

**ЛЕПИЛИН И. Н., ЛИТВИНОВ С. Д., СЕРАЗЕТДИНОВА А. Р., ТРУНИН Д. А.**  
**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В НАВИГАЦИОННОЙ СТОМАТОЛОГИИ:**  
**АТРАВМАТИЧНОЕ УДАЛЕНИЕ ЗУБОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье предлагается инновационный подход к хирургическому удалению зубов, основанный на использовании технологий 3D-визуализации, компьютерного планирования и новой концепции атравматичного удаления. Методика предусматривает применение хирургического шаблона, разработанного индивидуально для каждого пациента из биосовместимого пластика и служащего для точного формирования направляющих тоннелей в зубе. Предложенный подход способствует уменьшению риска осложнений и сохранению объема костных и мягкотканевых структур, что имеет ключевое значение для последующего ортопедического восстановления.

**Ключевые слова:** навигационная стоматология, атравматичное удаление зубов, 3D-печать, фрагментарное удаление корня, навигационные шаблоны.

**LEPILIN I. N., LITVINOV S. D., SERAZEDTINOVA A. R., TRUNIN D. A.**  
**INNOVATIVE APPROACHES IN NAVIGATION-GUIDED DENTISTRY:**  
**ATRAUMATIC TEETH EXTRACTION USING 3D TECHNOLOGIES**

**Abstract.** This article proposes an innovative approach to surgical tooth extraction based on the use of 3D visualization technologies, computer planning, and a new concept of atraumatic extraction. The technique involves the use of a surgical template developed individually for each patient from biocompatible plastic and used to accurately form guide tunnels in the tooth. The proposed approach helps to reduce the risk of complications and preserve the volume of bone and soft tissue structures, which is key for subsequent orthopedic restoration.

**Keywords:** navigation dentistry, atraumatic tooth extraction, 3D printing, fragmentary root removal, navigation templates.

**Введение.** Хирургическое удаление сильно разрушенных или сломанных зубов традиционно выполняется методом, включающим разделение корня на части и их последовательное извлечение из зубной лунки. Этот подход зарекомендовал себя как эффективный и быстрый. Однако его использование часто сопровождается значительной травматизацией окружающих тканей альвеолярного отростка [1].

Избыточное рассечение костной ткани может провоцировать развитие локального некроза, что негативно сказывается на последующей регенерации и восстановлении. Кроме того, методика обладает высокой степенью инвазивности в областях, где удаляемый зуб находится вблизи важных структур, таких как нервы или верхнечелюстные пазухи. Особенно

это актуально при работе с зубами, имеющими сросшиеся или сильно искривленные корни [2].

Использование современных 3D-технологий позволяет минимизировать указанные риски. Применение 3D-визуализации и компьютерного планирования дает возможность создать индивидуальный хирургический шаблон, который обеспечивает точность и атравматичность вмешательства. Эти инновации делают удаление зубов безопаснее и менее травматичным как для пациента, так и для окружающих тканей [3; 4].

Традиционные методы удаления зубов основаны на визуальном контроле операционного поля, что может создавать трудности в ряде клинических случаев. Например, кровотечение, наложение мягких тканей или анатомически сложное расположение зубов существенно ограничивают обзор и затрудняют выполнение процедуры. Кроме того, такие методы обычно требуют длительного времени на проведение хирургического вмешательства, что увеличивает нагрузку на пациента и врача [2].

В последние десятилетия применение технологий 3D-визуализации, сканирования, виртуального проектирования и планирования, а также 3D-печати, значительно расширило возможности стоматологии, особенно в хирургической практике. Эти инновационные подходы позволяют преодолеть многие ограничения традиционных методик, обеспечивая высокую точность и эффективность выполнения операций [5].

**Цель работы:** представить методику применения компьютерных технологий для атравматичного удаления зубов.

**Материалы и методы исследования.** На этапе подготовки к хирургическому вмешательству пациенту выполняется конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстей и интраоральное сканирование полости рта (рис. 1). Эти исследования позволяют собрать ключевые данные для точного планирования лечения.

С помощью КЛКТ определяется положение удаляемых корней, их угол наклона, близость к костным структурам и жизненно важным анатомическим образованиям, а также длина, глубина и наличие бифуркаций или трифуркаций корней. Эти параметры являются критически важными для точного моделирования предстоящей процедуры.

Планирование хирургического вмешательства основывается на данных, полученных в формате DCM (результаты рентгенологических исследований) и STL (данные сканирования). Эти файлы объединяются в специализированных программах для планирования, что позволяет создать высокоточный 3D-навигационный шаблон. Этот шаблон служит направляющим инструментом для хирургических фрез, обеспечивая их точное позиционирование (рис. 2).



Рис. 1. Проведение сканирования полости рта пациента для удаления 25 зуба.

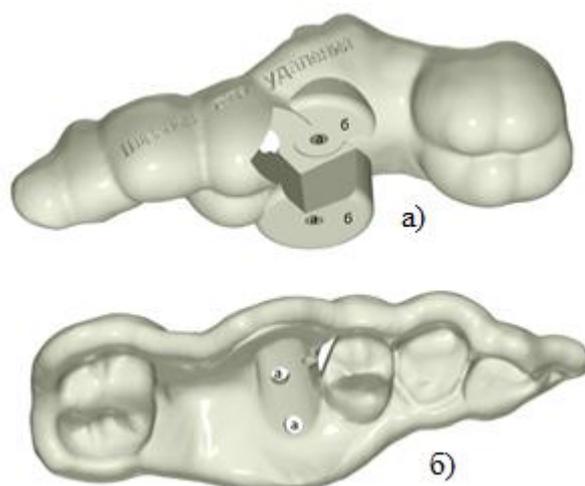


Рис. 2. Хирургический навигационный шаблон для фрагментирования корней: а) входное отверстие в направляющий тоннель для фрезы; б) площадка-стоппер для турбинного наконечника.

Целью планирования является оптимальное направление для сверления тоннелей в области корней, кости и границ между ними. Тоннели, формируемые с использованием хирургического навигационного шаблона, позволяют фрезам двигаться строго по заранее заданным траекториям, что минимизирует повреждение окружающих тканей. Местоположение этих тоннелей определяется на основании анализа 3D-рентгенологических изображений.

Для зубов с одним корнем фреза направляется вдоль оси зуба. В случае нижних многокорневых зубов разрез проводится между медиальным и дистальным корнями параллельно оси зуба. Для верхних моляров траектория проходит вдоль линии трифуркации корней, также параллельно оси зуба. Такой подход обеспечивает высокую точность и минимальную травматичность вмешательства (рис. 3, 4).



Рис. 3. Клиническая ситуация до удаления зуба (справа) и после применения фрез через навигационный шаблон (слева).

Фрезы прошли строго по оси зуба, обозначив необходимую глубину препарирования и вектор дальнейших движений фрезой.

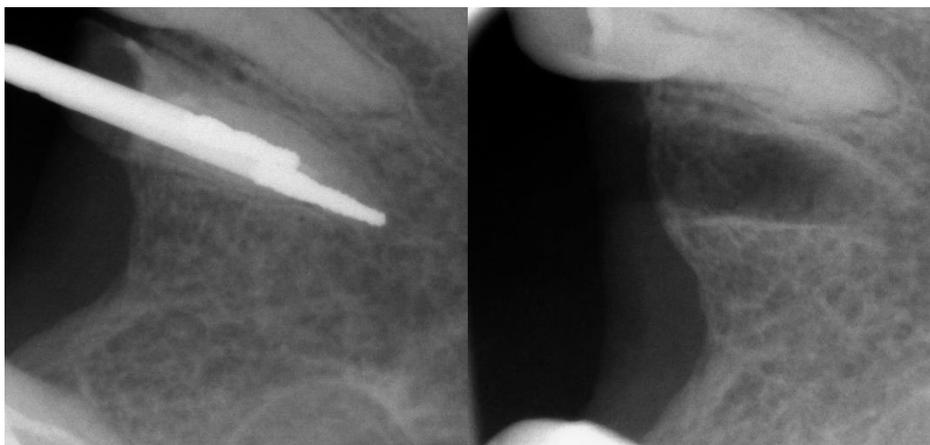


Рис. 4. Рентгенография во время применения фрез для разделения корня на фрагменты (слева) и «пустая» лунка после удаления корня (справа).

На рентгенографии во время применения фрез отмечается точное расположение кончика фрезы на верхушке корня зуба, без дополнительной травмы, окружающих тканей.

При наличии костных углублений и поднутрений возможно создание дополнительных режущих канавок, что обеспечивает точное прохождение фрез и позволяет провести остеотомию в области вмешательства с минимальной травматизацией окружающих тканей.

Для выполнения данной задачи навигационный шаблон оснащается втулками, каждая из которых содержит направляющий канал диаметром 1,5 мм, предназначенный для работы с турбинным бором. Длина втулки рассчитывается индивидуально на основании длины

режущей части бора и его расположения в турбинном наконечнике. Шаблон проектируется таким образом, чтобы обеспечить стабильное положение в полости рта и исключить повреждение кости и десны при разделении корня зуба.

После окончательного проектирования хирургический шаблон преобразуется в формат STL. Этот файл передается в специализированное программное обеспечение, называемое «слайсер», которое подготавливает данные для 3D-печати.

Шаблон изготавливается из полимерного материала, обладающего высокой прочностью и термоустойчивостью. Эти характеристики позволяют ему выдерживать механические нагрузки, возникающие во время сверления, а также безопасно проходить стерилизацию в автоклаве перед операцией. Полимерные элементы производятся из жесткого материала, сходного по свойствам с PMMA, который не оставляет отходов при сверлении или резке. Это важно для сохранения чистоты операционного поля и ускорения процессов заживления после удаления зуба.

Удаление зуба завершается использованием стандартных инструментов – щипцов и элеваторов, что обеспечивает безопасность и эффективность процедуры.

**Результат.** Основным продуктом предложенной методики является изготовление персонализированного назубного хирургического навигационного шаблона.

**Заключение.** Предложенный инновационный подход к хирургическому удалению зубов основан на использовании технологий 3D-визуализации, компьютерного планирования и новой концепции атравматичного удаления. Методика предусматривает применение хирургического шаблона, разработанного индивидуально для каждого пациента из биосовместимого пластика и служащего для точного формирования направляющих тоннелей в зубе. Предложенный подход способствует уменьшению риска осложнений и сохранению объема костных и мягкотканевых структур, что имеет ключевое значение для последующего ортопедического восстановления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Uppal N., Hong L.W. Quasi-surgical technique for easy removal of broken tooth roots // Trop. Doct. – 2013. – Vol. 43 (4). – P. 136–137.
2. Woodward T. M. Extraction of fractured tooth roots // J. Vet. Dent. – 2006. – Vol. 23 (2). – P. 126–129.
3. Keyhan S. O., Ghanean S., Navabazam A., Khojasteh A., Iranaq M. H. A. Three-Dimensional Printing: A Novel Technology for Use in Oral and Maxillofacial Operations // A Textbook of Advanced Oral and Maxillofacial Surgery. – 2016. – Vol. 3. – Chapter 22. – P. 499–523.

4. Cen Y., Huang X., Liu J., Qin Y., Wu X., Ye S., Du S., Liao W. Application of three-dimensional reconstruction technology in dentistry: a narrative review // BMC Oral Health. – 2023. – Vol. 23 (1). – P. 630.
5. Попов Н. В., Колсанов А. В., Трунин Д. А., Волова Л. Т., Николаенко А. Н. Дентальная имплантация с цифровой реконструкцией альвеолярной кости. – Самара: ООО «Полиграфический дом «ДСМ», 2020. – 176 с.