

КОМПЬЮТЕРНОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНДО-ПАРОДОНТАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ

Д. А. Моисеев¹, В. А. Румянцев¹, С. И. Волков², Е. Г. Родионова¹, Д. В. Журавлева¹¹Кафедра пародонтологии,²Кафедра анатомии, гистологии и эмбриологии

ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинский университет Минздрава России

Статья посвящена работе по визуализации особенностей развития и лечения эндо-пародонтальных поражений для повышения уровня знаний студентов на основе впервые созданной компьютерной 3D-модели. На первом этапе на основе реальных образцов челюстных костей была воссоздана высокополигональная 3D-модель путем скульптинга. На втором этапе было проведено анкетирование 187 студентов 4–5 курсов стоматологического факультета по вопросам классификации, распространенности, этиологии и патогенеза, особенностей лечения эндо-пародонтальных поражений. В результате проведенной работы была получена 3D-модель, представленная в формате видеоролика с голосовым озвучиванием, детально отражающая анатомические особенности строения зуба и тканей пародонта, наглядно демонстрирующая этапы развития сочетанной эндо-пародонтальной патологии и современного комплексного лечения с использованием нанопрепаратов. Интеграция 3D-модели в интерактивное занятие со студентами достоверно повысило уровень их знаний об эндо-пародонтальных поражениях.

Ключевые слова: эндо-пародонтальные поражения; компьютерное 3D-моделирование; обучение.

COMPUTER 3D-MODELING OF ENDO-PERIODONTAL LESION

D. A. Moiseev, V. A. Romyantsev, S. I. Volkov, E. G. Rodionova, D. V. Zhuravleva

Tver State Medical University

The article is devoted to the attempt at visualization of the features of the development and treatment of endo-periodontal lesions to increase the level of knowledge of students based on the first created computer 3D model. At the first stage, based on real samples of jaw bones, a highly polygonal 3D model was reconstructed by sculpting. At the second stage, 187 4th and 5th year students of the Faculty of Dentistry were surveyed on classification, prevalence, etiology and pathogenesis, and features of treatment of endo-periodontal lesions. As a result of the work carried out, a 3D model was obtained, presented in the format of a video clip with voice dubbing, reflecting in detail the anatomical features of the structure of the tooth and periodontal tissues, clearly demonstrating the stages of development of combined endo-periodontal pathology and modern complex treatment using nanopreparations. The integration of a 3D model into an interactive lesson with students significantly increased the level of their knowledge about the endo-periodontal lesions.

Key words: endo-periodontal lesions; computer 3D-modeling; training.

Введение

Пульпа зуба и ткани пародонта неразрывно связаны между собой морфологически и функционально: имеются пути для обмена микробиотой и развития сочетанной эндо-пародонтальной патологии при возникновении инфекционного процесса в любой из этих тканей [1–2]. Эндо-пародонтальные поражения (ЭПП) редко выявляются врачами-стоматологами из-за низкой осведомленности о существовании такой патологии, а также из-за сложности ее диагностики и лечения.

Споры о том, какое патологическое состояние является первичным в формировании ЭПП, создали условия для появления нескольких классификаций, самой популярной из которых является классификация Simon et al. (1972). По данным М. К. Макеевой и др., патология чаще начинается с развития пародонтита (в 9,39 % случаев), реже (в 7,71 % слу-

чаев) встречается первичное поражение пульпы с вторичным вовлечением тканей пародонта. Истинно комбинированные поражения встречаются редко (в 0,67 % случаев). В среднем распространенность таких поражений среди взрослого населения составляет 17,7 % [3].

Ткани пародонта сообщаются с полостью зуба через апикальное отверстие и латеральные каналы, посредством которых инфекция может распространяться из пародонтального кармана в систему эндо-донта и наоборот. Однако нужно помнить, что основной тканью зуба является дентин, пронизанный массой дентинных трубочек, играющих важную роль в перемещении микроорганизмов в системе «пародонт-энтодонт» [2]. Стандартные протоколы эндодонтического лечения не позволяют добиться obturation дентинных трубочек, диаметр которых слиш-

ком мал (около 800 нм), что усложняет проникновение в них как антисептических, так и obturiruyuschih препаратов [4–7]. Ключ к решению проблемы — современные нанотехнологии, в частности, методика гальванофоретической наноимпрегнации и obturiruyuschey просвета дентинных трубочек нанопрепаратами металлов [8]. Для повышения эффективности лечения необходимо добиться проникновения лечебного препарата, обладающего противомикробными и противовоспалительными свойствами, на достаточную глубину в дентинные трубочки и их последующей надежной obturiruyuschey. При этом препарат должен проникать в дентин корня как со стороны пародонтального кармана, так и со стороны системы корневых каналов [2, 8–11]. Одним из таких нанопрепаратов является «Купрал» (Humanchemie GmbH, Германия) — гидроксид меди-кальция. Наночастицы этого препарата можно перемещать в дентинные трубочки с помощью гальванического тока [8, 11].

Для демонстрации особенностей патогенеза и диагностики, а также новых методов лечения ЭПП с использованием нанотехнологий была создана высокополигональная компьютерная 3D-модель.

Цель исследования: визуализировать особенности развития и лечения эндо-пародонтальных поражений, повысить уровень знаний студентов об этой патологии с помощью впервые созданной компьютерной 3D-модели.

Материал и методы исследования

Работа проведена в два этапа. На первом из них на основе детального изучения реальных образцов челюстных костей совместно с экспертами-патоморфологами на персональном компьютере в программе для 3D-моделирования была воссоздана высокополигональная 3D-модель путем скульптинга (лепка, аналогичная пластилиновой), ставшая основой для структур и тканей полости рта. Аналогично был смоделирован отдельно каждый зуб. Также на основе микрофотографий, полученных нами ранее, были смоделированы дентинные трубочки и костные структуры зубной альвеолы [9].

Далее была создана база данных фотографий, схем и рисунков из литературных источников. На основе анализа этих изображений, а также собственных исследований был смоделирован патологический процесс. После завершения моделирования зубов и челюстей модель была подготовлена к покраске и наложению текстур. По имеющимся примерам изображений модель окрасили и текстурировали. Ветви сосудов и нервов покрасили в разные цвета в соответствии с их функциями: красным цветом — артериальные сосуды; синим — венозные сосуды; желтым — нервные волокна. Аналогично были выделены другие структуры 3D-модели (в том числе интерпретация микроорганизмов и наночастиц препарата). При сравнении разных вариантов визуализации было решено, что некоторые детали следует упростить, а некоторые, наоборот, должны приобрести анатомическую точность. Были продуманы варианты движения камеры и объектов, создана их

анимация, смоделированы изменения участков челюсти при развитии патологии.

После создания 3D-модели, исходя из анализа литературных данных и результатов собственных исследований, был создан сценарий голосового озвучивания, реализованный профессиональным диктором. Конечным этапом стал процесс лицензирования 3D-модели.

На втором этапе работ было проведено анкетирование 187 студентов 4-го и 5-го курсов стоматологического факультета Тверского государственного медицинского университета до и после интерактивного занятия на тему «Эндо-пародонтальные поражения: классификация, особенности развития, диагностики и комплексного лечения» с использованием созданной 3D-модели. Анкета включала в себя вопросы, касающиеся классификации, распространенности, этиологии и патогенеза, особенностей лечения. Результаты анкетирования анализировали и сравнивали до и после проведения занятий. Для их статистической обработки был выбран критерий Мак-Немара (для сравнения двух связанных групп по альтернативному описательному признаку).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенной работы была получена 3D-модель, представленная в формате видеоролика с голосовым озвучиванием, в которой поэтапно демонстрируются стадии развития истинного комбинированного ЭПП, а также современное комплексное лечение данной патологии с применением нанопрепаратов (рис. 1).

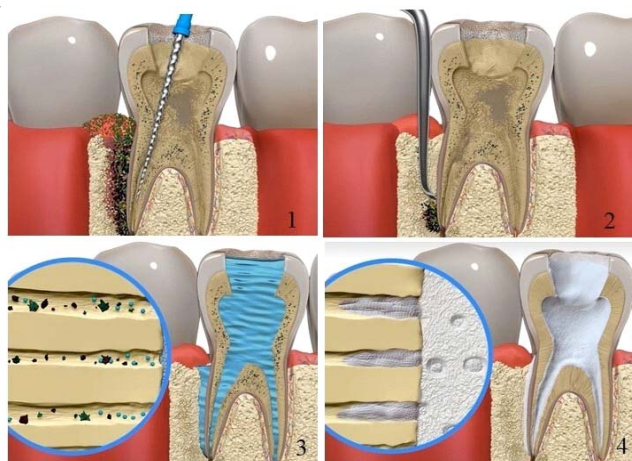


Рис. 1. Этапы лечения эндо-пародонтального поражения:

- 1 — механическая обработка корневых каналов;
- 2 — механическая обработка пародонтального кармана;
- 3 — антимикробная обработка нанопрепаратом;
- 4 — импрегнация нанопрепаратом

Видеоролик начинается с возникновения двух процессов: осложненного кариеса и пародонтита, одновременно с этим рассказывается, что такое ЭПП.

Далее зритель видит, как пародонтопатогенная микробиота (обозначенная зеленым цветом), разрушая связочный аппарат зуба и запуская резорбтивные процессы в костной ткани альвеол, проникает

апикальное по периодонтальной щели и достигает пульпы зуба через апикальное отверстие и латеральные каналы, где с другой стороны встречается с кариесогенной микробиотой (обозначенная черным цветом). Продвижению кариесогенных микроорганизмов при этом способствует нарастающее давление, вызванное диффузной воспалительной реакцией в пульпарной камере. Отдельно выделяется путь сообщения тканей пародонта и эндодонта посредством дентинных трубочек. Зритель может наблюдать, как дентинные трубочки, в норме заполненные дентинной жидкостью и отростками одонтобластов, колонизируются микроорганизмами. Их бактериальные токсины вызывают деминерализацию дентина и некроз отростков одонтобластов, при этом инфицирование может происходить как со стороны пародонта, так и из системы корневых каналов. Становится совершенно ясно, что для устранения патологии необходимо междисциплинарное взаимодействие, соединяющее в себе пародонтологическое и эндодонтическое лечение. Последствия ЭПП также носят комбинированный характер: дезинтеграция пульпы и ее частичный или полный некроз, разрушение волокон периодонта, резорбция альвеолярной кости и цемента корня зуба.

На экране демонстрируется первый этап лечения — механическая и медикаментозная обработка корневых каналов. Особое внимание уделяется этапу работы с нанопрепаратом: импрегнация дентинных трубочек активными ионами «Купрала». Под увеличением зритель видит, как в заселенные патогенной микробиотой дентинные трубочки проникают наночастицы и литически воздействуют на микроорганизмы, благодаря чему достигается полная деконтаминация. Далее наночастицы гидроксида меди-кальция, взаимодействуя с дентинной и тканевой жидкостями, образуют в просвете дентинных трубочек нерастворимый сульфид меди (размер частиц около 30–100 нм) и плотно их obtурируют. Для более качественной obtурации многочисленных дентинных трубочек дополнительно можно использовать и другой нанопрепарат, например, «Дентингерметизирующий ликвид» (Humanchemie GmbH, Германия). После этого корневые каналы пломбируют классическими методами.

Прогноз комбинированных ЭПП в большей степени зависит от полноты и законченности эндодонтического лечения, а устранению патологических процессов в пародонте зачастую уделяется меньше внимания [3].

Разработанная 3D-модель была представлена студентам на занятии по теме: «Эндо-пародонтальные поражения: классификация, особенности развития, диагностики и комплексного лечения». Методом анкетирования были получены два массива данных — результаты тестирования студентов до интерактивного занятия с применением 3D-модели и результаты тестирования студентов после занятия (табл. 1). При этом на вопросы, связанные с распространенностью эндо-пародонтальных поражений, после проведенного занятия студенты ответили луч-

ше в среднем на 30 %, на вопросы о классификации — на 31 %, на вопросы об этиологии и патогенезе — на 29 %, на вопросы о лечении — на 32 %. Различия между показателями до занятия и после статистически значимы ($p < 0,001$).

Таблица 1. Результаты анализа эффективности использования 3D-модели эндо-пародонтального поражения в образовательном процессе

Сравниваемые показатели	Тематика вопросов анкеты			
	классификация	распространенность	этиология и патогенез	лечение
Число студентов, давших правильные ответы до занятия, абс. (%)	60 (32 %)	88 (47 %)	65 (35 %)	95 (51 %)
Число студентов, давших правильные ответы после занятия, абс. (%)	118 (63 %)	144 (77 %)	120 (64 %)	155 (83 %)
Значения критерия Мак-Немара	54,258	47,515	48,016	54,545
Уровни значимости, р	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Заключение

Созданная компьютерная 3D-модель ЭПП детально отражает анатомические особенности строения зуба и тканей пародонта, наглядно демонстрирует этапы развития сочетанной эндо-пародонтальной патологии и современного комплексного лечения с использованием нанопрепаратов. Использование 3D-модели в образовательном процессе способно повысить качество знаний обучающихся об этой патологии.

Литература/References

1. Мороз П.В. Эндо-пародонтальный синдром: анатомические предпосылки развития, этиология, классификация и тактика лечения. *Институт стоматологии*. 2014; 2 (63): 91–94.
2. Моисеев Д.А., Волков С.И., Конов А.А., Кулюкина М.А. Морфологическая и функциональная взаимосвязь пульпы зубов и пародонта в аспекте эндо-пародонтальных поражений: систематический обзор. *Пародонтология*. 2021; 26 (4): 289–299. doi: 10.33925/1683-3759-2021-26-4-289-299.
3. Грудянов А.И., Макеева М.К., Пятигорская Н.В. Современные представления об этиологии, патогенезе и подходах к лечению эндо-пародонтальных поражений. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2013; 68 (8): 34–36. doi: 10.15690/vramn.v68i8.721.
4. Гиляева В.В., Ханова И.А. Клинико-морфологический профиль пульпы при эндо-пародонтальных поражениях с признаками воспалительной деструкции. *Медико-фармацевтический журнал «Пульс»*. 2019; 21 (4): 17–20.
5. Денисова Ю.Л., Герасимович А.И., Росеник Н.И. Клинико-патоморфологические изменения тка-

- ней периодонта у пациентов с эндопериодонти-
 том. Медицинский журнал. 2018; 2 (64): 42–47.
6. Bonaccorso A., Tripi T. Endo-perio lesion: diagnosis, prognosis and decision-making. ENDO. 2014; 8 (2): 105–127.
 7. Gong A.X., Zhang J.H., Li J., Wu J., Wang L., Miao D.S. Comparison of gene expression profiles between dental pulp and periodontal ligament tissues in humans. Int J Mol Med. 2017; 40 (3): 647–660. doi: 10.3892/ijmm.2017.3065.
 8. Румянцев В.А., Федотова Т.А., Заблоцкая М.В., Юсупова Ю.И., Рябиков М.Д., Моисеев Д.А. Новый метод комплексного лечения эндодонто-пародонтальных поражений с помощью наноимпрегнации и купрал-кюретажа. Верхневолжский медицинский журнал. 2017; 16 (4): 4–9.
 9. Моисеев Д.А., Румянцев В.А., Волков С.И., Конов А.А., Кулюкина М.А. Морфологические аспекты взаимоотношения тканей пародонта и пульпы зубов. Проблемы стоматологии. 2021; 17(2): 77–83. doi: 10.18481/2077-7566-20-17-2-77-83.
 10. Росеник Н.И., Денисова Ю.Л. Распространенность эндопериодонтита у пациентов с болезнями периодонта. Инновации в медицине и фармации. 2016: 357–361.
 11. Румянцев В.А., Некрасов А.В., Моисеев Д.А., Задорожный Д.В., Панкин П.И. Биопленка в эндодонтии. Часть II. Методы борьбы с биопленкой при эндодонтическом лечении зубов (обзор литературы). Эндодонтия Today. 2018; 2: 38–42. doi: 10.25636/РMP.2.2018.2.8.

Моисеев Денис Александрович (контактное лицо) — ассистент кафедры пародонтологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; Тел. 8-915-729-39-11; e-mail: moiseeff.den@yandex.ru.

Поступила 30.11.2022.