 0 (периодонт сохранен), I (замещение апикальной части), II (замещение на 1/4), III (замещение на 1/3).

щих резорбцию пародонта около 2/3 длины корня, и незначительное замещение 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 HU наилучшими характеристиками прочности обладают системы зуб с интактной пульпой – пародонт и депульпированный зуб без замещения периодонта фиброзной тканью – пародонт независимо от степени резорбции губчатой кости. Наименьший запас прочности определяется у депульпированных зубов при замещении периодонта в апикальной части (I) (рис. 5).

Таким образом, выявив степень резорбции костной ткани с помощью томографа, можно, воспользовавшись приведенными графиками, определить наиболее благоприятный вариант эндодонтического лечения.

### Обсуждение

Результаты биомеханических исследований показали, что депульпация однокорневых зубов в ситуации 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

Таблица 1. Максимально допустимая нагрузка на зуб (отсутствие резорбции костной ткани, относительная плотность костной ткани 1250 HU)

Состояние зуба	Состояние периодонта	Максимально допустимая нагрузка, q, кг/мм <sup>2</sup>
Интактный	Интактный	13
Депульпирован	Интактный	13
Депульпирован	Периодонт замещен в области апикальной части корня (I)	8,8
Депульпирован	Периодонт замещен на 1/4 длины корня (II)	11
Депульпирован	Периодонт замещен на 1/3 длины корня (III)	12

Таблица 2. Максимально допустимая нагрузка на зуб (резорбция пародонта на 2/3 длины корня, относительная плотность костной ткани 1250 HU)

Состояние зуба	Состояние периодонта	Максимально допустимая нагрузка, q, кг/мм <sup>2</sup>
Интактный	Интактный	9,4
Депульпирован	Интактный	9,4
Депульпирован	Периодонт замещен в области апикальной части корня (i)	5,5
Депульпирован	Периодонт замещен на 1/4 длины корня (ii)	6,9
Депульпирован	Периодонт замещен на 1/3 длины корня (iii)	8,8

эндодонтического лечения не произошло замещения периодонта фиброзной тканью. С биомеханической точки зрения депульпацию зубов без весомых к тому показаний не следует рассматривать как способ «укрепления» подвижных зубов.

Если возникает необходимость удаления пульпы зуба из-за осложнений кариеса, деформаций зубных рядов, стойкой гиперестезии или включения зуба в штифтово-балочную шину, следует учитывать, к каким изменениям периодонта это приведет. Возможное последствие эндодонтического лечения – замещение периодонта фиброзной тканью, не выполняющей ряд свойственных ему функций. Задачи врача включают определение прогноза 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 тяжелой степени.

### Заключение

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.

Авторы обращают внимание на то, что сделанные выводы правомочны только с позиций биомеханики для однокорневых зубов и высокой степени минерализации костной ткани.

Таким образом, научно обоснованные в данном исследовании практические рекомендации позволяют повысить качество лечения больных с заболеваниями пародонта, особенно в отношении профилактики и устранения функциональной перегрузки зубов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедеко И.Ю., Каливрадзиян Э.С. *Ортопедическая стоматология: Учебник*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
2. Новгородский С.В., Новосядлая Н.В., Березина А.Е. Опыт комплексного лечения эндодонтического синдрома. В кн.: *Ма-*

*териалы X Международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов*. СПб.; 2005: 125–4.

3. Сучко В.И. *Опыт депульпирования зубов при пародонтите. Актуальные вопросы эндодонтии: Труды ЦНИИС/ВНОС*. М.; 1990: 89–91.
4. Иванов В.С. *Заболевания пародонта*. М.: МИА; 2001.
5. 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; 1: 277–5.
6. Барер Г.М., Воложин А.И., Бойков М.И. Реакция тканей пародонта на пломбирование в эксперименте дефекта корня зуба различными материалами. *Стоматология*. 2007; 1: 17–4.
7. Дмитриенко С.В., Краюшкин А.И., Сапин М.Р. *Анатомия зубов человека*. М.: Медицинская книга; Н. Новгород: Изд-во НГМА; 2000.
8. Чумаченко Е.Н., Воложин А.И., Портной В.К., Маркин В.А. Гипотетическая модель биомеханического взаимодействия зубов и опорных тканей челюсти при различных значениях жевательной нагрузки. *Стоматология*. 1999; 78 (5): 4–8.

### REFERENCES

1. Lebedenko I.Yu., Kalivradzhiyan E.S. *Prosthetic Dentistry: A Textbook. [Ortopedicheskaya stomatologiya: uchebnik]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. (in Russian)
2. Novgorodskiy S.V., Novosyadlaya N.V., Berезина A.E. Experience of complex treatment endoparodontalno syndrome. In: *Proceedings of X International Conference of Maxillofacial Surgeons and Dentists. [Materialy X Mezhdunarodnoy konferentsii chelyustno-litsevykh khirurgov i stomatologov]*. St. Petersburg; 2005: 125–4. (in Russian)
3. Suchko V.I. *Experience Depulption Teeth in Periodontitis. Topical Issues of Endodontics: Proceedings CNIS/Air Warning. [Opyt depul'pirovaniya zubov pri parodontite. Aktual'nye voprosy endodontii: Trudy TsNIIS/VNOS]*. Moscow; 1990: 89–91. (in Russian)
4. Ivanov V.S. *Periodontal Disease. [Zabolevaniya parodonta]*. Moscow: MIA; 2001. (in Russian)
5. Chumachenko E.N., Shashmurina V.R., Devlikanova L.I., Logashina I.V. Prediction state dentition biomechanical system before and after various types depulption. In: *Proceedings of the Second International Scientific-practical Conference "High Technologies, Fundamental and Applied Research in Physiology and Medicine."* [Trudy Vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Vysokie tekhnologii, fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v fiziologii i meditsine"]. Moscow: Saint-Petersburg Univ. Polytechnic University; 2011; 1: 277–5. (in Russian)
6. Barer G.M., Volozhin A.I., Boykov M.I. The reaction of the periodontal tissues to filling in the root of the tooth defect experiment with different materials. *Stomatologiya*. 2007; 1: 17–4. (in Russian)
7. Dmitrienko S.V., Krayushkin A.I., Sapin M.R. *Anatomy of Human Teeth. [Anatomiya zubov cheloveka]*. Moscow: Medical book; Nizhniy Novgorod: Publishing house NSMA; 2000. (in Russian)
8. Chumachenko E.N., Volozhin A.I., Portnoy V.K., Markin V.A. Hypothetical model biomechanical interaction between the teeth and supporting tissues of the jaw for different values of the chewing load. *Stomatologiya*. 1999; 78 (5): 4–8. (in Russian)

Поступила 23.01.17

Принята в печать 28.02.17