

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent630292>

Разработка технологии компьютерного производства эпитезов лица

С.В. Апресян, А.Г. Степанов, А.П. Зражевская, В.К. Суонио

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Помимо ежегодного роста числа пациентов с онкологическими заболеваниями челюстно-лицевой области в последние годы увеличилось количество людей с осколочными и огнестрельными ранениями лица в результате локальных войн и конфликтов. В связи с этим вопрос реабилитации таких пациентов стоит крайне остро.

Традиционные методы ортопедической реабилитации пациентов и изготовление эпитезов лица — довольно сложный и длительный процесс. В постоперационный период наблюдаются резкое снижение качества жизни данной категории пациентов, нарушение основных необходимых для жизнедеятельности функций организма и плохая социальная адаптация.

Непосредственное протезирование лица в постоперационном периоде ранее было невозможным ввиду отсутствия необходимых цифровых технологий моделирования и конструкционных материалов для аддитивных или субтрактивных методов производства. Изготовление непосредственных (иммедиат) эпитезов лица с использованием цифровых технологий является актуальной задачей, способной улучшить социальные и функциональные условия жизни пациентов.

Цель исследования — разработка технологии 3D-моделирования для аддитивного производства иммедиат-эпитезов лица.

Методы. Была поставлена задача разработки специализированного трёхмерного программного обеспечения для моделирования дефектов лицевой области. Функциональные возможности программы должны позволять виртуально моделировать недостающие части лица (ухо, глаз, нос, орбита). Для создания цифровой платформы совместно со IT-специалистами было принято решение использовать следующие языки программирования: C++ — написание ядра программного обеспечения, написание модулей взаимодействия UI/UX, взаимодействие с операционной системой Windows; C# — комплексная сборка всего проекта; Python — автоматизированная сборка модулей виртуальных библиотек; OpenGL HLSL — язык шейдеров для графической визуализации объектов; C — создание функций для взаимодействия с шейдерами, требующих высокой скорости.

Результаты. Разработана специализированная компьютерная программа для 3D-моделирования протезов у пациентов с дефектами средней зоны лица по совмещённым данным лицевого сканирования и компьютерной томографии (Программа ЭВМ. Апресян С.В., Степанов А.Г. Программа для 3D-моделирования эпитезов лица. Номер регистрации (свидетельства) 2023663490, дата регистрации: 04.07.2023).

Вместо получения аналоговых оттисков из гипса или силиконового материала в разработанной технологии используется лицевой 3D-сканер или данные компьютерной томографии головы, что в значительной степени облегчает страдания пациентов. В разработанную программу интегрирована виртуальная трёхмерная база ушей, носов, орбит, скуловых костей пациентов различных возрастов и гендерной принадлежности. Это даёт возможности специалисту подобрать максимально адаптивную часть лица для восполнения дефекта. Встроенные инструменты моделирования позволяют персонализировать 3D-модель части лица исходя из особенностей строения челюстно-лицевой области человека. Готовую трёхмерную модель части лица возможно экспортировать в различных форматах или отправить непосредственно на производство методом аддитивных технологий.

Заключение. Разработанная 3D-программа для моделирования дефектов лица позволяет избежать инвазивных подходов протезирования, согласовать форму будущих конструкций с пациентом. Встроенная библиотека конструкций с базой данных обеспечивает дистанционное изготовление протеза без присутствия пациента в случае необходимости замены. К неоспоримым преимуществам технологии можно отнести тот факт, что протезы могут изготавливаться непосредственно в день операции по удалению части лица, полностью восстанавливая утраченные функции и обеспечивая быструю социальную адаптацию.

Ключевые слова: цифровые технологии; 3D-печать; лицевое протезирование; эпитезы лица.

Как цитировать:

Апресян С.В., Степанов А.Г., Зражевская А.П., Суонио В.К. Разработка технологии компьютерного производства эпитезов лица // Российский стоматологический журнал. 2024. Т. 28, № 3. С. 317–324. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent630292>

Рукопись получена: 13.04.2024

Рукопись одобрена: 15.05.2024

Опубликована online: 06.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent630292>

Computer production of facial epitheses

Samvel V. Apresyan, Alexander G. Stepanov, Anastasia P. Zrazhevskaya, Valeria K. Suonio

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Patients with facial defects require urgent rehabilitation. In addition to the annual increase in the number of patients with cancer of the maxillofacial region, in recent years, the number of people with shrapnel and gunshot wounds to the face has increased as a result of local wars and conflicts.

Traditional methods of orthopedic rehabilitation of patients and the manufacture of facial epitheses are quite complex and lengthy. Postoperatively, the quality of life of these patients sharply decreases, basic body functions necessary for vital activity are impaired, and patients have poor social adaptation.

Direct application of facial prosthetics in the postoperative period is impossible owing to the lack of appropriate digital modeling technologies and structural materials for additive or subtractive production methods. Thus, the production of immediate facial epitheses using digital technologies is an urgent task to improve the social and functional living conditions of patients.

AIM: To develop three-dimensional (3D) modeling technology for additive manufacturing of immediate facial prostheses.

METHODS: The first task was to develop specialized 3D software for modeling defects in the facial area. The functionality of the program should allow virtual simulation of the missing parts of the face (ear, eye, nose, and orbit). Together with IT specialists, a digital platform was created using the following programming languages: C++ (for writing the software core and UI/UX interaction modules and interacting with the Windows operating system), C# (a complex assembly of the entire project), Python (for the automated assembly of virtual library modules), OpenGL HLSL (a shader language for graphical visualization of objects), and C (creation of functions for interacting with shaders that require high speed).

RESULTS: A specialized computer program was developed for the 3D modeling of prostheses for patients with midface defects using combined facial scanning and computed tomography data (Computer program. Apresyan SV, Stepanov AG. A program for 3D modeling of facial epitheses. Registration number (certificate) 2023663490, Registration date: 07/04/2023).

Instead of obtaining analog impressions with plaster or silicone material, the developed technology uses a special 3D facial scanner, which greatly eases the suffering of patients. A virtual 3D database of ears, noses, orbits, and zygomatic bones of patients of various ages and sexes was integrated into the developed program. This allowed the specialist to select the most adaptive part of the face to make up for the defect. Built-in modeling tools allowed for the personalization of a 3D model of a part of the face based on the structural features of the maxillofacial region of a person. The finished 3D model of a part of the face can be exported in various formats.

CONCLUSION: The developed 3D program for modeling defects helps avoid invasive prosthetics approaches to coordinate the shape of future structures with the patient. The built-in library of structures with a database provides remote manufacturing of the prosthesis without the presence of the patient if replacement is needed. Among the undeniable advantages of the technology, prostheses can be made directly on the day of surgery for the removed part of the face, completely restoring lost functions and providing rapid social adaptation.

Keywords: digital technologies; 3D printing; facial prosthetics; facial epitheses.

To cite this article:

Apresyan SV, Stepanov AG, Zrazhevskaya AP, Suonio VK. Computer production of facial epitheses. *Russian Journal of Dentistry*. 2024;28(3):317–324.

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent630292>

Received: 13.04.2024

Accepted: 15.05.2024

Published online: 06.07.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Люди с дефектами лица — это особая категория пациентов, для комплексной реабилитации которых требуются сложные технологичные этапы лечения и дальнейшая психоэмоциональная адаптация [1, 2]. Онкологические заболевания, врождённые дефекты, огнестрельные ранения, специфичные поражения челюстно-лицевой области и суицидальные попытки — всё это приводит к утрате части лица [3]. Помимо прочего, по статистике Всемирной организации здравоохранения, каждые 3 мин на свет рождается ребёнок с дефектом лица.

В результате хирургических вмешательств в челюстно-лицевой области у пациентов происходит нарушение жизненно важных функций организма, таких как дыхание, пищеварение, речевобразование и др., что безусловно снижает общее качество жизни и отягощает психосоматический статус. В результате этого у пациентов ухудшается социальная адаптация и теряется трудоспособность [4–7].

Основным методом реабилитации таких пациентов является челюстно-лицевое протезирование. Изготовление лицевого эпитеза способствует замещению дефектов лица и восстановлению жизненно важных функций организма. Улучшение внешнего облика приводит к социальной адаптации пациента и нормализации качества его жизни [8].

Сложный технологический процесс изготовления эпитезов лица включает в себя несколько хирургических, ортопедических и зуботехнических этапов. Для достижения успешного и гарантированного результата лечения необходимы слаженная работа всех участников процесса и комплексное планирование лечения [5, 6].

В настоящее время изготовление эпитезов лица происходит по аналоговым алгоритмам. В начале ортопедического этапа реабилитации с раневой поверхности получают силиконовые оттиски, что уже вызывает у пациента дискомфорт в крайней степени. Последующие этапы изготовления гипсовой модели дефекта, создание и индивидуализация окончательного протеза занимают несколько недель [9, 10].

При традиционных методах изготовления эпитеза используют силиконы на основе платины. При смешивании двух компонентов происходит полимеризация силикона, который по итогу должен представлять собой эластичную и прочную конструкцию с твёрдостью по Шору А 10–30 [11–13].

Применение цифровых технологий при изготовлении лицевых протезов всегда было ограничено ввиду отсутствия программного обеспечения для 3D-моделирования дефектов и материала, из которого можно было бы изготовить эпитез с необходимыми физико-механическими свойствами. Известные по данным литературных источников методы аддитивного производства эпитезов лица являются невостребованными и малодоступными ввиду сложности самого технологического процесса

и экономической недоступности оборудования для повседневной стоматологической практики [14, 15].

Таким образом, в постоперационный период пациент вынужден жить с обезображенным лицом до момента изготовления эпитеза. Известны случаи суицидальных попыток у таких пациентов, не выдерживающих психоэмоциональной нагрузки. Проблема быстрого и качественного изготовления имediat-протезов лица на период ожидания пациентом окончательной конструкции изучена не до конца. Необходимость в настоящем исследовании обусловлена поиском способа непосредственной реабилитации пациентов с дефектами лица с использованием цифровых технологий моделирования и производства эпитезов.

Цель исследования — разработать технологию 3D-моделирования для аддитивного производства имediat-эпитезов лица.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели основной задачей стала разработка специализированного трёхмерного программного обеспечения для моделирования эпитезов лица. Функциональные возможности программы должны позволять виртуально моделировать недостающие части лица (ухо, глаз, нос, орбита). Для создания цифровой платформы совместно со IT-специалистами было принято решение использовать следующие языки программирования: C++ — написание ядра программного обеспечения, написание модулей взаимодействия UI/UX, взаимодействие с операционной системой Windows; C# — комплексная сборка всего проекта; Python — автоматизированная сборка модулей виртуальных библиотек; OpenGL HLSL — язык шейдеров для графической визуализации объектов; C — создание функций для взаимодействия с шейдерами, требующих высокой скорости.

В разрабатываемое программное обеспечение предполагалась интеграция 3D-моделей частей лица (ухо, нос, глаз, орбита) различных форм и размеров для последующей автоматической адаптации виртуальных эпитезов к раневой поверхности с возможностью мануальной коррекции конечной виртуальной модели. Для этого были проанализированы 287 компьютерно-томографических (КТ) изображений размером 15×15 см, из которых отобраны 50 изображений пациентов различных возрастов, мужского и женского пола, с интактными частями лица, разных форм и размеров.

Основной идеологией разрабатываемой технологии являлась возможность изготовления непосредственных лицевых эпитезов без предварительного получения силиконовых оттисков с раневой поверхности. Написание программного кода должно давать возможность автоматического преобразования КТ-изображения головы пациента из формата .dicom в формат .stl для последующей возможности виртуального моделирования эпитезов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С учётом заданных функциональных требований нами было разработано трёхмерное программное обеспечение «Феникс 3D».

Разработанная 3D-программа для моделирования дефектов позволяет избежать инвазивных подходов протезирования, согласовать форму будущих конструкций с пациентом. Встроенная библиотека конструкций с базой данных обеспечивает дистанционное изготовление протеза без присутствия пациента в случае необходимости замены. К неоспоримым преимуществам технологии можно отнести тот факт, что протезы могут изготавливаться непосредственно в день операции по удалению части лица, полностью восстанавливая утраченные функции и обеспечивая быструю социальную адаптацию.

Уникальность разработки состоит в полной автоматизации всех процессов, необходимых для изготовления эпитезов лица. Исключается необходимость получения силиконовых оттисков с раневой поверхности лица. Для обеспечения процесса моделирования эпитеза достаточно произвести экспорт КТ-изображения головы пациента в формате .dicom. Далее происходит процесс автоматического преобразования трёхмерной модели в формат .stl (рис. 1).

В разработанную программу интегрирована виртуальная трёхмерная база ушей, носов, орбит, скуловых костей пациентов различных возрастов и гендерной принадлежности. Это даёт возможность специалисту подобрать максимально адаптивную часть лица

для восполнения дефекта. В результате анализа 50 КТ-изображений пациентов с интактными частями лица были выделены отдельно уши, глаза, нос и орбиты для создания виртуальной цифровой библиотеки и дальнейшей интеграции в программное обеспечение «Феникс 3D» (рис. 2).

Первым этапом после преобразования КТ-изображений в формат .stl необходимо обозначить границу дефекта при помощи встроенных инструментов редактирования и выбрать из виртуальной библиотеки нужную модель лица. Программа «Феникс 3D» автоматически располагает виртуальную модель эпитеза в зоне дефекта с учётом наличия поднутрений и топографии тканей протезного ложа (рис. 3).

После расположения модели эпитеза в зоне дефекта у специалистов имеется возможность вносить исправления в конструкцию в ручном режиме при помощи встроенных инструментов редактирования. Далее производится экспорт трёхмерной виртуальной модели части лица с формате .stl или .obj с последующим производством методом аддитивных или субтрактивных технологий (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Помимо ежегодного роста числа пациентов с онкологическими заболеваниями челюстно-лицевой области в последние годы увеличилось количество людей с осколочными и огнестрельными ранениями лица в результате локальных войн и конфликтов, поэтому вопрос реабилитации таких пациентов стоит крайне остро.

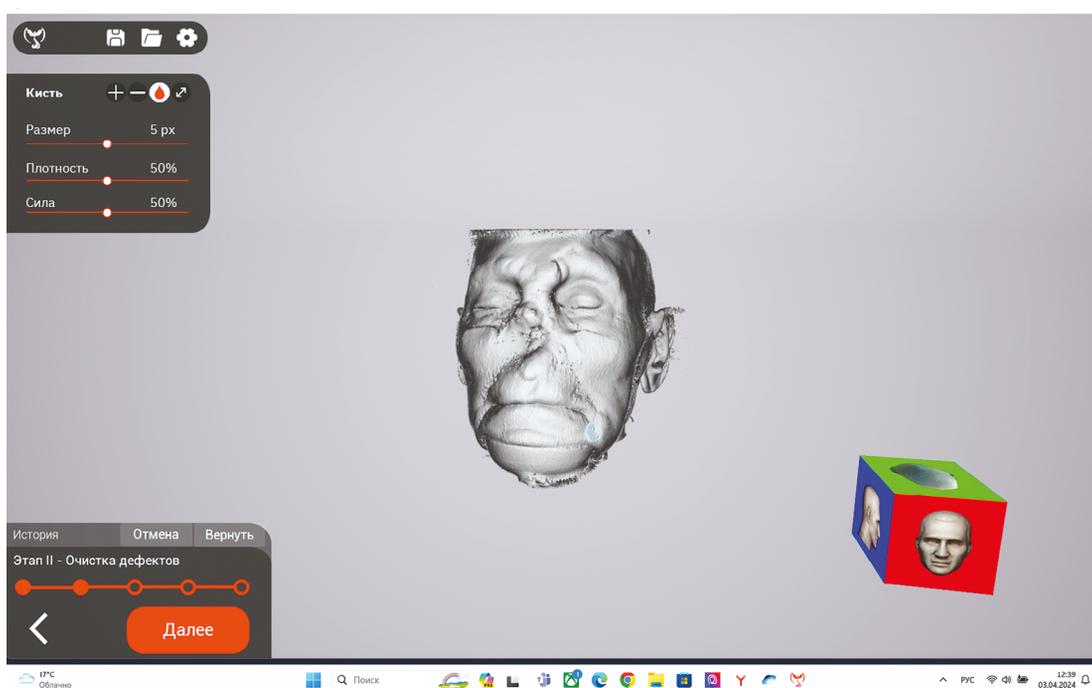


Рис. 1. Преобразование данных компьютерной томографии в формат .stl с использованием разработанной программы.
Fig. 1. Conversion of computed tomography data into .stl format in the developed program.

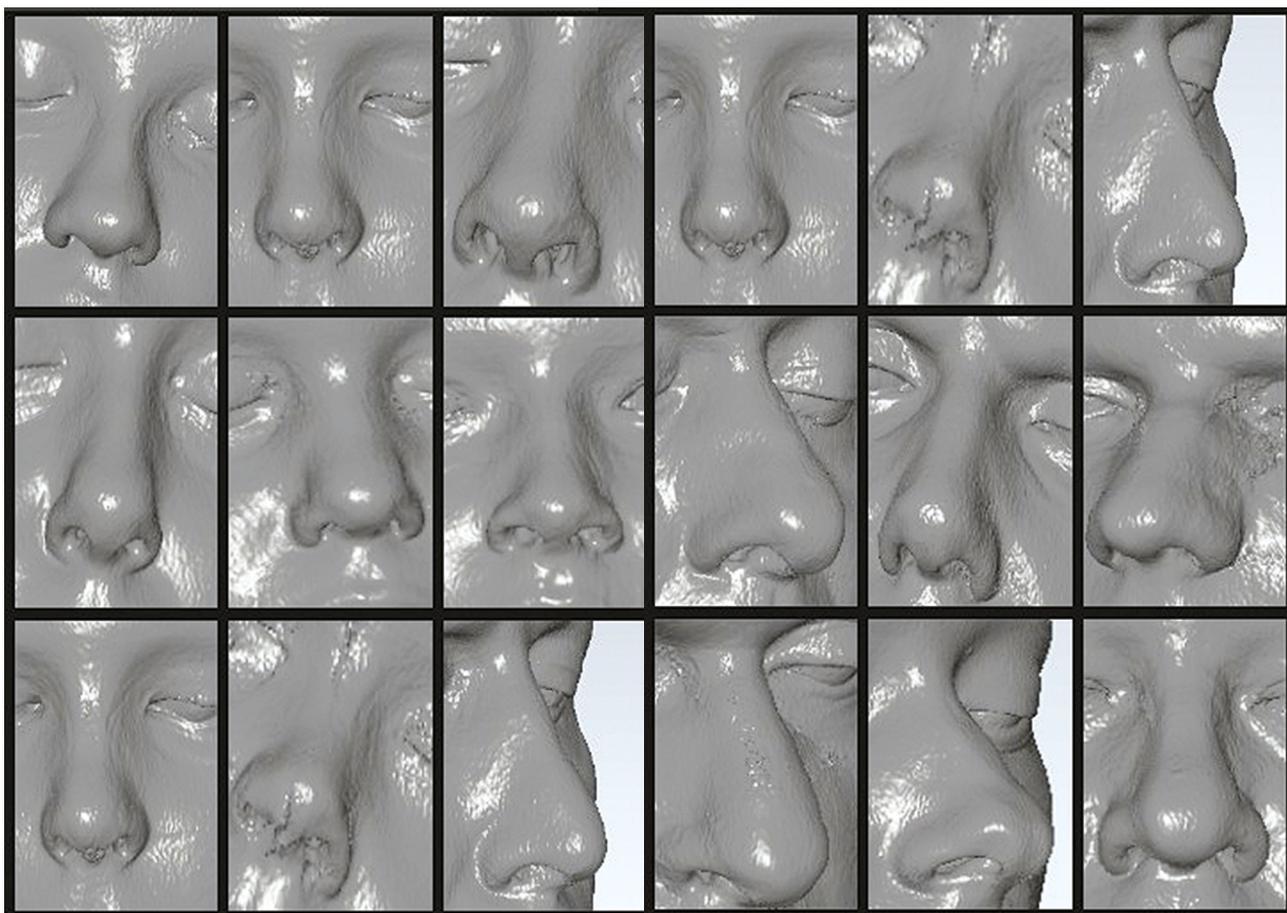


Рис. 2. Виртуальная библиотека моделей носа программы «Феникс 3D».
Fig. 2. Virtual library of nose models of the Phoenix 3D program.



Рис. 3. Автоматическая адаптация виртуальной модели носа к тканям протезного ложа в программе «Феникс 3D».
Fig. 3. Automatic adaptation of the virtual nose model to the tissues of the prosthetic bed in the Phoenix 3D program.



Рис. 4. Внешний вид пациента с дефектом носа онкологического генеза до и после протезирования временным эпитезом, изготовленным методом 3D-печати по предложенной технологии.

Fig. 4. Appearance of a patient with a nose defect of oncological origin before and after prosthetics with a temporary epithesis made by 3D printing using the proposed technology.

Традиционные методы ортопедической реабилитации пациентов и изготовление эпитезов лица — довольно сложный и длительный процесс. В постоперационный период наблюдаются резкое снижение качества жизни данной категории пациентов, нарушение основных необходимых для жизнедеятельности функций организма и плохая социальная адаптация.

Непосредственное протезирование лица в постоперационном периоде ранее было невозможным ввиду отсутствия необходимых цифровых технологий моделирования и конструкционных материалов для аддитивных или субтрактивных методов производства. Изготовление временных или постоянных эпитезов лица с использованием цифровых технологий является актуальной задачей, способной улучшить социальные и функциональные условия жизни пациентов.

Разработана специализированная компьютерная программа для 3D-моделирования протезов у пациентов с дефектами средней зоны лица по совмещённым данным лицевого сканирования и компьютерной томографии (Программа ЭВМ. Апресян С.В., Степанов А.Г. Программа для 3D-моделирования эпитезов лица. Номер регистрации (свидетельства) 2023663490, дата регистрации: 04.07.2023). Вместо получения аналоговых оттисков с использованием гипса или силиконового материала в нашей технологии используется специальный лицевой 3D-сканер, что в значительной степени облегчает страдания пациентов. В разработанную программу

интегрирована виртуальная трёхмерная база ушей, носов, орбит, скуловых костей пациентов различных возрастов и гендерной принадлежности. Это даёт возможность специалисту подобрать максимально адаптивную часть лица для восполнения дефекта. Встроенные инструменты моделирования позволяют персонализировать 3D-модель части лица с учётом особенностей строения челюстно-лицевой области человека. Готовую трёхмерную модель части лица возможно экспортировать в различных форматах или отправить непосредственно на производство методом аддитивных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная технология 3D-моделирования для аддитивного производства временных эпитезов лица позволит изготовить протез лица непосредственно в день хирургической операции. Клиническая апробация разработанной технологии подтвердила её эффективность, однако для дальнейшего внедрения в клиническую практику требуется проведение ряда клинических рандомизированных исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

Вклад авторов. С.В. Апресян — курация исследования, разработка программы для моделирования эпитезов лица, подготовка и написание текста статьи; А.Г. Степанов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, разработка программы для моделирования эпитезов лица, подготовка и проведение клинических исследований, написание текста и редактирование статьи; А.П. Зражевская — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, формирование базы виртуальных данных, статистическая обработка данных; В.К. Суонио — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, формирование базы виртуальных данных, статистическая обработка данных. 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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев Ю.А. Сочетанные травмы средней зоны лицевого скелета. Статистика. Анатомо-клиническая классификация // Вопросы челюстно-лицевой, пластической хирургии, имплантологии и клинической стоматологии. 2012. № 6. С. 12–19.
2. Стучилов В.А., Сипкин А.М., Рябов А.Ю., и др. Клиника, диагностика и лечение больных с последствиями и осложнениями травмы средней зоны лица // Альманах клинической медицины. 2005. № 8-5. С. 109–118. EDN: HZBZXN
3. Михальченко Д.В., Жидовинов А.В. Ретроспективный анализ статистических данных заболеваемости злокачественными новообразованиями челюстно-лицевой локализации // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 151. EDN: XIBGRJ
4. Federspil P.A. Auricular prostheses in microtia // *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2018. Vol. 26, N 1. P. 97–104. doi: 10.1016/j.fsc.2017.09.007
5. Shirani G., Kalantar Motamedi M.H., Ashuri A., Eshkevari P.S. Prevalence and patterns of combat sport related maxillofacial injuries // *J Emerg Trauma Shock.* 2010. Vol. 3, N 4. P. 314–317. doi: 10.4103/0974-2700.70744
6. Yamauchi M., Yotsuyanagi T., Ezo K., et al. Reverse facial artery flap from the submental region // *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2010. Vol. 63, N 4. P. 583–588. doi: 10.1016/j.bjps.2009.01.035
7. Патент РФ № 2427344 С2 / 27.08.2011. Бюл. № 24. Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю., Степанов А.Г., и др. Способ изготовления разобщающего послеоперационного челюстного протеза для верхней челюсти. EDN: ZKYLJR Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37754209>
8. Арутюнов С.Д., Поляков Д.И., Степанов А.Г., Муслон С.А. Цифровое исследование качества жизни пациентов с временным эпитезом ушной раковины на период остеоинтеграции краниальных имплантатов // Современная стоматология. 2020. № 4. С. 76–82. EDN: ZJTDKU

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

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

Authors' contribution. S.V. Apresyan — curation of research, development of a program for modeling facial epitheses, preparation and writing of the text of the article; A.G. Stepanov — literature review, collection and analysis of literary sources, development of a program for modeling facial epitheses, preparation and conduct of clinical trials, writing and editing the article; A.P. Zrazhevskaya — literature review, collection and analysis of literary sources, formation of a database of virtual data, statistical data processing; V.K. Suonio — literature review, collection and analysis of literary sources, formation of a database of virtual data, statistical data processing. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

9. Cabin J.A., Bassiri-Tehrani M., Sclafani A.P., Romo T. 3rd. Microtia reconstruction: autologous rib and alloplast techniques // *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2014. Vol. 22, N 4. P. 623–638. doi: 10.1016/j.fsc.2014.07.004

10. Апресян С.В., Степанов А.Г., Суонио В.К., Варданян Б.А. Изготовление лицевых протезов методом объемной печати // Стоматология. 2023. Vol. 102, N 4. P. 86–90. EDN: EKWBVN doi: 10.17116/stomat202310204186

11. Butler D.F., Gion G.G., Rapini R.P. Silicone auricular prosthesis // *J Am Acad Dermatol.* 2000. Vol. 43, N 4. P. 687–690. doi: 10.1067/mjd.2000.107503

12. Ariani N., Vissink A., van Oort R.P., et al. Microbial biofilms on facial prostheses // *Biofouling.* 2012. Vol. 28, N 6. P. 583–591. doi: 10.1080/08927014.2012.698614

13. Апресян С.В., Степанов А.Г., Суонио В.К., и др. Разработка и оценка физико-механических свойств конструкционного материала, применяемого в технологии производства эпитезов лица методом объемной печати // Стоматология. 2023. Т. 102, № 3. С. 23–27. EDN: QVPGVI doi: 10.17116/stomat202310203123

14. Апресян С.В., Степанов А.Г., Ретинская М.В., Суонио В.К. Разработка комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и оценка его клинической эффективности // Российский стоматологический журнал. 2020. Т. 24, № 3. С. 135–140. EDN: MKEFUU doi: 10.17816/1728-2802-2020-24-3-135-140

15. Апресян С.В., Суонио В.К., Степанов А.Г., Ковальская Т.В. Оценка функционального потенциала CAD-программ в комплексном цифровом планировании стоматологического лечения // Российский стоматологический журнал. 2020. Т. 24, № 3. С. 131–134. EDN: WABOWR doi: 10.17816/1728-2802-2020-24-3-131-134

REFERENCES

1. Medvedev YuA. Combined injuries of the middle zone of the facial skeleton. Statistics. Anatomical and clinical classification. *Voprosy cheljustno-licevoj, plasticheskoy hirurgii, implantologii i klinicheskoy stomatologii*. 2012;(6):12–19. (In Russ).
2. Stuchilov VA, Sipkin AM, Ryabov AYu, et al. Clinic, diagnosis and treatment of patients with consequences and complications of trauma of the middle zone of the face. *Almanac of Clinical Medicine*. 2005;(8-5):109–118. EDN: HZBZXN
3. Mikhhalchenko DV, Zhidovinov AV. Retrospective analysis of statistical data on the incidence of malignant neoplasms of maxillofacial localization. *Modern Problems of Science and Education*. 2016;(6):151. EDN: XIBGRJ
4. Federspil PA. Auricular prostheses in microtia. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2018;26(1):97–104. doi: 10.1016/j.fsc.2017.09.007
5. Shirani G, Kalantar Motamedi MH, Ashuri A, Eshkevari PS. Prevalence and patterns of combat sport related maxillofacial injuries. *J Emerg Trauma Shock*. 2010;3(4):314–317. doi: 10.4103/0974-2700.70744
6. Yamauchi M, Yotsuyanagi T, Ezoe K, et al. Reverse facial artery flap from the submental region. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2010;63(4):583–588. doi: 10.1016/j.bjps.2009.01.035
7. Patent RUS № 2427344/ 27.08.2011 Byul. № 24. Arutjunov SD, Lebedenko IJu, Stepanov AG, et al. *Method of fabricating a disconnecting postoperative maxillary jaw prosthesis for the upper jaw*. (In Russ). EDN: ZKYLJR Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37754209>
8. Arutjunov SD, Polyakov DI, Stepanov AG, Muslov SA. Digital study of the quality of life of patients with temporary epithesis of the ear canal during the period of osseointegration of cranial implants. *Sovremennaja stomatologija*. 2020;(4):76–82. EDN: ZJTDKU
9. Cabin JA, Bassiri-Tehrani M, Sclafani AP, Romo T 3rd. Microtia reconstruction: autologous rib and alloplast techniques. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2014;22(4):623–638. doi: 10.1016/j.fsc.2014.07.004
10. Apresyan SV, Stepanov AG, Suonio VK, Vardanyan BA. Manufacture of facial prosthesis by three-dimensional printing. *Stomatology*. 2023;102(4):86–90. EDN: EKWBJN doi: 10.17116/stomat202310204186
11. Butler DF, Gion GG, Rapini RP. Silicone auricular prosthesis. *J Am Acad Dermatol*. 2000;43(4):687–690. doi: 10.1067/mjd.2000.107503
12. Ariani N, Vissink A, van Oort RP, et al. Microbial biofilms on facial prostheses. *Biofouling*. 2012;28(6):583–591. doi: 10.1080/08927014.2012.698614
13. Apresyan SV, Stepanov AG, Suonio VK, et al. Development of structural material for the manufacture of facial prosthesis by 3d printing. *Stomatology*. 2023;102(3):23–27. EDN: QVPGVI doi: 10.17116/stomat202310203123
14. Apresyan SV, Stepanov AG, Retinskaya MV, Suonio VK. Development of complex of digital planning of dental treatment and assessment of its clinical effectiveness. *Russian Journal of Dentistry*. 2020;24(3):135–140. EDN: MKEFUU doi: 10.17816/1728-2802-2020-24-3-135-140
15. Apresyan SV, Suonio VK, Stepanov AG, Kovalskaya TV. Evaluation of functional potential of CAD-programs in integrated digital planning of dental treatment. *Russian Journal of Dentistry*. 2020;24(3):131–134. EDN: WABOWR doi: 10.17816/1728-2802-2020-24-3-131-134

ОБ АВТОРАХ

* **Степанов Александр Геннадьевич**, д-р мед. наук, доцент; адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0000-0002-6543-0998; eLibrary SPIN: 5848-6077; e-mail: stepanovmd@list.ru

Апресян Самвел Владиславович, д-р мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-3281-707X; eLibrary SPIN: 6317-9002; e-mail: dr.apresyan@mail.ru

Зражевская Анастасия Павловна; ORCID: 0000-0002-1210-5841; eLibrary SPIN: 2449-2914; e-mail: dr.azrazhevskaya@gmail.com

Суонио Валерия Константиновна; ORCID: 0000-0002-4642-6758; eLibrary SPIN: 6079-4490; e-mail: valerijasuniono@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Alexander G. Stepanov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; address: 6 Miklukho-Maklaya street, 117198 Moscow, Russia; ORCID: 0000-0002-6543-0998; eLibrary SPIN: 5848-6077; e-mail: stepanovmd@list.ru

Samvel V. Apresyan, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; ORCID: 0000-0002-3281-707X; eLibrary SPIN: 6317-9002; e-mail: dr.apresyan@mail.ru

Anastasia P. Zrazhevskaya; ORCID: 0000-0002-1210-5841; eLibrary SPIN: 2449-2914; e-mail: dr.azrazhevskaya@gmail.com

Valeria K. Suonio; ORCID: 0000-0002-4642-6758; eLibrary SPIN: 6079-4490; e-mail: valerijasuniono@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author