

© Team of authors, 2025 / © Коллектив авторов, 2025

3.1.25. Radiation diagnostics / 3.1.25. Лучевая диагностика

## Digital approach to the treatment of large jaw cysts: A clinical study

A.A. Lysenko <sup>1</sup>, A.I. Yaremenko <sup>2</sup>, V.M. Ivanov <sup>3</sup>, I.S. Zheleznyak <sup>4</sup>,  
A.V. Vasiliev <sup>2,5</sup>, R.A. Studenikin <sup>1</sup>, A.A. Prokofeva <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Surgical Dentistry and Outpatient Maxillofacial Surgery, Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Department of Maxillofacial Surgery, First Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia <sup>3</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

<sup>4</sup>Department of Radiology with Ultrasound Diagnostics, Federal State Budgetary Military Education Institution of Higher Education Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>5</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

Contacts: Alina Arkadyevna Prokofeva – e-mail: prokofevaalina@mail.ru

## Цифровая концепция лечения объемных кист челюстей. Клиническое исследование

А.В. Лысенко <sup>1</sup>, А.И. Яременко <sup>2</sup>, В.М. Иванов <sup>3</sup>, И.С. Железняк <sup>4</sup>,  
А.В. Васильев <sup>2,5</sup>, Р.А. Студеникин <sup>1</sup>, А.А. Прокофьева <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Отделение хирургической стоматологии и амбулаторной челюстно-лицевой хирургии научно-исследовательского института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Кафедра челюстно-лицевой хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup>Кафедра рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup>Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Контакты: Прокофьева Алина Аркадьевна – e-mail: prokofevaalina@mail.ru

## 大体积颌骨囊肿的数字化治疗方法：临床研究

A.A. Lysenko <sup>1</sup>, A.I. Yaremenko <sup>2</sup>, V.M. Ivanov <sup>3</sup>, I.S. Zheleznyak <sup>4</sup>,  
A.V. Vasiliev <sup>2,5</sup>, R.A. Studenikin <sup>1</sup>, A.A. Prokofeva <sup>2</sup>

<sup>1</sup>圣彼得堡牙科与口腔颌面外科研究所口腔颌面外科科室, 圣彼得堡, 俄罗斯

<sup>2</sup>俄罗斯联邦首届圣彼得堡国立医科大学 (学者I.P. Pavlov) 口腔颌面外科教研室, 圣彼得堡, 俄罗斯

<sup>3</sup>彼得大帝圣彼得堡理工大学, 圣彼得堡, 俄罗斯

<sup>4</sup>俄罗斯联邦国家预算军事高等教育机构“S.M. 基洛夫军事医学院”放射科与超声诊断科, 圣彼得堡, 俄罗斯

<sup>5</sup>I.I. 梅奇尼科夫西北国立医科大学, 圣彼得堡, 俄罗斯

联系人: Prokofieva Alina Arkadyevna — e-mail: prokofevaalina@mail.ru

**Background.** Maxillofacial cysts are a common condition that significantly impacts quality of life, causing bone destruction, pain, and functional impairments. Decompression using a fistula is an effective first step in the management of large jaw cysts; however, conventional decompression devices have limitations, including fixation difficulties, patient discomfort, and a higher risk of secondary infection. A promising approach involves the use of splints fabricated individually using digital planning and additive technologies; nonetheless, comparative data evaluating their effectiveness remain limited.

**Aim.** This study aimed to assess the clinical effectiveness of digitally designed individually manufactured decompression devices for jaw cysts.

**Objective.** To develop a digital concept for the treatment of large jaw cysts.

**Material and methods.** An interventional, single-centre, prospective, selective, controlled, open, randomised clinical trial was conducted. The study included 63 patients aged 21 to 75 years with jaw cysts larger than 2 cm<sup>3</sup> involving critical anatomical structures. Patients were randomised into two groups: experimental (individualised 3D-printed splint, n=36) and control (standard splint, n=27).

**Results.** Patients in the experimental group demonstrated significantly greater reduction in cyst volume (62.01% vs. 54.24%; p<0.001) and cortical plate regeneration (65.8% vs. 59%; p=0.004). Moreover, patients in the experimental group experienced no pain, discomfort, or quality-of-life deterioration (p<0.001).

**Conclusion.** The proposed digital concept of individualised splint fabrication demonstrates clinical efficacy, enhances cyst volume reduction, promotes cortical regeneration, and significantly improves patient comfort compared to conventional methods.

**Keywords:** large jaw cysts, digital dentistry, 3D printing, cyst decompression, cone-beam computed tomography, individualised splint, bone regeneration; maxillofacial surgery

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Funding source.** This work was supported by the Research Foundation Flanders (grant 23-21-00349).

**For citation:** Lysenko A.A., Yaremenko A.I., Ivanov V.M., Zheleznyak I.S., Vasiliev A.V., Studenikin R.A., Prokofyeva A.A. Digital approach to the treatment of large jaw cysts: A clinical study. Head and neck. Head and Neck. Russian Journal. 2025;13(4):72–83

**Doi:** 10.25792/HN.2025.13.4.72-83

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

**Обоснование.** Кисты челюстно-лицевой области – распространенная патология, которая существенно влияет на качество жизни пациентов, вызывая деструкцию костной ткани, болевой синдром и функциональные нарушения. Эффективным первым этапом лечения крупных кист является декомпрессия с применением фистулы, однако стандартные декомпрессионные устройства зачастую имеют сложности фиксации, вызывают дискомфорт при использовании и имеют риски осложнений. Перспективным подходом к решению данных проблем является применение персонифицированных полимерных капп, однако сравнительных исследований их эффективности недостаточно. Настоящее исследование направлено на оценку клинической эффективности персонифицированных капп с использованием цифрового планирования и аддитивных технологий.

**Цель исследования.** Разработка цифровой концепции лечения объемных кист челюстей.

**Материал и методы.** Проведено интервенционное одноцентровое проспективное выборочное контролируемое неослепленное рандомизированное клиническое исследование на базе ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава РФ. Включены пациенты от 21 до 75 лет с кистами более 2 см<sup>3</sup>, вовлекающими важные анатомические структуры. Пациенты (n=63) были рандомизированы в группы: основная (индивидуальная 3D-печатная фистула, n=36), контрольная (стандартная фистула, n=27). Первичным исходом была динамика уменьшения объема кист, оцененная по данным КЛКТ через 9 месяцев.

**Результаты.** Основная группа показала статистически значимо более выраженное уменьшение объема кист (62,01% против 54,24%; p<0,001). Пациенты основной группы не испытывали болевых ощущений, дискомфорта и ухудшения качества жизни (p<0,001).

**Закключение.** Предложенный метод цифрового планирования и индивидуализированной декомпрессии эффективен, улучшает результаты лечения, комфорт пациентов и снижает риск осложнений.

**Ключевые слова:** объемные кисты челюстей, цифровая стоматология, 3D-печать, декомпрессия кист, конусно-лучевая компьютерная томография, индивидуализированная фистула, регенерация костной ткани, челюстно-лицевая хирургия, цифровое моделирование; качество жизни пациентов

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Финансирование.** Научное исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 23-21-00349).

**Для цитирования:** Лысенко А.В., Яременко А.И., Иванов В.М., Железняк И.С., Васильев А.В., Студеникин Р.А., Прокофьева А.А. Цифровая концепция лечения объемных кист челюстей. Клиническое исследование. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2025;13(4):72–83

**Doi:** 10.25792/HN.2025.13.4.72-83

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

背景：颌面部囊肿是临床常见疾病，可通过骨质破坏、疼痛综合征和功能障碍显著降低患者生活质量。通过造瘘减压是治疗大体颌骨囊肿的一种有效一期处理方法，但传统造瘘装置存在固定困难、患者不适及继发感染风险较高等局限。一种具有前景的策略是利用数字化规划和增材制造技术制备个体化夹板式造瘘装置，但关于其疗效的对照研究仍然有限。

目的：本研究旨在评估数字化设计并个体化制备的造瘘夹板在颌骨囊肿减压治疗中的临床有效性。

研究任务：建立大体颌骨囊肿治疗的数字化概念。

材料与方法：本研究为干预性、单中心、前瞻性、选择性、对照、非盲、随机对照临床试验。共纳入63例颌骨囊肿患者，年龄21–75岁，囊肿体积均大于2 cm<sup>3</sup>，且累及重要解剖结构。患者随机分为两组：实验组（个体化3D打印造瘘装置，n=36）和对照组（传统造瘘装置，n=27）。

результат: экспериментальная группа пациентов показала значительно большее уменьшение объема кисты (62,01% vs. 54,24%;  $p < 0,001$ ), степень регенерации костной ткани также была значительно выше (65,8% vs. 59%;  $p = 0,004$ ). Кроме того, экспериментальная группа не испытывала боли, дискомфорта или снижения качества жизни ( $p < 0,001$ ).

Вывод: предложенная концепция персонализированного цифрового подхода к лечению крупных кист челюсти имеет четкие клинические преимущества, позволяющие уменьшить объем кисты и стимулировать регенерацию костной ткани, а также улучшить качество жизни пациентов.

Ключевые слова: крупные кисты челюсти, цифровая стоматология, 3D-печать, декомпрессия кисты, индивидуальный подход, регенерация, ортодонтические конструкции, челюстно-лицевая хирургия.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования:本研究获得弗拉基米尔研究基金会资助 (资助号 23 21 00349)

Ссылка: **Lyenko A.A., Yaremenko A.I., Ivanov V.M., Zheleznyak I.S., Vasiliev A.V., Studenikin R.A., Prokofyeva A.A. Digital approach to the treatment of large jaw cysts: A clinical study. Head and neck. Head and Neck. Russian Journal. 2025;13(4):72–83**

Doi: 10.25792/HN.2025.13.4.72-83

Авторы несут ответственность за оригинальность данных и за использование иллюстраций (таблиц, рисунков, фотографий).

## Обоснование

Кисты челюстно-лицевой области являются распространенной патологией, которая может существенно влиять на качество жизни пациентов [1]. Эти образования представляют собой полости, заполненные жидкостью и могут приводить к деформации костной ткани, болевым синдромам, нарушениям функции жевания и речи. Согласно эпидемиологическим данным, распространенность кист в данной области составляет от 5 до 10% среди населения, что делает данную патологию важной проблемой в стоматологической практике [2, 3].

Декомпрессия с помощью фистулы является эффективным первым этапом лечения кист челюсти [4]. Этот метод особенно актуален при крупных кистах, поскольку позволяет постепенно уменьшить объем кистозной полости, снизить риск повреждения близлежащих анатомических структур (гайморова пазуха, полость носа, нижнечелюстной канал, корни зубов) и уменьшить вероятность осложнений при последующем хирургическом лечении [5]. Данные преимущества делают декомпрессию методом выбора в лечении крупных кист челюсти.

Существует множество устройств, предназначенных для декомпрессии кист, основным элементом которых является трубка, обеспечивающая отвод жидкости из полости кисты и фиксируемая к костным, зубным или мягким тканям. В этой роли используются уретральные катетеры, инфузионные системы, назогастральные зонды, шприцы, стенты и внутривенные катетеры. Не исключается и использование несъемных ортодонтических конструкций для фиксации декомпрессирующей трубки [6–8]. Однако традиционные методы декомпрессии, в которых применяются стандартные устройства, часто оказываются недостаточно эффективными из-за сложности фиксации, дискомфорта для пациента и увеличенного риска развития вторичных инфекций [6, 9–11].

Перспективным направлением в лечении кист челюстно-лицевой области является применение индивидуально изготовленных капп. Эти устройства, адаптированные к анатомическим особенностям пациента, способствуют повышению эффективности декомпрессии и повышению комфорта пациента. Аналогичный подход персонализированной хирургической

навигации с применением индивидуализированных 3D-моделей успешно используется в абдоминальной, челюстно-лицевой, онкологической хирургии, нейрохирургии для предоперационного планирования и интраоперационного контроля [12, 13]. Однако данные о сравнении эффективности индивидуальных капп с традиционными методами остаются ограниченными, что подчеркивает необходимость проведения дополнительных сравнительных исследований для объективной оценки клинической целесообразности использования индивидуальных капп в лечении данной патологии.

Настоящее исследование направлено на решение данной проблемы путем анализа клинических и пациент-ориентированных показателей, что позволит выработать обоснованные рекомендации по применению индивидуальных капп в практике.

Целью данного исследования является разработка цифровой концепции лечения объемных кист челюсти.

## Материал и методы

Было выполнено интервенционное (экспериментальное) одноцентровое проспективное выборочное контролируемое неослепленное рандомизированное клиническое исследование. Сроки проведения исследования с 2021 по 2024 г.

Критерии включения:

1. Возраст от 21 до 75 лет вне зависимости от пола.
2. Объем кисты  $> 2 \text{ см}^3$ , затрагивающей как минимум одну из следующих анатомических структур: зубы, канал нижнечелюстного нерва, верхнечелюстную пазуху, носовую полость.
3. Наличие в истории болезни результатов конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) челюсти (DICOM-файл).
4. Рентгенологические признаки объемного образования челюстных костей (ООЧК).
5. Отсутствие рентгенологических признаков инвазии объемного образования в мягкие ткани челюстно-лицевой области.
6. Наличие гистологической верификации диагноза.

Критерии исключения:

1. Возраст младше 21 и старше 75 лет.
2. Пациенты с признаками системных заболеваний.
3. Прием антирезорбтивных препаратов в анамнезе.
4. Период беременности и лактации.

5. Подозрение на злокачественное образование челюстных костей.
6. Клинические случаи без данных КЛКТ челюстей.
7. Клинические случаи без гистологической верификации диагноза.

Исследование проведено в отделении стоматологии хирургической и амбулаторной челюстно-лицевой хирургии клиники стоматологии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава РФ. Оценивали данные анамнеза пациентов, клиническую картину заболевания и данные рентгенологических методов исследования – КЛКТ.

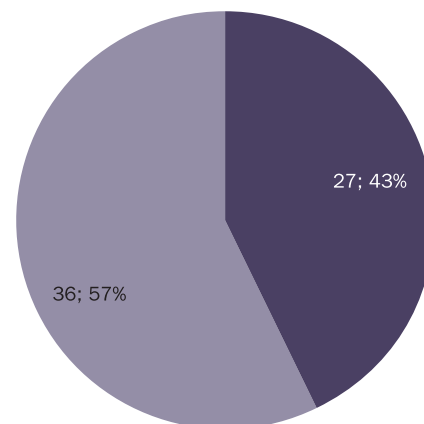
Перед началом исследования пациентам было выполнено КЛКТ челюстей, контрольное КЛКТ – через 9 месяцев после оперативного вмешательства  $\pm 22$  дня.

Пациенты были случайным образом распределены в группы с использованием метода блоковой рандомизации. Процесс включал следующие этапы:

- генерация случайной последовательности номеров с помощью компьютерной программы;
- блоки пациентов формировались в диапазоне соотношения 3:2–2:1 (две трети – основная группа, одна треть – группа сравнения);
- назначение пациентам идентификационного кода перед вмешательством;
- окончательное распределение в группы осуществлялось сотрудником, не вовлеченным в процесс лечения, чтобы избежать предвзятости.

Согласно критериям соответствия, были отобраны 63 пациента с диагнозом киста челюсти (K09; МКБ-10), рандомизация в 2 группы: основная группа (n=36) – проведение лечения с использованием 3D-печатной индивидуальной фистулы; группа сравнения (n=27) – проведение лечения с использованием стандартизированной фистулы без предварительного компьютерного моделирования (рис. 1).

Перед началом исследования пациентам была выполнена КЛКТ челюстей и интраоральное сканирование зубных рядов. Исследование проводилось на компьютерном томографе Planmeca. Условия сканирования: поле зрения (FOV) 15×20 см, размер вокселя 200 мкм, вращение на 270°, время экспозиции 12 секунд, напряжение трубки 90 кВ и ток трубки 8,0 мА. Формат изображения DICOM. Интраоральное сканирование проводили с использованием iTERO Element (Align Technology, США, Калифорния). Формат STL. Данные DICOM экспортировали в программу 3D-slicer 4.10.2 (Boston, MA, США) для интерпретации данных об исходных характеристиках образования.



■ Группа контроля / Control group  
■ Группа наблюдения / Observation group

Рис. 1. Распределение исследуемых по группам наблюдения  
Fig. 1. Distribution of subjects by group

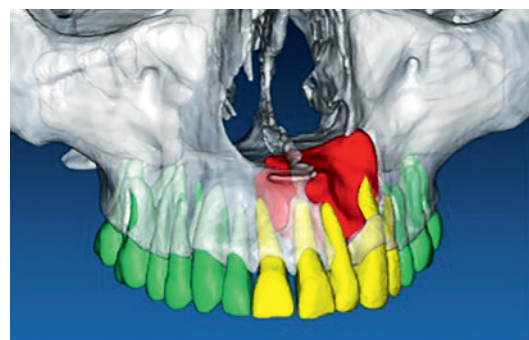


Рис. 2. 3D-реконструкция зоны интереса  
красным отмечено ООЧК, желтым – зубы, вовлеченные в ООЧК.  
Fig. 2. 3D reconstruction of the region of interest  
in jaw lesion is indicated in red; involved teeth – in yellow.

В программе проводилась полуавтоматическая сегментация зоны интереса с выделением 3D-объектов зоны интереса: объемного образования челюсти, вовлеченных и прилегающих зубов и анатомических образований (рис. 2). После получения 3D-объекта образования выполняли его измерения (длина, ширина). Объем образования программа рассчитывала автоматически после сегментации образования (рис. 3).

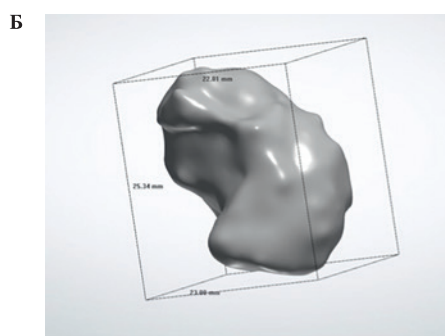
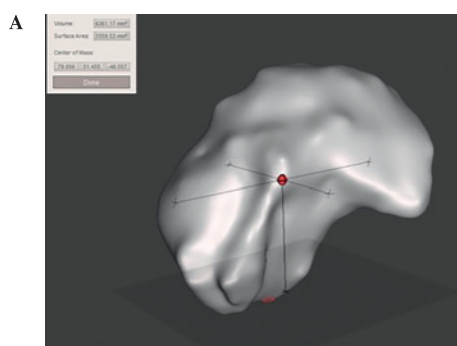


Рис. 3. а, б: измерения сегментированного образования, автоматический расчет его объема  
Fig. 3. а, б: measurements of segmented lesion and automated calculation of its volume



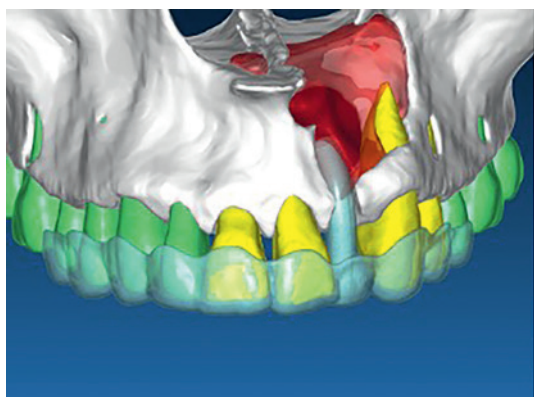


Рис. 4. Этап моделирования индивидуальной фистулы  
1 — опорная часть, 2 — дренажная часть.

Fig. 4. Modelling of individual splint

1 — fixation component, 2 — drainage component.

Полученные данные использовали для определения взаимосвязи образования с анатомическими объектами, определения тактики лечения и оптимального места установки фистулы.

Методика декомпрессии объемных кист челюстей с использованием индивидуальной фистулы

Планирование дизайна индивидуальной фистулы проводили с помощью ПО для планирования дентальной имплантации Real Guide 5.3 (3DIEMME srl, Италия). После определения оптимального доступа для установки фистулы приступали к ее моделированию. Условно, конструкцию индивидуальной фистулы можно разделить на две конструктивные составляющие: опорная, фиксирующаяся на зубной ряд, и дренажная (трубка, отверстие). Врач-стоматолог-ортопед согласовывал оптимальное размещение опорной части фистулы. В случае благоприятных окклюзионных условий, опорную часть моделировали наподобие окклюзионной каппы (рис. 4).

Помимо этого определяли оптимальный путь введения фистулы для удобства пациента. При работе в эстетически значимой зоне, в случае удаления причинного зуба, в опорной части сохраняли анатомию коронки своего зуба, а дренажное отверстие выводили на его небную/язычную поверхность (рис. 5). После этого переходили к моделированию дренажного канала фистулы. Дренажный канал проектировали, исходя из анатомии кисты, и располагали таким образом, чтобы обеспечить адекватную эвакуацию жидкости по всему объему образования (рис. 6). Диаметр дренажного отверстия и дренажной трубки подбирали индивидуально в зависимости от их расположения, но не менее 5 мм.

По результатам компьютерного планирования проводилась печать фистулы (рис. 7) на 3D-принтере ASIGA MAX UV (Австралия), материал Harzlabs Dental Yellow Clear (Россия).

Оперативное вмешательство проводили под местной анестезией. Формировали оптимальный доступ к образованию, при необходимости удаляли причинный зуб (рис. 8).

Проводили забор материала на гистологическое исследование. Полость кисты промывали раствором антисептиков до чистых промывных вод. После этого устанавливали индивидуальную фистулу, проводили проверку дренажа (рис. 9).

Пациенту давали рекомендации по уходу за послеоперационной раной, промыванию полости кисты, проводили обучение и контроль самостоятельного введения и снятия фистулы.

Методика декомпрессии объемных кист челюстей с использованием стандартной фистулы.

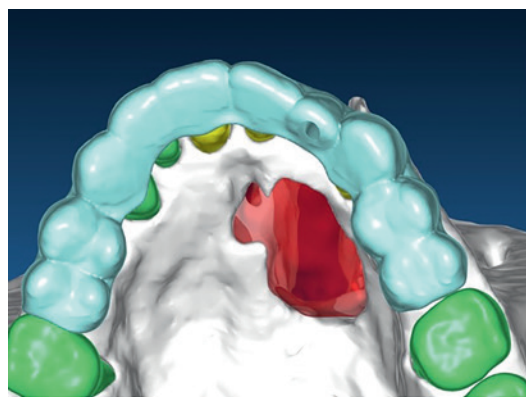


Рис. 5. Этап моделирования индивидуальной фистулы (отмечено дренажное отверстие)

Fig. 5. Individual splint modelling step (drainage opening indicated)

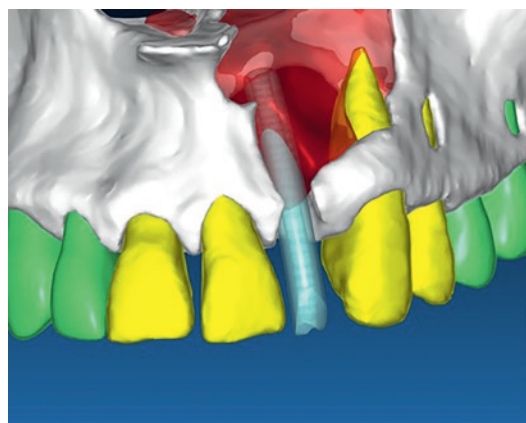


Рис. 6. Этап моделирования индивидуальной фистулы (отмечен дренажный канал)

Fig. 6. Individual splint modelling step (drainage channel indicated)

После получения РГ-данных и данных электроодонтометрии зубов, вовлеченных в ООЧК, принимали решение об оптимальном расположении фистулы и ее длине.

Проводили аналогичное оперативное вмешательство. В качестве фистулы использовали стерильный трубчатый дренаж диаметром 5 мм. Дренаж адаптировали под глубину дефекта непосредственно в полости рта. При удалении причинного зуба



Рис. 7. Внешний вид индивидуальной фистулы после печати

Fig. 7. Appearance of individual splint after 3D printing



Рис. 8. Интраоральное фото пациента с объемной кистой верхней челюсти от зуба 2.2 перед удалением зуба 2.2 и установкой индивидуальной фистулы

Fig. 8. Intraoral image of a patient with a large maxillary cyst originating from tooth 2.2 before tooth extraction and placement of an individual splint



Рис. 9. Интраоральное фото пациента с обширной кистой верхней челюсти от зуба 2.2 после удаления зуба 2.2 и установки индивидуальной фистулы

Fig. 9. Intraoral image of a patient with large upper jaw cyst originating from tooth 2.2, following tooth extraction and placement of an individual splint

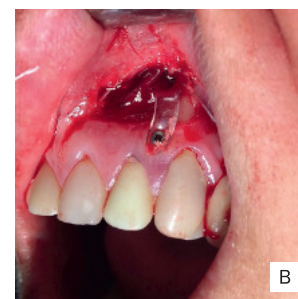
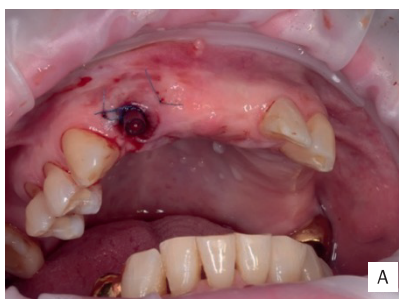


Рис. 10. Варианты фиксации фистулы

А — к краям раны, Б — к зубу, В — на внутрикостный винт.

Fig. 10. Methods of splint fixation

А — to wound edges, В — to tooth, С — to intraosseous screw.

фистулу устанавливали в лунку удаленного зуба и подшивали к краям раны, если нет — фистулу устанавливали в зоне оптимальной для выполнения гигиены и фиксировали к зубу лигатурной проволокой (рис. 10). После этого выполняли контрольную КЛКТ челюсти для уточнения расположения фистулы (рис. 11).

Пациенту давали аналогичные рекомендации.

В послеоперационном периоде проводили ежемесячный клинический осмотр пациентов для уточнения состояния окружающих тканей и состоятельности фистулы (таблица).

Контрольную КЛКТ челюстей выполняли через 9 месяцев после установки фистулы. После выполнения КЛКТ челюстей

данные в формате DICOM экспортировали в программу с открытым исходным кодом для работы с медицинскими рентгенологическими изображениями 3D-slicer для интерпретации данных о полученных характеристиках образования.

В программе 3D-slicer проводилась полуавтоматическая сегментация зоны интереса с выделением 3D-объектов зоны интереса: области регенерации костного дефекта в зоне расположения ООЧК, остаточной полости образования, вовлеченных и прилегающих зубов и анатомических образований. Выполняли линейные измерения сегментированного объекта (длина, ширина, глубина) (рис. 12). Объем остаточной полости образования программа рассчитывала автоматически после сегментации. Проводилось наложение изображения сегментированных ООЧК

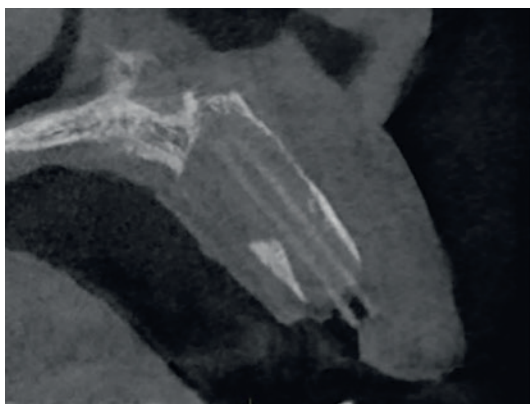


Рис. 11. КЛКТ после установки стандартной фистулы

Fig. 11. CBCT image after placement of the standard splint

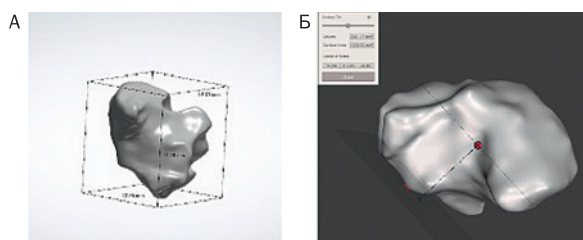


Рис. 12. 3D-реконструкция: автоматическое измерение объема оставшейся полости ООЧК через 9 месяцев после установки фистулы

Fig. 12. 3D reconstruction: automatic volume measurement of residual jaw lesion cavity at 9 months after the splint placement

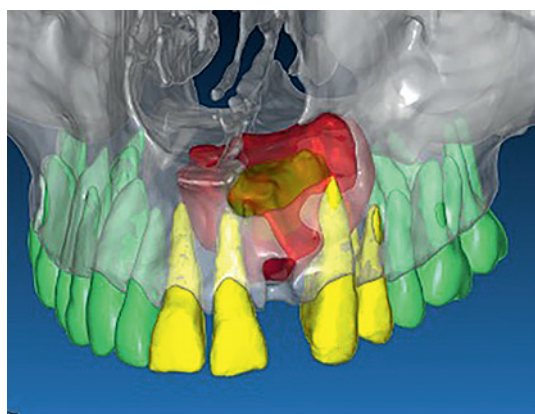


Рис. 13. 3D-реконструкция зоны интереса: сегментированное ООЧК через 9 месяцев после оперативного вмешательства и установки фистулы

Fig. 13. 3D reconstruction of the region of interest: segmented jaw lesion 9 months after surgery and splint placement

до начала лечения и через 9 месяцев после оперативного вмешательства и установки фистулы (рис. 13).

Для объективной оценки эффективности регенерации дефекта костной ткани после фистулизации нами предложен метод расчета коэффициента регенерации. Коэффициент регенерации рассчитывали путем сопоставления объемов сегментированных 3D-объектов образования на момент начала лечения и остаточной полости кисты через 9 месяцев после начала декомпрессии (рис. 14).

Основным конечным показателем эффективности в данном исследовании являлось уменьшение объема, что рассматривалось как главный критерий успешности проведенного лечения.

$$\frac{\text{Коэффициент регенерации губчатого слоя костной ткани в области ООЧК / Regeneration coefficient of the trabecular bone layer in the jaw bone mass (JBM) region}}{\frac{\text{Объем ООЧК до оперативного вмешательства / Volume of the JBM before surgical intervention}}{\text{Объем ООЧК до операции / Volume of the JBM before surgery}}} = \frac{\text{Объем ООЧК спустя 9 месяцев после оперативного вмешательства / Volume of the JBM 9 months after surgery}}{\text{Объем ООЧК до операции / Volume of the JBM before surgery}} \times 100\%$$

Рис. 14. Расчет коэффициента объемной регенерации костной ткани в области объемных образований челюстных костей

Fig. 14. Calculation of the volumetric regeneration coefficient of bone tissue around a jaw bone mass

В ходе исследования были оценены показатели, не относящиеся напрямую к динамике уменьшения кист, но оказывающие влияние на качество лечения и комфорта пациентов. Основные дополнительные исходы включали:

- удовлетворенность пациентов: субъективные ощущения комфорта при использовании фистулы, отсутствие болезненности и ограничений в повседневной жизни, удобство при поддержании индивидуальной гигиены;
- наличие воспалительных осложнений: локальных реакций (отек, гиперемия, нагноение) в зоне фиксации фистулы;
- ретенция фистулы: устойчивость устройства к смещению или выпадению в процессе использования;
- деформация фистулы: степень сохранения исходной формы устройства в течение всего периода эксплуатации.

Для оценки основных и дополнительных исходов использовали инструментальные и опросные методы. Ключевые методы сбора данных включали:

Таблица Сводная таблица пациент-ориентированных критериев оценки фистулы в группах наблюдения и контроля  
Table Summary table of patient-oriented criteria for assessing splints in the observation and control groups

Критерий Parameter	Оценка Assessment	Группа наблюдения, n (%) Observation group, n (%)	Группа контроля, n (%) Control group, n (%)
Воспаление мягких тканей в области фистулы Inflammation of soft tissue around a splint	Выражено Pronounced	0 (0)	9 (33,3)
	Выражено умеренно Moderate	0 (0)	15 (55,6)
	Не выражено Unremarkable	36 (100)	3 (11,1)
Ретенция фистулы Splint retention	Удовлетворительная Satisfactory	36 (100)	21 (77,8)
	Неудовлетворительная Unsatisfactory	0 (0)	6 (22,2)
Деформация фистулы Splint deformation	Отмечается Present	0 (0)	18 (66,7)
	Не отмечается Absent	36 (100)	9 (33,3)
Болезненность при использовании Pain during use	Отмечается Present	0 (0)	15 (55,6)
	Не отмечается Absent	36 (100)	12 (44,4)
Удобство при поддержании индивидуальной гигиены Convenience of maintaining personal hygiene	Удобно Convenient	36 (100)	18 (66,7)
	Неудобно Inconvenient	0 (0)	9 (33,3)
Качество жизни пациента Patient's quality of life	Ухудшилось Decreased	0 (0)	18 (66,7)
	Не изменилось Preserved	36 (100)	9 (33,3)



- КЛКТ: всем пациентам выполняли КЛКТ области поражения до хирургического вмешательства и повторно через 9 месяцев;
- цифровой анализ объемов кисты и дефекта кости: полученные томограммы анализировали в программе 3D Slicer: проводили расчет объема кистозных полостей;
- лист опроса для пациентов: для сбора данных о субъективных исходах всем участникам проводили стандартизованный опрос. Пациенты оценивали свои ощущения при использовании устройства: удобство пользования фистулой, влияние устройства на качество жизни и т.д.

Исследование проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией и национальными этическими стандартами. Протокол был одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО СПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава РФ (заключение №174 от 25.02.2020). Все пациенты выразили согласие на участие.

Объем выборки ( $n=63$ ) обоснован расчетом статистической оценки для получения значимых различий между группами (минимум 22 пациента на группу) с использованием Sealed Envelope Ltd., 2012. Анализ и обработка данных проводили в ПО StatTech v. 4.6.1 (ООО «Статтех», Россия).

Количественные показатели (объем кисты, площадь дефекта костей) представляли в виде среднее значение $\pm$ SD. Нормальность распределения проверяли стандартными тестами. Для межгруппового сравнения были применены t-критерии Стьюдента (при нормальном распределении) или критерии Манна–Уитни. Уровень статистической значимости устанавливали на уровне  $p<0,05$ .

## Результаты

Количественный анализ показал, что относительное сокращение объема кист (рис. 15) составило больший процент в экспериментальной группе, чем в группе контроля. Разница в средней степени уменьшения объема и процента восстановления между группами была статистически значимой ( $p<0,005$ ).

Дополнительно были рассчитаны и оценены коэффициенты регенерации в каждой группе, свидетельствующие о более выраженной положительной динамике в экспериментальной группе ( $p<0,001$ ) (рис. 16).

Анализ подтвердил значительные преимущества применения индивидуальной 3D-печатной фистулы с точки зрения прилега-

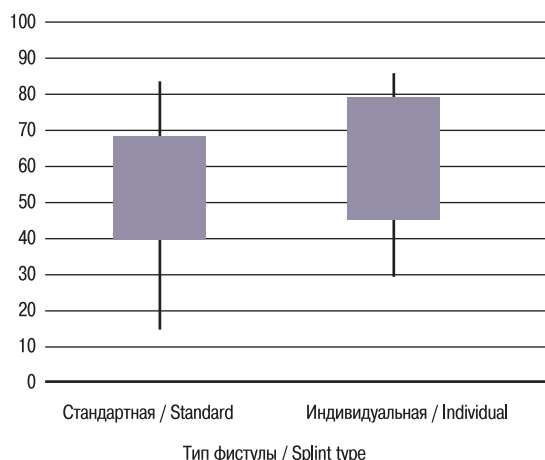


Рис. 16. Коэффициент регенерации

Fig. 16. Bone regeneration coefficient

Динамика изменения объема образования по данным 3D измерений / Trends in changes in the mass volume based on 3D measurements

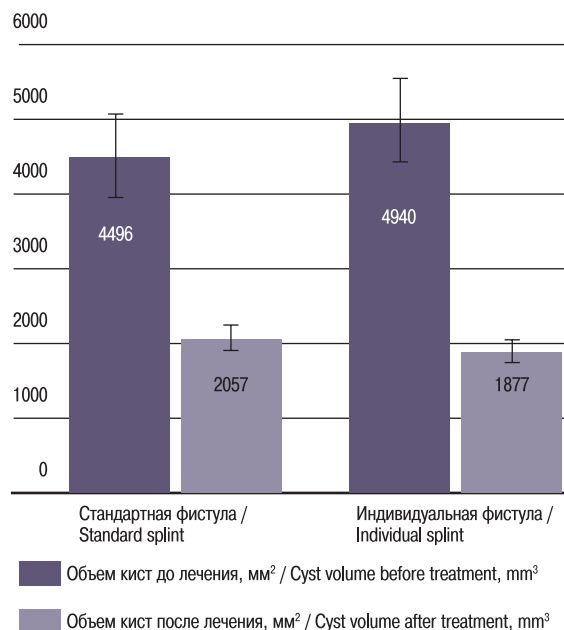


Рис. 15. Динамика изменения объема образования по данным 3D-измерений ( $p<0,001$ )

Fig. 15. Dynamics of cyst volume change according to 3D-measurements ( $p<0,001$ )

ния, устойчивости к деформациям, комфорта и безопасности для пациента. Пациенты экспериментальной группы отмечали высокую степень удобства (рис. 17), меньшее влияние на качество жизни (рис. 18). В контрольной группе чаще пациенты испы-

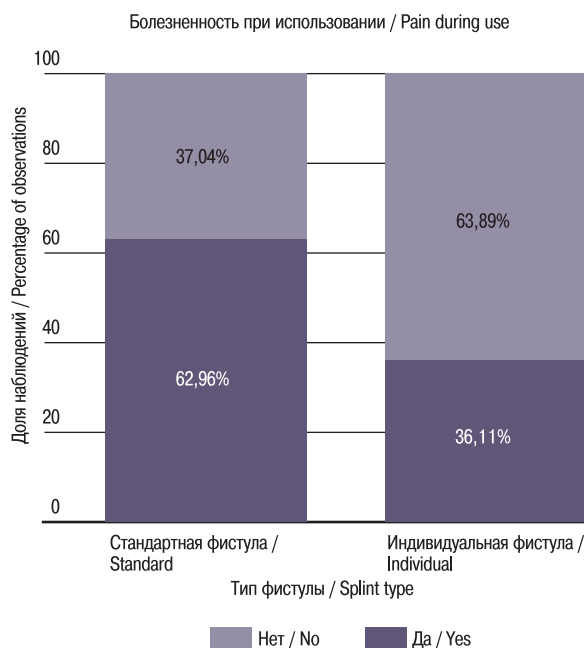


Рис. 17. Наличие болевых ощущений в зависимости от типа фистулы ( $p=0,002$ )

Fig. 17. Presence of pain depending on the type of splint used ( $p=0,002$ )



тивали дискомфорт, жаловались на воспалительные изменения и болезненные ощущения в зоне фиксации фистулы.

Частота локальных воспалительных осложнений существенно различалась между группами (рис. 19). На рисунке представлен процент пациентов с эпизодами, требующими специализированной медикаментозной помощи (дополнительных антисептических обработок и в некоторых случаях антибиотикотерапии) ( $p < 0,001$ ).

Поддержание гигиены полости рта также оказалось значительно проще при использовании индивидуальной фистулы (рис. 20) ( $p < 0,001$ ).

Также индивидуальные фистулы не были подвержены деформациям и сохраняли высокий уровень ретенции на протяжении всего срока лечения в отличие от стандартных фистул (рис. 21, 22).

## Обсуждение

Основной эффект в виде уменьшения объема кисты оказался лучше при применении персонализированного устройства по сравнению со стандартным. Это согласуется с ожидаемым механизмом действия: индивидуальная фистула, спроектированная с учетом объемного анализа новообразования, обеспечила более эффективную и равномерную декомпрессию.

Дополнительные преимущества методики проявились в комфорте, профилактике осложнений. Пациенты с индивидуальной фистулой легче переносили лечение, этот факт важен, поскольку длительная (многомесячная) декомпрессия требует двухстороннего сотрудничества и соблюдения пациентом рекомендаций. Индивидуальная фистула практически не доставляет неудобств,

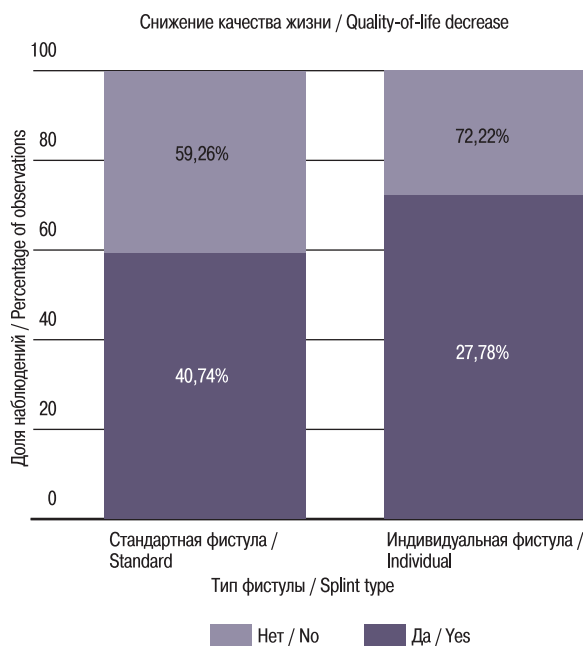


Рис. 18. Оценка пациентом снижения качества жизни при использовании фистулы

Fig. 18. Patient assessment of quality-of-life changes associated with splint use

Воспалительные изменения мягких тканей в области фиксации фистулы в полости рта / Inflammatory changes in soft tissues in the area of splint fixation in the oral cavity

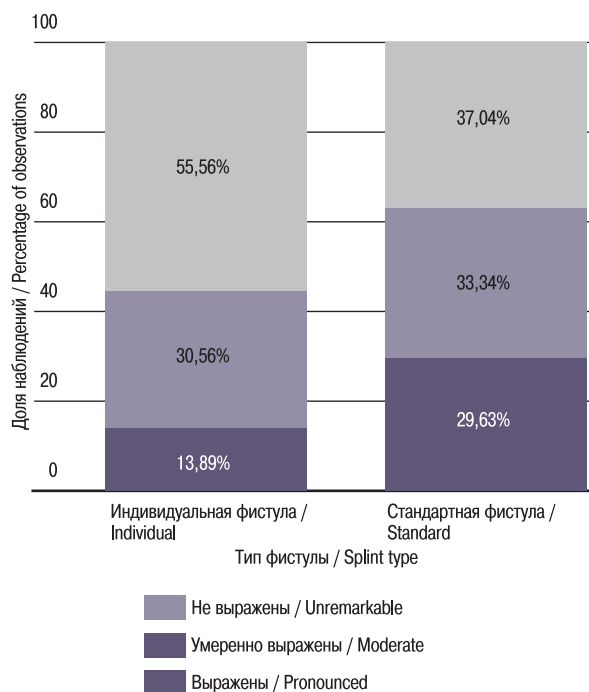


Рис. 19. Состояние мягких тканей в зоне расположения фистулы ( $p < 0,001$ )

Fig. 19. Condition of soft tissues around the splint placement site ( $p < 0,001$ )

Удобство поддержания индивидуальной гигиены полости рта / Convenience of maintaining individual oral hygiene

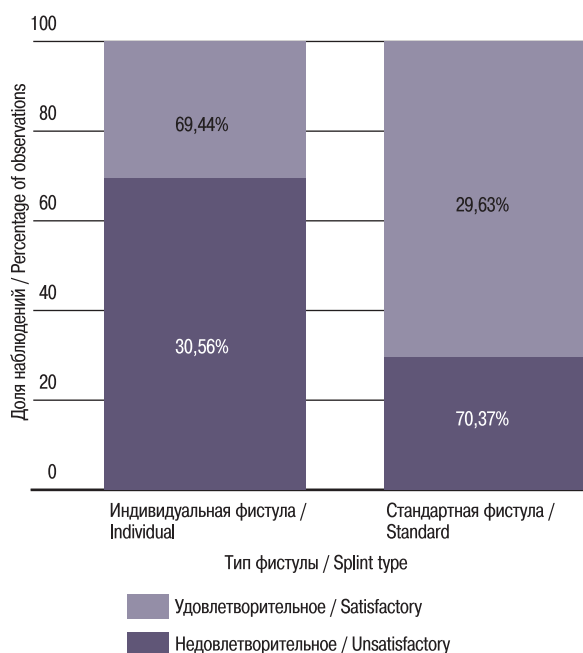
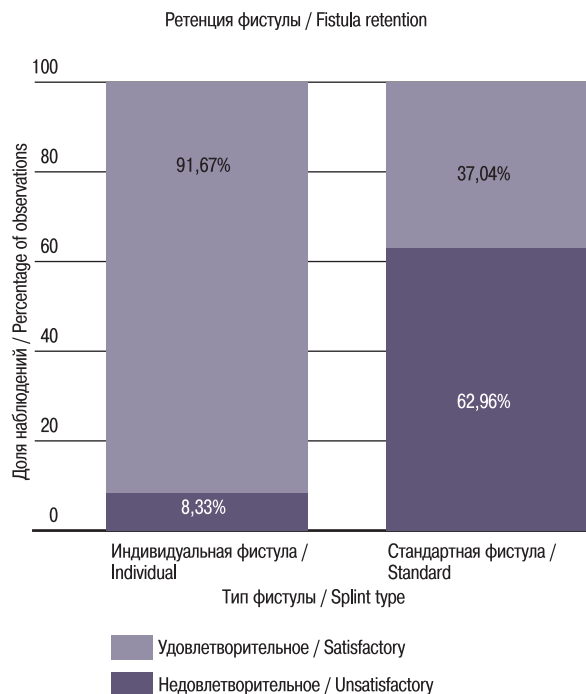


Рис. 20. Оценка удобства поддержания индивидуальной гигиены полости рта при использовании 2 типов фистул ( $p = 0,002$ )

Fig. 20. Patient evaluation of convenience for maintaining oral hygiene depending on the fistula type ( $p = 0,002$ )

Рис. 21. Ретенция фистулы ( $p=0,002$ )Fig. 21. Fistula retention ( $p=0.002$ )

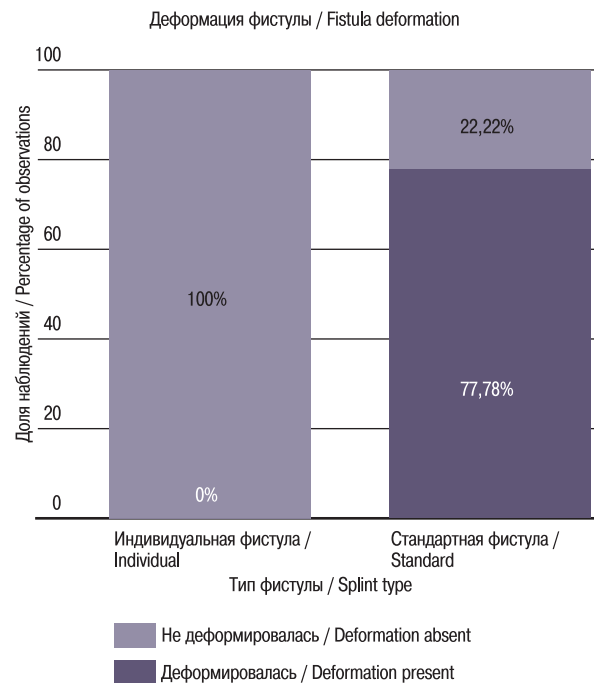
повышает качество гигиены, что снижает риск инфекционных осложнений. Низкая доля локального воспаления, вероятно, связана с лучшим прилеганием фистулы, что предотвращает травмирование слизистой оболочки и проникновение пищи в пространство вокруг дренажа.

Ограничения: исследование проводилось в одном центре, что потенциально ограничивает обобщение результатов на другие популяции пациентов. Во-вторых, сама технология изготовления индивидуальной фистулы требует наличия соответствующего оборудования (КЛКТ, ПО, 3D-принтер) и квалифицированного персонала. Кроме того, себестоимость изготовления индивидуального дренажа выше, чем у стандартного дренажа.

Однако полученные данные демонстрируют очевидные преимущества нового подхода. Будущие исследования могли бы быть направлены на оптимизацию дизайна, снижение затрат на их производство, изучение влияния индивидуальных особенностей пациентов (состояние иммунной системы, возраст и т.п.) на эффективность данной методики, что позволило бы точнее выделять контингент пациентов, которым 3D-фистула принесет наибольшую пользу.

## Заключение

В результате проведенного рандомизированного исследования установлено, что применение индивидуальной фистулы для длительной декомпрессии кист челюстей обеспечивает высокую эффективность лечения и улучшает ряд важных параметров по сравнению со стандартным подходом. Основной исход – уменьшение объема кистозного образования при использовании индивидуальной фистулы. Вторичные результаты продемонстрировали преимущества для пациента: более низкие показатели дискомфорта, простоту ухода, низкий процент местных воспалительных осложнений, отсутствие деформаций,

Рис. 22. Деформация фистулы ( $p=0,006$ )Fig. 22. Fistula deformation ( $p=0.006$ )

удовлетворительную ретенцию. Персонализированная фистула показала себя как пациент-ориентированное решение, способствующее сохранению качества жизни на прежнем уровне во время лечения.

Практическая значимость полученных данных заключается во внедрении 3D-технологий в челюстно-лицевую хирургию, что позволяет персонализировать лечение и добиться лучших результатов регенерации кости. Клиническое применение разработанной методики может привести к сокращению сроков реабилитации пациентов с кистами челюстей и снижению риска осложнений. Рекомендуется шире использовать персонализированные дренажные устройства при лечении крупных кистозных новообразований челюстей, особенно в случаях, когда требуется длительное ношение дренажа. В дальнейших исследованиях и клинической практике целесообразно накапливать опыт применения персонализированных фистул, провести экономический анализ их эффективности и совершенствовать протоколы лечения. Полученные в настоящей работе результаты свидетельствуют о перспективности метода и служат основой для его дальнейшего развития и распространения в стоматологической и хирургической практике.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lustig J.P., Schwartz-Arad D., Shapira A. Odontogenic cysts related to pulpomized deciduous molars: clinical features and treatment outcome. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 1999;87:499–503. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(99\)70251-9](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(99)70251-9).
2. Manor E., Kachko L., Puterman M.B., et al. Cystic lesions of the jaws – a clinicopathological study of 322 cases and review of the literature. *Int. J. Med. Sci.* 2012;9:20–6. <https://doi.org/10.7150/ijms.9.20>.

3. Park H.S., Song I.S., Seo B.M., et al. The effectiveness of decompression for patients with dentigerous cysts, keratocystic odontogenic tumors, and unicystic ameloblastoma. *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 2014;40:260–5. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.6.260>.
4. Lee S., Kim S., Moon S., et al. The effect of decompression as treatment of the cysts in the jaws: retrospective analysis. *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 2017;43:83–7. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2017.43.2.83>.
5. Mark H.S., Song I.S., Seo B.M., et al. The effectiveness of decompression for patients with dentigerous cysts, keratocystic odontogenic tumors and unicystic ameloblastoma. *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 2014;40:260–5.
6. Kwon Y., Ko K., So B., et al. Effect of decompression on jaw cystic lesions based on three-dimensional volumetric analysis. *Medicina.* 2020;56. <https://doi.org/10.3390/medicina56110602>.
7. Jeong H.G., Hwang J.J., Lee S.H., Nam W. Effect of decompression for patients with various jaw cysts based on three-dimensional computed tomography analysis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 2017;123:445–52. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2016.12.005>.
8. Bonavolontà P., Dell'Aversana Orabona G., Friscia M., et al. Surgical management of large odontogenic cysts of the mandible. *J. Craniofac. Surg.* 2019;30(7):e658–61. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005725>.
9. Lizio G., Sterrantino A.F., Ragazzini S., Marchetti C. Volume reduction of cystic lesions after surgical decompression: a computerised three-dimensional computed tomographic evaluation. *Clin. Oral Investig.* 2013;17:1701–8. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0869-z>.
10. Nakamura N., Mitsuyasu T., Mitsuyasu Y., et al. Marsupialization for odontogenic keratocysts: long-term follow-up analysis of the effects and changes in growth characteristics. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2002;94:543–53. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.128022>.
11. Marker P., Brøndum N., Clausen P.P., Bastian H.L. Treatment of large odontogenic keratocysts by decompression and later cystectomy: a long-term follow-up and a histologic study of 23 cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 1996;82:122–31. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(96\)80214-9](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(96)80214-9).
12. Ivanov V.M., Krivtsov A.M., Strelkov S.V., et al. Practical Application of Augmented/Mixed Reality Technologies in Surgery of Abdominal Cancer Patients. *J. Imaging.* 2022;8:183. <https://doi.org/10.3390/jimaging8070183>.
13. Ivanov V.M., Krivtsov A.M., Smirnov A.Y., et al. Experience in the Application of Augmented Reality Technology in the Surgical Treatment of Patients Suffering Primary and Recurrent Pelvic Tumors. *J. Pers. Med.* 2023;14(1):19. Doi: 10.3390/jpm14010019. [PMID: 38248720, PMCID: PMC10821072]. <https://www.mdpi.com/2075-4426/14/1/19>

Поступила 12.10.2025

Получены положительные рецензии 11.11.25

Принята в печать 14.11.25

Received 12.10.2025

Positive reviews received 11.11.25

Accepted 14.11.25

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: А.В. Лысенко — хирургическое лечение пациента, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи. А.И. Яременко — курация, обзор литературы, редактирование статьи. В.М. Иванов — сбор и анализ литературных данных, научное редактирование статьи. Железняк — курация, научное редактирование статьи. А.В. Васильев — сбор данных,

редактирование статьи. Р.А. Студеникин — сбор и анализ цифровых данных, написание и редактирование статьи. А.А. Прокофьева — сбор и анализ литературных данных, написание текста статьи.

**Contribution of the authors.** All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the concept development, research, and preparation of the manuscript, read and approved the final version before publication). A.V. Lysenko — surgical treatment of the patient, literature review, collection and analysis of literary sources, manuscript writing and editing. A.I. Yaremenko — patient supervision, literature review, manuscript editing. V.M. Ivanov — collection and analysis of literature data, scientific editing of the manuscript. I.S. Zheleznyak — patient supervision, scientific editing of the manuscript. A.V. Vasiliev — data collection, manuscript editing. R.A. Studenikin — collection and analysis of numerical data, manuscript writing and editing. A.A. Prokofeva — collection and analysis of literature data, manuscript writing.

### Информация об авторах:

Лысенко Анна Валерьевна — к.м.н., доцент отделения хирургической стоматологии и амбулаторной челюстной-лицевой хирургии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Санкт-Петербург. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, Петроградская наб., 44; e-mail: alimp0@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5625-1085, eLibrary SPIN: 1296-1399.

Яременко Андрей Ильич — д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова. Адрес: 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8; e-mail: ayaremenko@me.com. ORCID: 0000-0002-7700-7724, eLibrary SPIN: 7903-8540.

Иванов Владимир Михайлович — д.м.н., профессор Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Адрес: 195251, Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29 литера Б; e-mail: voliva@rambler.ru. ORCID: 0000-0001-8194-2718, eLibrary SPIN: 8738-1873.

Железняк Игорь Сергеевич — д.м.н., профессор кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова. Адрес: 194044, Санкт-Петербург, улица Боткинская, д. 1, стр. 1; e-mail: igzh@bk.ru. ORCID: 0000-0001-7383-512X, eLibrary SPIN: 1450-5053.

Васильев Алексей Викторович — д.м.н. кафедра челюстно-лицевой хирургии Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Адрес: 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова. Адрес: 191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д.41; e-mail: alvicvas@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-6265-2421, eLibrary SPIN: 9734-6472.

Студеникин Роман Александрович — отделение хирургической стоматологии и амбулаторной челюстной-лицевой хирургии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, Петроградская наб., 44; e-mail: i@roman-studenikin.ru. ORCID: 0009-0003-3883-0798.

Прокофьева Алина Аркадьевна — кафедра челюстно-лицевой хирургии Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова. Адрес: 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8; тел.: +7(911) 142-04-18; e-mail: prokofevaalina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7461-4633, eLibrary SPIN: 9206-3829.

### Information about the authors:

Anna V. Lysenko — Cand. Med. Sci., Assistant Professor, Department of Surgical Dentistry and Outpatient Maxillofacial Surgery, Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, St. Petersburg, Russia. Address: 44 Petrogradskaya Embankment, 197101, Saint Petersburg; e-mail: lalimp0@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5625-1085, eLibrary SPIN: 1296-1399.



*Andrei I. Yaremenko — Dr. Med. Sci, Professor, Department of Maxillofacial Surgery, First Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia. Address: 6/8 Lva Tolstogo str., 197022 St. Petersburg; e-mail: ayaremenko@me.com. ORCID: 0000-0002-7700-7724, eLibrary SPIN: 7903-8540.*

*Vladimir M. Ivanov — Dr. Med. Sci, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Address: 29B Polytechnicheskaya Street, Akademicheskoe Municipal District, 195251, Saint Petersburg; e-mail: voliva@rambler.ru. ORCID: 0000-0001-8194-2718, eLibrary SPIN: 8738-1873.*

*Igor S. Zheleznyak — Dr. Med. Sci, Professor, Department of Radiology with Ultrasound Diagnostics, Federal State Budgetary Military Education Institution of Higher Education Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia. Address: 1 Botkinskaya Street, 194044 St. Petersburg; e-mail: igzh@bk.ru. ORCID: 0000-0001-7383-512X, eLibrary SPIN: 1450-5053.*

*Aleksey V. Vasiliev — Dr. Med. Sci, Professor, Department of Maxillofacial Surgery, First Pavlov State Medical University of St. Petersburg. Address: 6/8 Lva Tolstogo str., 197022 St. Petersburg; North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. Address: 41 Kirochnaya St., 191015 St. Petersburg; e-mail: alvicvas@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-6265-2421, eLibrary SPIN: 9734-6472.*

*Roman A. Studenikin — Department of Surgical Dentistry and Outpatient Maxillofacial Surgery, Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery. Address: 44 Petrogradskaya Naberezhnaya, Saint Petersburg, 197101; e-mail: i@roman-studenikin.ru. ORCID: 0009-0003-3883-0798.*

*Alina A. Prokofeva — Department of Maxillofacial Surgery, First Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia. Address: 6/8 Lva Tolstogo str., 197022 St. Petersburg; e-mail: prokofevaalina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7461-4633, eLibrary SPIN: 9206-3829.*