

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

3.1.7. Стоматология, 3.1.2. Челюстно-лицевая хирургия / 3.1.7. Dentistry, 3.1.2. Maxillofacial surgery

## Decompression as a method of treatment for cystic lesions of the jaws: a review of the literature

A.I. Lafishev, S.G. Bulat, S.B. Butsan

FSBI National Medical Research Center "Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Contacts: Aslan Islamovich Lafishev – e-mail: lafishev\_ai@cniis.ru

## Декомпрессия как способ лечения при кистозных поражениях челюстей

А.И. Лафишев, С.Г. Булат, С.Б. Буцан

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава РФ, Москва, Россия

Контакты: Лафишев Аслан Исламович – e-mail: lafishev\_ai@cniis.ru

## 颌骨囊性病変减压治疗：文献综述

A.I. Lafishev, S.G. Bulat, S.B. Butsan

俄罗斯联邦卫生部联邦国家预算科研机构“国家医学研究中心中央牙科与颌面外科研究所”，莫斯科，俄罗斯

联系方式: Aslan Islamovich Lafishev – 邮箱: lafishev\_ai@cniis.ru

Treatment options for odontogenic cystic lesions of the jaws have evolved since the 19th century. In 1892, Polish professor Carl Franz Maria Partsch introduced the concept of cystostomy, which involves transforming the cystic cavity into a “pocket” by suturing the cyst wall to the oral mucosa, a procedure that later became known as marsupialization. In 1947, developing the idea of C.F.M. Partsch, E.H. Thomas introduced decompression, a technique that creates an artificial fistula between the cystic cavity and the external environment by inserting a drainage tube. Both techniques aim to reduce the size of the cystic lesion by reducing intracavitary pressure through the formation of a window in the cyst wall, allowing continuous drainage, which not only prevents the lesion from growing but also promotes gradual formation of new bone through apposition. Radical surgical methods, such as enucleation and resection of the jaw, are often considered the methods of choice, but their use is often associated with complications, including defects and deformities of the maxillofacial area, pathological fractures of the jaws, loss of teeth and sensory disturbances. Decompression along with cystostomy represents a minimally invasive surgical treatment. Indications for decompression include extensive cystic lesions of the jaws, lesions located near or adjacent to the mandibular canal, the base of the mandible, the maxillary sinus, the nasal cavity, the tips of the tooth roots, cystic lesions in children and the elderly, in whom reducing the trauma and extent of surgical intervention is of great importance. The optimal time interval for decompression is from 6 to 14 months, with a mean of 9.5 months. Reduction of cystic cavities after marsupialization and decompression varies from 34 to 97%, with a mean of about 60%. The effectiveness of decompression in the treatment of patients with radicular and follicular cysts, odontogenic keratocysts and unicystic ameloblastomas has been proven. It can be used as a single-stage treatment, or in combination with subsequent enucleation, to treat patients with cystic lesions of the jaws. In cases of more aggressive jaw lesions, a second, radical stage of surgical treatment is recommended. Reducing the volume of cystic lesions minimizes the risks of surgical damage to important anatomical structures and pathological jaw fracture during repeated interventions, or, in some cases, eliminates the need for the latter. Other positive aspects of the method include the possibility of simultaneous biopsy; minimal invasiveness; preservation of viability and integrity of teeth; possibility of outpatient treatment or reduction of hospital stay, as well as the shortest postoperative rehabilitation.

**Keywords:** decompression, cystostomy, cystectomy, marsupialization, enucleation, radicular cyst, follicular cyst, keratocyst, ameloblastoma, jaw fracture

**Conflicts of interest.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financing.** The paper was done without sponsorship.

**For citation:** Lafishev A.I., Bulat S.G., Butsan S.B. Decompression as a method of treatment for cystic lesions of the jaws: a review of the literature. Head and neck. Russian Journal. 2025;13(3):162–170

**Doi:** 10.25792/HN.2025.13.3.162-170

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

Методы лечения при одонтогенных кистозных поражениях челюстей развивались, начиная с XIX столетия. В 1892 г. польский профессор Carl Franz Maria Partsch внедряет концепцию цистостомии, заключающуюся в трансформации кистозной полости в «карман» посредством сшивания оболочки кисты со слизистой оболочкой полости рта, впоследствии получившей название марсупиализация. Развивая идею С.Ф.М. Partsch, Е.Н. Thomas внедряет декомпрессию в 1947 г., суть которой заключается в создании искусственного свищевого хода между кистозной полостью и наружной средой путем введения в нее дренажной трубки. Обе техники, направлены на уменьшения объема кистозного поражения благодаря снижению внутриполостного давления путем формирования окна в стенке кисты с обеспечением постоянного дренирования, что не только предотвращает увеличение поражения но и способствует постепенному формированию новой кости путем аппозиции. Радикальные хирургические методы, такие как энуклеация, а также резекция челюсти в пределах здоровой ткани, часто считаются методами выбора, однако их применение нередко сопряжено с развитием осложнений, включающих образование дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, патологические переломы челюстей, потерю зубов и нарушения чувствительности. Декомпрессия наряду с цистостомией является малоинвазивным хирургическим методом лечения. Показаниями к применению декомпрессии являются обширные кистозные поражения челюстей, поражения, находящиеся в непосредственной близости или прилегающие к нижнечелюстному каналу, основанию нижней челюсти, верхнечелюстной пазухе, полости носа, верхушкам корней зубов, кистозные поражения у детей и лиц преклонного возраста, для которых снижение травматичности и объема хирургического вмешательства имеют большое значение. Оптимальные сроки длительности проведения декомпрессии составляют от 6 до 14 месяцев, в среднем – 9,5 месяца. Уменьшение кистозных полостей после марсупиализации и декомпрессии разнится от 34 до 97%, составляя в среднем около 60%. Доказана эффективность применения декомпрессии при лечении пациентов с радикулярными и фолликулярными кистами, одонтогенными кератокистами и монокистозными амелобластомами. Она может быть использована в качестве одноэтапного метода лечения или в сочетании с последующей энуклеацией для лечения пациентов с кистозными поражениями челюстей. В случае более агрессивных поражений челюстей, рекомендовано выполнения второго, радикального этапа хирургического лечения. Уменьшение объема кистозного поражения минимизирует риски хирургического повреждения важных анатомических структур и патологического перелома челюсти при повторных вмешательствах, либо, в некоторых случаях, исключает необходимость проведения последних. Другими положительными сторонами метода являются возможность выполнения одновременно биопсии, минимальная инвазивность, сохранение жизнеспособности и целостности зубов, проведение вмешательства амбулаторно или сокращение сроков госпитализации, а также кратчайшая послеоперационная реабилитация.

**Ключевые слова:** декомпрессия, цистостомия, цистэктомия, марсупиализация, энуклеация, радикулярная киста, фолликулярная киста, кератокиста, амелобластома, перелом челюсти

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

**Финансирование.** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Лафишев А.И., Булат С.Г., Буцан С.Б. Декомпрессия как способ лечения при кистозных поражениях челюстей. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2025;13(3):162–170

**Doi:** 10.25792/HN.2025.13.3.162-170

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

自19世纪以来，颌骨牙源性囊性病变的治疗方案不断演变。1892年，波兰教授Carl Franz Maria Partsch提出了囊瘻术（cystostomy）的概念，即通过将囊肿壁缝合于口腔黏膜，将囊腔转化为一个“口袋”，该技术后来被称为造袋术（marsupialization）。1947年，在C.F.M. Partsch理念基础上，E.H. Thomas引入了减压术（decompression），其通过置入引流管在囊腔与外界之间建立人工瘻道。两种技术均旨在通过在囊壁形成窗孔并持续引流以降低腔内压力，从而缩小囊性病变更体积，这不仅可防止病变继续生长，还可促进通过骨质附加实现新骨逐步形成。诸如刮除术（囊肿剥除，enucleation）和颌骨切除等根治性外科方法常被视为首选，但其应用往往伴随并发症，包括颌面部缺损与畸形、颌骨病理性骨折、牙齿丧失及感觉障碍。减压术与囊瘻术一道，代表了微创外科治疗。减压术的适应证包括广泛的颌骨囊性病变更、位于或邻近下牙槽管、下颌骨基底、上颌窦、鼻腔、牙根尖部的病变更，以及儿童与老年患者，在这些人群中降低手术创伤与范围尤为重要。减压的最佳持续时间为6至14个月，平均9.5个月。造袋术与减压术后囊腔缩小幅度为34%至97%，平均约60%。减压术在治疗根尖囊肿、滤泡囊肿、牙源性角化囊肿与单囊性成釉细胞瘤方面的有效性已被证实。其既可作为单阶段治疗使用，亦可与后

续囊肿切除术联合，用于治疗颌骨囊性病変。在更具侵袭性的颌骨病変病例中，建议实施第二阶段的根治性外科治疗。缩小囊性病変体积可在再次干预时最大限度降低对重要解剖结构的手术损伤与颌骨病理性骨折风险，或在某些情况下免除再次干预。该方法的其他积极方面包括可同时进行活检、微创性强、保留牙齿活力与完整性、可门诊实施或缩短住院时间，以及最短的术后康复期。

关键词：减压术、囊瘻术、囊肿切除术、造袋术、囊肿剥除、根尖囊肿、滤泡囊肿、角化囊肿、成釉细胞瘤、颌骨骨折。

利益冲突声明：作者声明不存在利益冲突。

资助声明：本研究由作者团队资助。

引用格式：Lafishev A.I., Bulat S.G., Butsan S.B. Decompression as a method of treatment for cystic lesions of the jaws: a review of the literature. *Head and neck. Russian Journal*. 2025;13(3):162–170

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.162-170

作者声明：作者对所提供数据的原创性及插图（表格、图片、患者照片）的发表合法性负责。

## Введение

Кистозные поражения челюстей, среди которых имеются радикулярные и фолликулярные кисты, одонтогенные кератокисты и монокистозные формы амелобластом, являются наиболее часто встречающимися патологиями челюстно-лицевой области [1–11].

Большой вклад в исследовании данных заболеваний внесли европейские врачи. В 1671 г. I. Scultet описывал кистозные поражения челюстей как «жидкие опухоли» [12]. Идея о способности кистозного поражения развивать достаточное давление, способное деформировать кость, сформировалась уже к этому времени [13].

В 1774 г. J. Hunter (рис. 1) описал случай пациента с одонтогенной кистой [14]. Четыре года спустя, в 1778 г., A.L.V. Jourdain в своем труде описал 3 случая кист, похожих на фолликулярные. Первое упоминание и описание «периапи-

кальных кист» принадлежат A.M. Brown (1839) [15]. Известная сегодня «кератокиста» впервые упомянута в литературе в 1844 г. Ранее она носила названия «осумкованная опухоль» и «кистозная карцинома» [13].

Наиболее часто кистозные поражения челюстей проявляются в виде безболезненной припухлости, однако при больших объемах возможно вовлечение в процесс важных анатомических образований, таких как верхнечелюстная пазуха и нижнечелюстной канал, содержащий нижний альвеолярный сосудисто-нервный пучок. Нередки также смещения зубов и резорбция их корней [16].

## История развития методов лечения

Методы лечения при одонтогенных кистозных поражениях челюстей развивались, начиная с XIX столетия. В 1892 г. польский профессор C.F.M. Partsch (рис. 2) описывает и внедряет

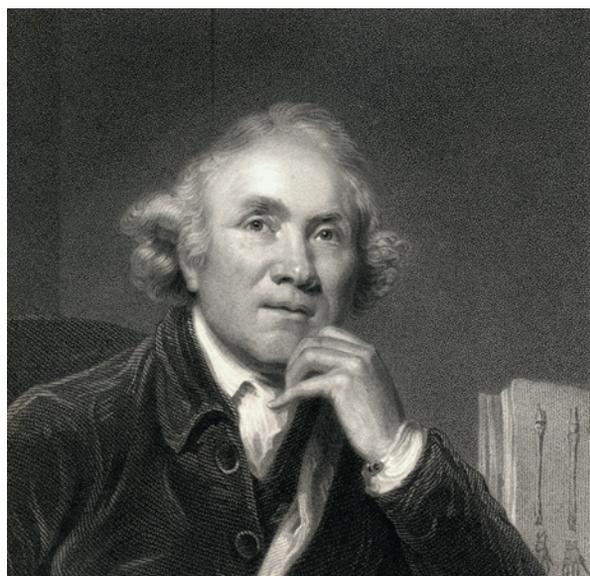


Рис. 1. John Hunter, английский хирург (1728–1793)  
Fig. 1. John Hunter, English surgeon (1728–1793)



Рис. 2. Carl Franz Maria Partsch (1855–1932)  
Fig. 2. Carl Franz Maria Partsch (1855–1932)

концепцию цистостомии. В статье, опубликованной на немецком языке, автор описывает технику трансформации кистозной полости в «карман», или «мешочек» посредством сшивания оболочки кисты со слизистой оболочкой полости рта [17]. Сегодня цистостомия известна как операция Partsch I, или марсупиализация (от лат. marsupium – карман, мешок). В 1910 г. С.Ф.М. Partsch предложил новую технику операции, названную цистэктомией, подразумевающую энуклеацию кисты с первичным закрытием послеоперационной раны [18]. В настоящее время она известна как операция Partsch II.

Развивая идею С.Ф.М. Partsch, Е.Н. Thomas внедряет декомпрессию в 1947 г. при лечении кистозных поражений челюстей, суть которой заключается в создании искусственного свищевого хода между кистозной полостью и наружной средой путем введения в нее дренажной трубки. Автор указывает на достоинства предложенного метода, а именно, сохранение жизнеспособности пульпы зубов, сохранение целостности нижнего альвеолярного нерва и верхнечелюстной пазухи, профилактику перелома челюсти и низкий риск рецидива заболевания [19].

Увеличение объема кистозных поражений основано на повышении осмотического давления внутри полости и высвобождении факторов роста и простагландинов клетками оболочки кисты [20]. Таким образом, обе техники – марсупиализация и декомпрессия, направлены на уменьшение объема кистозного поражения, главным образом, благодаря снижению внутриполостного давления путем формирования окна в стенке кисты и поддержанию его открытым, с обеспечением постоянного дренирования, что не только предотвращает увеличение поражения, но и способствует постепенному формированию новой кости путем аппозиции [21].

Внедрение в широкую практику во второй половине XX в. антибактериальных препаратов на время вытеснило из арсенала врачей марсупиализацию и декомпрессию. Большой интерес был направлен на применение энуклеации с первичным закрытием полостей, которая благодаря применению антибиотиков стала более популярной еще и по причине быстрого достижения лечебного результата. Немаловажной причиной отказа от применения марсупиализации и декомпрессии в том периоде стало появление в последующие годы ряда публикаций, свидетельствующих о возможной злокачественной трансформации одонтогенных кист [22, 23], что способствовало популяризации применения более агрессивных методов хирургического лечения вплоть до самого конца XX в. [24, 25].

Вышедшая в свет в 1991 г. публикация N. Brøndum и V.J. Jensen, посвященная длительному наблюдению за результатами декомпрессии у 44 пациентов с одонтогенными кератокистами, вновь открыла дорогу к применению марсупиализации и декомпрессии [26]. В 1996 г. Р. Marker и соавт., сообщили об удачных декомпрессиях 23 одонтогенных кератокист с использованием маленьких полиэтиленовых трубочек. Авторы отметили формирование новой кости и утолщение оболочек кист с сохранением целостности важных анатомических структур. Другим интересным выводом стала гистологически подтвержденная трансформация эпителия кератокист в некератинизированный вариант вследствие декомпрессии [27]. Несмотря на такие оптимистические результаты, не ранее чем в начале 2000-х гг. марсупиализация и декомпрессия вновь привлекли внимания хирургов и гистологов, во многом благодаря работам М.А. Pogrel, посвященным лечению пациентов с кератокистами [28, 29].

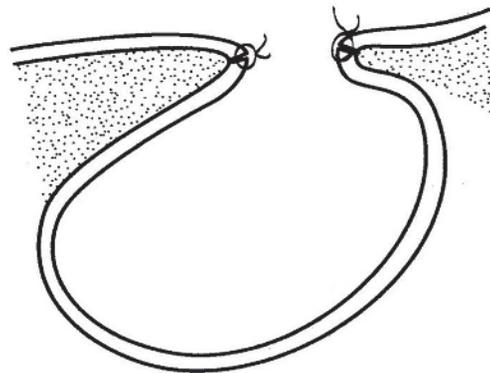


Рис. 3. Схема цистостомии (марсупиализации) (по М.А. Pogrel, 2005) [29]

Fig. 3. Scheme of cystostomy (marsupialization) (according to M.A. Pogrel, 2005) [29]

Хотя радикальные хирургические методы, такие как энуклеация с использованием или без периферической остэктомии, а также резекция челюсти в пределах здоровой ткани, часто считаются методами выбора, их применение нередко сопряжено с развитием ряда осложнений, включающих образование дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, патологические переломы челюстей, потерю зубов и нарушения чувствительности [4, 8, 10, 11, 30, 31]. В этом контексте, более консервативные хирургические методы лечения, среди которых марсупиализация и декомпрессия, рассматриваются как наиболее приемлемые. Большинство авторов признают их первыми методами выбора, после которых, однако, для полной эрадикации кистозного поражения, должны быть применены комбинации энуклеации, кюретажа, периферической остэктомии, аппликаций раствора Карнуа или жидкого азота [5, 9, 10, 32, 33].

## Техники выполнения

Цистостомия (марсупиализация, экстериоризация, операция Partsch I) предполагает превращение полости кисты в подобие «мешка» путем формирования окна в одной из стенок кисты с обязательным ушиванием оболочки кисты со слизистой оболочкой рта, и созданием таким образом постоянного сообщения между полостью кисты и полостью рта (рис. 3) [17, 28, 31].

В результате цистостомии достигается снижение гидростатического давления в кистозной полости и, соответственно, давления, оказываемого на окружающую кость, что имеет в результате остановку роста кисты и резорбции прилегающей костной ткани. Запуск регенераторных механизмов ведет к миграции фибробластов в зону поражения кости с последующим формированием коллагенового матрикса. Активизация сигнальных путей приводит к дифференциации мигрировавших фибробластов в необходимые для регенерации клетки костной, хрящевой тканей. Клетки костной ткани – остеобласты, вместе с остеокластами, вовлечены в процесс регенерации путем резорбции и аппозиции новой кости, а также ее ремоделирования [34].

Декомпрессия наряду с цистостомией является малоинвазивным хирургическим методом лечения при кистозных поражениях челюстей и предполагает введение и фиксацию в кистозную полость подходящего размера трубки с целью формирования

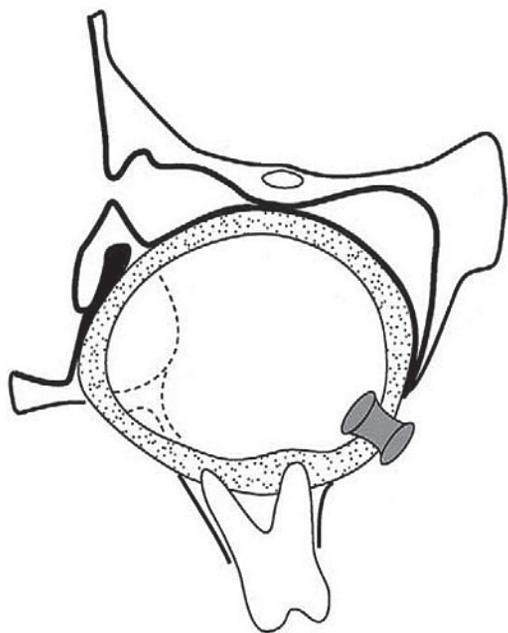


Рис. 4. Схема декомпрессии кисты верхней челюсти (по М.А. Pogrel, 2005) [29]

Fig. 4. Scheme of decompression of a maxillary cyst (according to M.A. Pogrel, 2005) [29]

рабочего свищевого хода между полостью и наружной средой, в роли которой могут служить полости рта или носа, верхнечелюстная пазуха (рис. 4) [27, 35]. Благодаря поддержанию дренажной функции, декомпрессия препятствует росту эпителиальных клеток, формирующих оболочку кисты. Это приводит к дегенерации этих клеток и их запрограммированной гибели, с последующей регенерацией костной ткани и уменьшением объема поражения [36].

Учитывая отсутствие на медицинском рынке специальных устройств для декомпрессии, хирургам приходится преобразовывать и использовать для этих целей имеющиеся средства и материалы. Наиболее часто для декомпрессии применяют катетеры для внутривенных инфузий, назальные канюли для подачи кислорода, аспирационные трубки, назофарингеальные трубки, эндотрахеальные интубационные трубки (чаще детские), пластиковые стоматологические шприцы, урологические катетеры Фолея, термопластические стенты [37–40]. Применяемые трубки вводят в кистозную полость и фиксируют к слизистой оболочке рта или сформированным отверстиям по краям костного окна швами либо лигатурной проволокой к шейкам зубов. Также для улучшения ретенции концам трубки можно придать форму «шляпки». Для снижения травматизации десны и слизистой оболочки рта предложено фиксировать лигатурную проволоку к брекетам, заранее прикрепленных к зубам [37].

По завершению операции декомпрессии пациентов обучают промыванию дренажной трубки и кистозной полости, как минимум, дважды в день с помощью шприца с применением для ирригации физиологического раствора или раствора хлоргексидина (0,05 или 0,12%). Контроль положения и работы декомпрессионной трубки проводится врачом еженедельно в течение первого месяца после операции и далее – ежемесячно до окончания декомпрессии. При контаминации или несостоятельности трубки выполняется ее замена [40, 41].

## Показания к проведению декомпрессии

Данные литературы свидетельствуют об эффективности применения декомпрессии при лечении пациентов с радикулярными и фолликулярными кистами, одонтогенными кератокистами и монокистозными амелобластомами [32, 42–44]. Большинство исследователей позиционируют цистостомию и декомпрессию как предварительные методы хирургического лечения при кистозных поражениях челюстей, после которых для завершения лечения следует выполнять цистэктомию. Это положение обусловлено тем, что уменьшение объема кистозного поражения является недостаточным для использования этих методов в качестве окончательного лечения, несмотря на неоспоримое достижение снижения инвазивности второго хирургического вмешательства [42]. Показаниями к применению такого консервативного метода хирургического лечения, как декомпрессия являются обширные кистозные поражения челюстей, поражения, находящиеся в непосредственной близости или прилегающие к нижнечелюстному каналу, основанию нижней челюсти, верхнечелюстной пазухе, полости носа, верхушкам корней зубов, кистозные поражения у детей и лиц преклонного возраста, для которых снижение травматичности и объема хирургического вмешательства имеют большое значение [27, 29, 45]. Применение цистэктомии при обширных кистозных поражениях может повлечь за собой такие осложнения, как перелом нижней челюсти, образование дефекта челюсти, верхнечелюстной синусит, формирование оро-синусального или оро-назального сообщения, а также нарушения чувствительности в зоне иннервации подглазничного и нижнего альвеолярного нервов. Первичная энуклеация обширных кистозных поражений нижней челюсти, приведших к сильной резорбции костной ткани, связана с высоким риском патологического перелома челюсти. Лечение в таком случае представляет определенные трудности в связи с недостатком костной ткани для проведения надежного остеосинтеза с целью иммобилизации фрагментов. Нередко возникновение таких осложнений после цистэктомии требует выполнения достаточно объемных реконструктивных операций с применением аваскулярных или ревааскуляризированных костных аутоаллотрансплантатов с целью восстановления целостности челюсти, связанных с увеличением операционных рисков и донорского ущерба для пациента, а также финансовой нагрузки для системы здравоохранения [46]. Костная ткань в области периапикальных кистозных поражений диаметром более 2,5 см зачастую плохо восстанавливается несмотря на качественно проведенное эндодонтическое лечение нередко за счет персистенции внекорневой инфекции. Прогноз возможности сохранения причинных зубов в таких случаях сомнительный, поэтому декомпрессия представляется хорошим вспомогательным методом лечения [36].

Следует упомянуть что в детском возрасте, учитывая продолжающееся развитие черепа, необходимо применение наиболее консервативных методов хирургического лечения с целью избегания повреждений формирующихся зубов и других челюстно-лицевых структур. В целом, лица детского возраста должны быть подвержены наименее инвазивным методам хирургического лечения, среди которых – декомпрессия, обеспечивающая хороший регенеративный потенциал для еще развивающейся костной ткани [3, 32].

## Длительность проведения декомпрессии

Согласно проведенным исследованиям, оптимальная длительность проведения декомпрессии при кистозных поражениях челюстей составляет от 6 до 14 месяцев, средний период – 9,5 месяца [27, 32, 41, 45, 47–49]. Некоторые авторы приводят данные о применении декомпрессии сроком до 2 лет и более до проведения цистэктомии [42, 50]. Доказано что значительное уменьшение объема кистозной полости происходит уже после 3 месяцев декомпрессии [51], однако для достижения оптимальных результатов лечения необходимо более 6 месяцев [52]. Множество исследований доказало зависимость степени и скорости восстановления костной ткани от возраста пациентов, показав лучшие результаты у лиц молодого возраста благодаря большому потенциалу регенерации по сравнению с лицами старшего возраста [31, 42, 44, 49–51, 53].

Для объективной оценки результатов лечения измерения кистозной полости до и после цистостомии или декомпрессии выполняются различными способами. Некоторые авторы для этих целей измеряли необходимый объем введенного физиологического раствора в кистозную полость для ее заполнения [51]. В последующем, исследователи проводили анализ полученных ортопантомограмм, а позже – компьютерных томограмм, до и на разных сроках после хирургического лечения для оценки степени уменьшения площади или объема кистозных полостей [2, 47, 50, 54]. N. Nakamura и соавт. (2002) предложили шкалу оценки эффективности регенерации костной ткани после марсупиализации и декомпрессии, базируясь на оценке степени уменьшения кистозной полости: >80% – очень эффективная, 50–80% – умеренно эффективная, <50% – малоэффективная [31]. По данным литературы, уменьшение кистозных полостей после марсупиализации и декомпрессии различных кистозных поражений челюстей различается от 34 до 97% [31, 49, 52, 55, 56]. Среднее уменьшение полостей после лечения составляет около 60% [40, 49, 52].

Показаниями к завершению периода декомпрессии служат рентгенологические и клинические данные, среди которых наиболее важными являются: прекращение выделений через дренажную трубку, радиологические признаки регенерации трабекулярной кости, уменьшение кистозной полости, уменьшение дискомфорта у пациента [57]. Большинство исследователей поддерживают мнение P. Marker и соавт. (1996), считая, что показанием к завершению декомпрессии и выполнения энуклеации является уменьшение кистозной полости на 50–60% от исходного объема, что во временном эквиваленте соответствует срокам декомпрессии от 6 до 14 месяцев [27, 41, 45, 47, 50, 51]. Некоторые авторы рекомендуют осуществлять декомпрессию не менее чем 9 месяцев, т.к. именно после этого периода происходит перерождение паракератинизированного эпителия оболочки кистозного поражения в ортокератинизированный, либо его полная дедифференциация, что значительно снижает риски рецидива после последующей цистэктомии [41].

## Достоинства и недостатки

Как декомпрессия, так и цистостомия являются методами малоинвазивного хирургического лечения, которым присущ ряд преимуществ. Уменьшение объема кистозного поражения минимизирует риски хирургического повреждения важных анатомических структур (нижний альвеолярный и подглазничный нервы, верхнечелюстная пазуха, полость носа, глазница)

и патологического перелома челюсти при повторных вмешательствах либо, в некоторых случаях, исключает необходимость проведения последних [28, 33, 58]. Другими положительными сторонами методов считаются возможность выполнения одновременно биопсии при марсупиализации или декомпрессии; минимальная инвазивность методов и возможность их проведения в условиях местной анестезии, используя минимальный хирургический инвентарь, возможность амбулаторного лечения или сокращение сроков госпитализации, а также кратчайшая послеоперационная реабилитация [51, 58].

Важным аспектом также является возможность сохранения жизнеспособности и целостности зубов, прилегающих или находящихся в кистозной полости, а также временных зубов и зачатков постоянных зубов с минимизацией риска нарушения роста лицевого скелета у детей. Более того, пациенты детского возраста, равно как и их родители, лучше воспринимают менее инвазивные хирургические вмешательства [32]. Не в последнюю очередь имеют значение и более низкие финансовые затраты для проведения лечения по сравнению с теми, которые необходимы при более инвазивных операциях, в т.ч. реконструктивных.

Важным недостатком представленных методов лечения принято считать наличие временного oro-кистозного сообщения и дренажной трубки в случае декомпрессии в промежутке между двумя хирургическими этапами лечения, что требует от пациента проведения ежедневного ухода и частых контрольных визитов к врачу [59]. Приверженность пациента длительному и этапному лечению, в котором немаловажную роль выполняет он сам, крайне важна. Степень сотрудничества пациента должна быть оценена еще до операции и мотивирована на всем этапе лечения. Предварительное информирование пациента об этапности и длительности лечения важна для исключения риска потери содействия и результата лечения [48].

## Результаты применения декомпрессии

Декомпрессия может быть использована в качестве одноэтапного метода лечения или в сочетании с последующей энуклеацией для лечения пациентов с кистозными поражениями челюстей, что зависит, главным образом, от морфологического диагноза. В случае более агрессивных поражений челюстей рекомендовано выполнение второго, радикального этапа хирургического лечения [60].

Исследования показали, что морфологический диагноз не влияет на эффект декомпрессии, т.е. существенных различий в уменьшении объемов таких поражений, как радикулярная и фолликулярная кисты, одонтогенная кератокиста и монокистозная амелобластома нет [50, 52]. Наиболее положительный ответ на декомпрессию, который оценивался как более интенсивное уменьшение размеров кистозной полости, отмечен при сравнительно крупных поражениях челюстей и среди лиц молодого возраста [42, 44, 49, 52, 60]. Касаемо локализации патологического процесса, поражения нижней челюсти характеризуются более высокой скоростью уменьшения, т.е. регенерации костной ткани, по сравнению с расположенными в области верхней челюсти [44]. По данным других исследований, быстрее в ходе декомпрессии уменьшаются кистозные полости, расположенные в задних отделах верхней челюсти [49].

Нарушение чувствительности в области иннервации нижнего альвеолярного нерва, как и снижение жизнеспособности пульпы, вовлеченных в патологический процесс зубов, встречается достаточно часто при кистозных поражениях нижней челю-

сти. Нарушения проводимости нижнего альвеолярного нерва в таких случаях обусловлены нейропраксией и аксонотмезисом [43]. Определение жизнеспособности пульпы зубов может быть использовано для оценки функции нижнего альвеолярного нерва, что наиболее эффективно выполнять с помощью электроодонтометрии (ЭОМ) [61]. Исследование жизнеспособности пульпы вовлеченных зубов до и после декомпрессии показало ее восстановление после операции в 96,9% случаев. Выявлены случаи восстановления жизнеспособности пульпы зубов, у которых до декомпрессии вовсе отсутствовали признаки жизнеспособности при электростимуляции, что свидетельствует о том, что отсутствие ответа при ЭОМ не является абсолютным показанием к проведению эндодонтического лечения. В таких случаях рекомендована декомпрессия для возвращения нижнего альвеолярного сосудисто-нервного пучка в нормальное анатомическое положение с увеличением расстояния между корнями зубов и кистой полости, что приводит к снижению механического и химического раздражения данных анатомических структур с полным или частичным восстановлением их функций [43].

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Asutay F., Atalay Y., Turamanlar O., et al. Three-Dimensional Volumetric Assessment of the Effect of Decompression on Large Mandibular Odontogenic Cystic Lesions. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2016;74(6):1159–66. Doi: 10.1016/j.joms.2015.12.010.
- Marin S., Kirnbauer B., Rugani P., et al. The effectiveness of decompression as initial treatment for jaw cysts: A 10-year retrospective study. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* 2019;24(1):e47–52. Doi: 10.4317/medoral.22526.
- Слесарева О.А., Косюга С.Ю. Хирургическое лечение фолликулярных кист челюстей у детей. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2017;162(1):127–30. [Slesareva O.A., Kosyuga S.Yu. Surgical treatment of follicular cysts of the jaws in children. *Kuban. Nauch. Med. Vestn.* 2017;162(1):127–30 (In Russ.).]
- Семкин В.А., Зарецкая А.С. Амбулаторное лечение пациентов с обширными кистами челюстных костей. *Стоматология.* 2010;3:34–6. [Syomkin V.A., Zareckaya A.S. Outpatient treatment of patients with extensive cysts of the jaw bones. *Stomatologiya.* 2010;3:34–6 (In Russ.).]
- Лебедев В.В., Буцан С.Б. Использование раствора Карнуа и его модификаций для уменьшения количества рецидивов после хирургического удаления кератокистозных одонтогенных опухолей и амелобластом: систематический обзор. *Вестник московского университета.* 2019;74(2):135–45. [Lebedev V.V., Bucan S.B. The use of Carnoy's solution and its modifications to reduce the number of recidives after surgical removal of keratocystic odontogenic tumors and ameloblastomas: a systematic review. *Vestn. Mosk. Univer.* 2019;74(2):135–45 (In Russ.).]
- Barresi A., Oteri G., Alibrandi A., et al. A Comparative Statistical Analysis on the Incidence of Developmental, Inflammatory and Neoplastic Odontogenic Cysts – A Single Center Retrospective Analysis from Italy. *Oral.* 2021;1:15–22. Doi: 10.3390/oral1010003.
- Singh J., Singh S., Chandra S., Samadi F.M. Prevalence and Distribution of Odontogenic Cysts and Tumors in North Indian Population: A Database Study with Systematic Review. *Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol.* 2020;11(2):46–59.
- Головко А.А., Тегза Н.В., Музыкин М.И., Иорданишвили А.К. Методы лечения обширных кист челюстей (обзор литературы). *Известия Российской Военно-медицинской академии.* 2020;39:25–8. [Golovko A.A., Tegza N.V., Muzykin M.I., Iordanishvili A.K. Treatment methods for extensive jaw cysts (literature review). *Izvest. Ros. Voen.-med. Akad.* 2020;39:25–28 (In Russ.).]
- Головко А.А., Музыкин М.И., Иорданишвили А.К., Гончаренко С.А. Декомпрессионное дренирование кист челюстей как метод оказания неотложной хирургической помощи и лечения экипажа кораблей и судов. *Морская медицина.* 2022;8(4):88–97. [Golovko A.A., Muzykin M.I., Iordanishvili A.K., Goncharenko S.A. Decompression drainage of jaw cysts as a method of providing emergency surgical care and treatment of the crew of ships and vessels. *Morskaya Med.* 2022;8(4):88–97 (In Russ.).]
- Семкин В.А., Григорьян А.С., Бабиченко И.И. и др. Особенности хирургической тактики при различных формах амелобластических опухолей. *Стоматология.* 2012;91(4):25–7. [Syomkin V.A., Grigoryan A.S., Babichenko I.I., et al. Particularities of surgical tactics in various forms of ameloblastic tumors. *Stomatologiya.* 2012;91(4):25–7 (In Russ.).]
- Цимбалист Н.С., Рыбальская В.Ф., Семкин В.А. и др. К вопросу об особенностях хирургического лечения различных гистологических вариантов амелобластомы. *Медицинский совет.* 2017;14:128–31. [Cimbalist N.S., Rybalskaya V.F., Syomkin V.A., et al. On the question of the particularities of surgical treatment of various histological variants of ameloblastoma. *Med. Sovet.* 2017;14:128–31 (In Russ.).] Doi: 10.21518/2079-701X-2017-14-128-131.
- Scultet I. *L'Arcenal de chirurgie.* Lyon: Antoine Cellier. 1671.
- Bouquot J.E., Lense E.C. The beginning of oral pathology, Part I: First dental journal reports of odontogenic tumors and cysts, 1839–1860. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78(3):343–350. doi: 10.1016/0030-4220(94)90066-3.
- Hunter J. *The natural history of the human teeth.* London: J. Johnson, 1774.
- Brown A.M. Review of Burdell and Burdell's observations on the structure, physiology, anatomy and diseases of the teeth. *Am. J. Dent. Sc.* 1839;1:19–24.
- Takata T., Sloorweg P.J. Odontogenic and maxillofacial bone tumors. In: A.K. El-Naggar, J.K.C. Chan, J.R. Grandis, et al. eds. *WHO Classification of Head and Neck Tumours.* Lyon: IARC Press. 2017. P. 204–60.
- Partsch C. *Über kiefercysten.* Dtsch Mschr Zahnheilkd. 1892;10:271.
- Partsch C. *Zur behandlung der kiefercysten.* Dtsch Mschr Zahnheilkd. 1910;28:252–60.
- Thomas E.H. Saving involved vital teeth by tube drainage. *J. Oral Surg.* 1947;5(1):1–9.
- Harris M. Odontogenic cyst growth and prostaglandin induced bone resorption. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* 1978;60(2):85–91.
- Catunda I.S., Catunda R.B., Vasconcelos B.C., et al. Decompression device for cavitory bone lesions using Luer syringe. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2013;71(4):723–5. Doi: 10.1016/j.joms.2012.10.016.
- Browne R.M., Gough N.G. Malignant change in the epithelium lining odontogenic cysts. *Cancer.* 1972;29:1199–207.
- Areen R.G., McClatchey K.D., Baker H.L. Squamous cell carcinoma developing in an odontogenic keratocyst. *Arch. Otolaryngol.* 1981;107(9):568–9. Doi: 10.1001/archotol.1981.00790450044014.
- Jensen J., Sindet-Pedersen S., Simonsen E.K. A comparative study of treatment of keratocysts by enucleation or enucleation combined with cryotherapy. A preliminary report. *J. Craniomaxillofac. Surg.* 1988;16(8):362–5. Doi: 10.1016/s1010-5182(88)80080-5.
- Williams T.P., Connor F.A. Surgical management of the odontogenic keratocyst: Aggressive approach. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 1994;52(9):964–6. Doi: 10.1016/s0278-2391(10)80081-3.
- Brøndum N., Jensen V.J. Recurrence of keratocysts and decompression treatment. A long-term follow up of forty four cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1991;72(3):265–9. Doi: 10.1016/0030-4220(91)90211-t.
- Marker P., Brøndum N., Clausen P.P., et al. 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(2):122–31. Doi: 10.1016/s1079-2104(96)80214-9.
- Pogrel M.A., Jordan R.C.K. Marsupialization as a Definitive Treatment for the Odontogenic Keratocyst. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2004;62(6):651–5. Doi: 10.1016/j.joms.2003.08.029.

29. Pogrel M.A. Treatment of keratocysts: the case for decompression and marsupialization. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2005;63(11):1667–73. Doi: 10.1016/j.joms.2005.08.008.
30. Wakolbinger R., Beck-Mannagetta J. Long-term results after treatment of extensive odontogenic cysts of the jaws: a review. *Clin. Oral Investig.* 2016;20(1):15–22. Doi: 10.1007/s00784-015-1552-y.
31. 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(5):543–53. Doi: 10.1067/moe.2002.128022.
32. Allon D.M., Allon I., Anavi Y., et al. Decompression as a Treatment of Odontogenic Cystic Lesions in Children. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015;73(4):649–54. Doi: 10.1016/j.joms.2014.10.024.
33. Lizio G., Ferraioli L., Melini M., et al. Long-term investigation of decompression as a definitive treatment for mandibular cysts associated with impacted third molars. *J. Am. Dent. Assoc.* 2018;149(11):953–9. Doi: 10.1016/j.adaj.2018.07.001.
34. Alberts B., Johnson A., Lewis J., et al. *Fibroblasts and Their Transformations: The Connective-Tissue Cell Family. In: Molecular Biology of the Cell.* Garland Science: New York, NY, USA, 2002.
35. Castro-Núñez J. Decompression of odontogenic cystic lesions: past, present, and future. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2016;74(1):e1–9. Doi: 10.1016/j.joms.2015.09.004.
36. Lin L.M., Ricucci D., Lin J., et al. Nonsurgical root canal therapy of large cyst-like inflammatory periapical lesions and inflammatory apical cysts. *J. Endod.* 2009;35(5):607–15. Doi: 10.1016/j.joen.2009.02.012.
37. Zhu F., Huang S., Chen Z., et al. New method to secure cyst decompression tube in tooth-bearing areas. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2017;55(2):2–1. Doi: 10.1016/j.bjoms.2016.07.001.
38. Shakib K., Heliotis M., Gilhooly M. The nasopharyngeal airway: reliable and effective tool for marsupialisation. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2010;48(5):386–7. Doi: 10.1016/j.bjoms.2009.06.229.
39. Tian F.-C., Bergeron B.E., Kalathingal S., et al. Management of Large Radicular Lesions Using Decompression: A Case Series and Review of the Literature. *J. Endod.* 2019;45(5):651–9. Doi: 10.1016/j.joen.2018.12.014.
40. Lee S.-T., Kim S.-G., Moon S.-Y., et al. The effect of decompression as treatment of the cysts in the jaws: retrospective analysis. *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 2017;43(2):83–7. Doi: 10.5125/jkaoms.2017.43.2.83.
41. August M., Faquin W.C., Troulis M.J., Kaban L.B. Dedifferentiation of odontogenic keratocyst epithelium after cyst decompression. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2003;61(6):678–83. Doi: 10.1053/joms.2003.50137.
42. Berretta L.M., Melo G., Mello F.W., et al. Effectiveness of marsupialisation and decompression on the reduction of cystic jaw lesions: a systematic review. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2021;59(10):e17–42. Doi: 10.1016/j.bjoms.2021.03.004.
43. Liang Y.-J., He W.-J., Zheng P.-B., et al. Inferior alveolar nerve function recovers after decompression of large mandibular cystic lesions. *Oral Dis.* 2015;21(5):674–8. Doi: 10.1111/odi.12338.
44. Oliveros-López L., Fernández-Olavarría A., Torres-Lagares D., et al. Reduction rate by decompression as a treatment of odontogenic cysts. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* 2017;22(5):e643–50. Doi: 10.4317/medoral.21916.
45. Enislidis G., Fock N., Sulzbacher I., Ewers R. Conservative Treatment of Large Cystic Lesions of the Mandible: A Prospective Study of the Effect of Decompression. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2004;42(6):546–50. Doi: 10.1016/j.bjoms.2004.06.020.
46. Ritschl L.M., Mücke T., Hart D., et al. Retrospective Analysis of Complications in 190 Mandibular Resections and Simultaneous Reconstructions with Free Fibula Flap, Iliac Crest Flap or Reconstruction Plate: A Comparative Single Centre Study. *Clin. Oral Investig.* 2021;25(5):2905–14. Doi: 10.1007/s00784-020-03607-8.
47. Zhao Y.F., Wei J.X., Wang S.P. Treatment of odontogenic keratocysts: A follow-up of 255 Chinese patients. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2002;94(2):151–6. Doi: 10.1067/moe.2001.125694.
48. Murette P.E., Jorge J., de Moraes M. Conservative Treatment Protocol of Odontogenic Keratocyst: A Preliminary Study. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2006;64(3):379–83. Doi: 10.1016/j.joms.2005.
49. Kwon Y.-J., Ko K.-S., So B.-K., et al. Effect of Decompression on Jaw Cystic Lesions Based on Three-Dimensional Volumetric Analysis. *Medicina.* 2020;56(11):602. Doi: 10.3390/medicina56110602.
50. Anavi Y., Gal G., Miron H., Calderon S., Allon D.M. Decompression of odontogenic cystic lesions: Clinical long-term study of 73 cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2011;112(2):164–9. Doi: 10.1016/j.tripleo.2010.09.069.
51. Zhao Y., Liu B., Han Q.B., et al. Changes in Bone Density and Cyst Volume After Marsupialization of Mandibular Odontogenic Keratocysts (Keratocystic Odontogenic Tumors). *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2011;69(5):1361–6. Doi: 10.1016/j.joms.2010.05.067.
52. Jeong H.G., Hwang J.J., Lee S.H., et al. Effect of decompression for patients with various jaw cysts based on a three-dimensional computed tomography analysis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 2017;123(4):445–52. Doi: 10.1016/j.oooo.2016.11.012.
53. Song I.S., Park H.S., Seo B.M., et al. Effect of decompression on cystic lesions of the mandible: 3-dimensional volumetric analysis. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015;53(9):841–8. Doi: 10.1016/j.bjoms.2015.06.024.
54. Park J.H., Kwak E.J., You K.S., et al. Volume change pattern of decompression of mandibular odontogenic keratocyst. *Maxillofac. Plast. Reconst. Surg.* 2019;41(1):2. Doi: 10.1186/s40902-018-0184-y.
55. Zhang X., Liu L., Yang X., et al. Expression of TP53 and IL-1a in unicystic ameloblastoma predicts the efficacy of marsupialization treatment. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(6):e9795. Doi: 10.1097/MD.0000000000009795.
56. Wang L., Ma C., Li X., et al. Comparison of wall removal type versus wall retaining type of decompression for treating large mandibular odontogenic cysts. *Oral Dis.* 2020;26(2):350–9. Doi: 10.1111/odi.13233.
57. Martin S.A. Conventional endodontic therapy of upper central incisor combined with cyst decompression: a case report. *J. Endod.* 2007;33:753–7. Doi: 10.1016/j.joen.2007.01.013.
58. Pogrel M.A. Decompression and Marsupialization as a Treatment for the Odontogenic Keratocyst. *Oral Maxillofac. Surg. Clin.* 2003;15(3):415–27. Doi: 10.1016/S1042-3699(03)00038-4.
59. Consolo U., Bellini P., Melini G.M., et al. Analysis of Marsupialization of Mandibular Cysts in Improving the Healing of Related Bone Defects. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2020;78(8):1355.e1–5. Doi: 10.1016/j.joms.2020.02.034.
60. Gao L., Wang X.L., Li S.M., et al. Decompression as a Treatment for Odontogenic Cystic Lesions of the Jaw. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2014;72(2):327–33. Doi: 10.1016/j.joms.2013.07.035.
61. Gopikrishna V., Pradeep G., Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int. J. Paediatr. Dent.* 2009;19(1):3–15. Doi: 10.1111/j.1365-263X.2008.00955.x.

Поступила 29.08.2023

Получены положительные рецензии 01.05.25

Принята в печать 24.05.25

Received 29.08.2023

Positive reviews received 01.05.25

Accepted 24.05.25

**Вклад авторов.** А.И. Лафисhev, С.Г. Булат — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала. С.Г. Булат — написание текста. С.Б. Буцан, А.И. Лафисhev — редактирование.

**Authors' contribution.** A.I. Lafishev, S.G. Bulat — the concept and design of the study, collection and processing of material. S.G. Bulat — text writing. S.B. Butsan, A.I. Lafishev — editing.

**Информация об авторах:**

Лафисhev Аслан Исламович – челюстно-лицевой хирург, главный врач стационара ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава РФ. Адрес: 119021 Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, стр. 1; тел.: +7 (499) 255-29-43; e-mail: lafishev\_ai@cniis.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3597-9592>.

Булат Сергей Георгиевич – к.м.н., челюстно-лицевой хирург ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава РФ. Адрес: 119021 Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, стр. 1; тел.: +7 (925) 905-79-88; e-mail: libra3000@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-2851>, Scopus ID: 57204071340.

Буцан Сергей Борисович – д.м.н., заведующий отделением челюстно-лицевой хирургии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава РФ. Адрес: 119021 Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, стр. 1; тел.: +7 (499) 255-27-22; e-mail: butsan\_sb@cniis.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4013-8472>, Scopus ID: 46260963900.

**Information about the authors:**

Aslan Islamovich Lafishev – Maxillofacial Surgeon, Chief Physician, FSBI National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry

and Maxillofacial Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 16/1 Timura Frunze str., 119021 Moscow; tel.: +7 (499) 255-29-43; e-mail: lafishev\_ai@cniis.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3597-9592>.

Sergei Georgievich Bulat – Candidate of Medical Sciences, Maxillofacial Surgeon, FSBI National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 16/1 Timura Frunze str., 119021 Moscow; tel.: +7 (925) 905-79-88; e-mail: libra3000@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-2851>, Scopus ID: 57204071340.

Sergei Borisovich Butsan – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Maxillofacial Surgery, FSBI National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 16/1 Timura Frunze str., 119021 Moscow; tel.: +7 (499) 255-27-22; e-mail: butsan\_sb@cniis.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4013-8472>, Scopus ID: 46260963900.