

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

3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.1.2. Maxillofacial surgery / 3.1.3. Оториноларингология, 3.1.2. Челюстно-лицевая хирургия

Surgical access options for various conditions of the maxillary sinus

A.A. Lebedeva ^{1,2}, K.E. Klimenko ^{1,2}, Yu.Yu. Rusetsky ^{1,2}, S.E. Kudryashov ¹

¹FSBI APE Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia

²FSBI Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia

Contacts: Anastasia Alexandrovna Lebedeva – e-mail: lor_anastasia@mail.ru

Варианты хирургических доступов при различных состояниях верхнечелюстной пазухи

А.А. Лебедева ^{1,2}, К.Э. Клименко ^{1,2}, Ю.Ю. Русецкий ^{1,2}, С.Е. Кудряшов ¹

¹ФГБУ ДПО Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

²ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

Контакты: Лебедева Анастасия Александровна – e-mail: lor_anastasia@mail.ru

上颌窦多种疾病的外科入路选择

A.A. Lebedeva ^{1,2}, K.E. Klimenko ^{1,2}, Yu.Yu. Rusetsky ^{1,2}, S.E. Kudryashov ¹

¹俄罗斯联邦总统事务管理局中央国家医学研究院 (FSBI APE Central State Medical Academy), 莫斯科, 俄罗斯

²俄罗斯联邦总统事务管理局中央临床医院 (FSBI Central Clinical Hospital), 莫斯科, 俄罗斯

联系方式: Anastasia Alexandrovna Lebedeva — 邮箱: lor_anastasia@mail.ru

Interventions on the paranasal sinuses (PSs) are among the most common surgical procedures performed in otorhinolaryngological departments, which is primarily associated with the high prevalence of chronic rhinosinusitis and various tumors in this area. Surgery of the maxillary sinus (MS) deserves special attention due to its complexity and uniqueness, caused not only by the anatomical peculiarities of the maxillary sinus and the presence of hard-to-reach areas for visualization, but also by the variety of diseases encountered.

Since the first mention of surgical treatment of the MS, at the turn of the 19th and 20th centuries, there has been an evolution in the visualization of the PSs, and at the same time, knowledge of the anatomy and physiology of the area has expanded. The search for new techniques and modifications of existing methods was primarily driven by the desire of surgeons to find the most optimal approach to surgery for various MS diseases. While some approaches are designed to minimize invasiveness, others are aimed at a wide opening of the sinus and radical removal of the pathological substrate from it. We described the most common surgical techniques and their modifications used in various pathological conditions of the MS in this literature review. All approaches to the MS were conventionally divided into intranasal and extranasal.

Among the intranasal techniques of the MS surgery, we reported middle meatal antrostomy, mega-antrostomy, endoscopic medial maxillectomy, prelacrimal recess approach and approach via inferior meatus. As part of our discussion of extranasal techniques, we described the Caldwell-Luc operation, canine fossa trephine and access via the anterolateral wall of the MS.

Based on world literature data, we have compiled a list of indications, advantages and disadvantages for each technique. Debatable issues and controversies have been highlighted within individual techniques for surgical treatment of the MS diseases.

Keywords: maxillary sinus, endoscopic sinus surgery, medial maxillectomy, prelacrimal recess approach, mega-antrostomy

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

Funding. There was no funding for this study

For citation: Lebedeva A.A., Klimenko K.E., Rusetsky Yu.Yu., Kudryashov S.E. Surgical access options for various conditions of the maxillary sinus. Head and neck. Russian Journal. 2025;13(2):138–148

Doi: 10.25792/HN.2025.13.2.138-148

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

Вмешательства на околоносовых пазухах (ОНП) являются одними из самых распространенных хирургических манипуляций, выполняемых в оториноларингологических стационарах, что в первую очередь связано с

высокой распространенностью хронического риносинусита и различных новообразований данной области. Особое внимание заслуживает хирургия верхнечелюстной пазухи (ВЧП), которая отличается своей многогранностью и уникальностью, что обусловлено не только ее анатомическими особенностями, наличием труднодоступных отделов для визуального контроля, но и разнообразием встречающейся патологии. С момента первых упоминаний хирургического лечения ВЧП, на рубеже XIX и XX вв. произошла эволюция в визуализации ОНП, а вместе с тем расширились знания об анатомии и физиологии данной области. Поиск новых техник и модификаций уже имеющихся методик в первую очередь обусловлены желанием хирургов найти наиболее оптимальный подход к хирургии различных патологических состояний ВЧП. В то время как одни доступы направлены на максимальное снижение инвазивности, другие – на широкое вскрытие пазухи и радикальное удаление патологического субстрата из нее.

В представленном литературном обзоре описаны наиболее часто встречающиеся хирургические техники и их модификации, применяемые при различных патологических состояниях ВЧП. Доступы к ВЧП условно были разделены на интраназальные и экстраназальные. Среди интраназальных методик хирургии ВЧП были выделены антростомия через средний носовой ход, мега-антростомия, эндоскопическая медиальная максиллэктомия, прелакримальный и инфратурбинальный доступы. В рамках рассмотрения экстраназальных техник мы описали радикальную операцию по Caldwell-Luc, «микрогайморотомия» и доступ через переднелатеральную стенку ВЧП. Основываясь на данных мировой литературы, для каждой техники мы вывели перечень показаний, а также описали их преимущества и недостатки. В рамках отдельных методик хирургического лечения патологии ВЧП были подчеркнуты дискуссионные вопросы и противоречия.

Ключевые слова: верхнечелюстная пазуха, эндоскопическая синусохирургия, медиальная максиллэктомия, прелакримальный доступ, мега-антростомия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лебедева А.А., Клименко К.Э., Русецкий Ю.Ю., Кудряшов С.Е. Варианты хирургических доступов при различных состояниях верхнечелюстной пазухи. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2025;13(2):138–148

Doi: 10.25792/HN.2025.13.2.138-148

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

Поллианоз (PSs) хирургия является оториноларингологической хирургической операцией, которая связана с хроническим поллианозом и высокой частотой злокачественных опухолей в этой области. Поллианоз (MS) хирургия из-за своей сложности и уникальности, заслуживает особого внимания, так как ее не только анатомические особенности, но и разнообразие встречающейся патологии. С момента первых упоминаний хирургического лечения ВЧП, на рубеже XIX и XX вв. произошла эволюция в визуализации ОНП, а вместе с тем расширились знания об анатомии и физиологии данной области. Поиск новых техник и модификаций уже имеющихся методик в первую очередь обусловлены желанием хирургов найти наиболее оптимальный подход к хирургии различных патологических состояний ВЧП. В то время как одни доступы направлены на максимальное снижение инвазивности, другие – на широкое вскрытие пазухи и радикальное удаление патологического субстрата из нее.

В представленном литературном обзоре описаны наиболее часто встречающиеся хирургические техники и их модификации, применяемые при различных патологических состояниях ВЧП. Доступы к ВЧП условно были разделены на интраназальные и экстраназальные. Среди интраназальных методик хирургии ВЧП были выделены антростомия через средний носовой ход, мега-антростомия, эндоскопическая медиальная максиллэктомия, прелакримальный и инфратурбинальный доступы. В рамках рассмотрения экстраназальных техник мы описали радикальную операцию по Caldwell-Luc, «микрогайморотомия» и доступ через переднелатеральную стенку ВЧП. Основываясь на данных мировой литературы, для каждой техники мы вывели перечень показаний, а также описали их преимущества и недостатки. В рамках отдельных методик хирургического лечения патологии ВЧП были подчеркнуты дискуссионные вопросы и противоречия.

Ключевые слова: верхнечелюстная пазуха, эндоскопическая синусохирургия, медиальная максиллэктомия, прелакримальный доступ, мега-антростомия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лебедева А.А., Клименко К.Э., Русецкий Ю.Ю., Кудряшов С.Е. Варианты хирургических доступов при различных состояниях верхнечелюстной пазухи. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2025;13(2):138–148

Doi: 10.25792/HN.2025.13.2.138-148

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

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

Введение

Интерес к околоносовым пазухам (ОНП) появился задолго до развития функциональной эндоскопической риносинусохирургии (ФЭРСХ). Особое внимание заслуживает история хирургии верхнечелюстной пазухи (ВЧП), которая всегда отличалась многогранностью и в разное время имела определенные тенденции по отношению выбора доступа. Однако ключевыми всегда оставались 3 подхода – через средний носовой ход (СНХ), нижний носовой ход (ННХ) и доступ через переднюю стенку ВЧП.

В некоторых источниках упоминается доктор Allouel, впервые сделавший попытку дренировать ВЧП через СНХ, а Gooch был пионером, сформировавшим антростомическое отверстие в ННХ еще в XVIII в., но тогда эти методики применялись достаточно редко [1]. С изобретением различных инструментов для пункции и дренирования ВЧП на рубеже XIX и XX вв. возникли 2 противоположных мнения о наиболее верном доступе к ВЧП [2]. Долгое время радикальная операция по G. Caldwell (1893, США) и H. Luc (1897, Франция) была практически единственным методом хирургического лечения различной патологии ВЧП [3]. С изобретением системы линз Hopkins в 1959 г., а затем созданием компанией Karl Storz эндоскопа Хопкинса («Hopkins scope») возникла новая веха в развитии ринологии [4]. Так, 80-е гг. прошлого столетия были ознаменованы становлением и бурным развитием ФЭРСХ, которая постепенно вытеснила открытые методики.

В настоящее время во многих профильных стационарах вмешательства на ВЧП являются рутинными и составляют до 30% от всех операций, выполняемых в оториноларингологических отделениях [5], что, прежде всего, обусловлено высокой распространенностью хронического верхнечелюстного синусита [6]. Несмотря на универсальность ФЭРСХ, такие факторы, как недостаточный визуальный контроль всех стенок и карманов пазухи, затруднение при использовании инструментов в передних и нижних отделах и особенности патогенеза заболеваний ВЧП, ограничивают применение данной методики. Не менее важной является проблема ревизионной хирургии ВЧП, что влечет за собой дополнительные финансовые затраты, повышенную сложность повторного вмешательства и снижение приверженности пациента [7].

Эти факторы послужили почвой для изобретения новых техник и усовершенствования уже имеющихся доступов, чем и обусловлено многообразие подходов к хирургии данной области [8, 9]. На сегодняшний день все доступы к ВЧП можно условно разделить на интраназальные и экстраназальные (рис.).

В данной статье детально описаны наиболее часто используемые методики и рекомендации для их применения (табл. 1), их основные преимущества и недостатки (табл. 2).

Интраназальные доступы

К интраназальным доступам относятся различные варианты расширения естественного соустья ВЧП через СНХ, инфратурбинальный и прелакримальный доступы и эндоскопическая медиальная максиллэктомия (ЭММЭ) [8]. Помимо этого, к хирургическому малоинвазивному методу лечения хронических верхнечелюстных синуситов некоторые авторы относят баллонную синусопластику. В связи с большим количеством противоречивых результатов в мировой практике относительно баллонной синусопластики и узким перечнем показаний (табл. 1) в данной работе эта техника не будет подробно рассматриваться [10–18, 19].

Антростомия через СНХ

На сегодняшний день доступ в ВЧП через СНХ хорошо себя зарекомендовал для лечения хронических заболеваний и образований, расположенных в заднемедиальных и верхних отделах ВЧП [20, 21]. Эта методика является единственным способом, позволяющим осуществить доступ посредством расширения естественного соустья, не нарушая пути оттока и избегая формирования дополнительного отверстия. Однако, несмотря на давно устоявшиеся принципы антростомии через СНХ – удаление крючковидного отростка с последующим расширением естественного соустья, объем этих манипуляций остается достаточно diskutabelным.

Удаление крючковидного отростка (анцинэктомия)

Поскольку естественное соустье ВЧП расположено кпереди и латеральнее свободной части крючковидного отростка, качественная анцинэктомия является важным этапом для предотвращения формирования дополнительного отверстия [22].

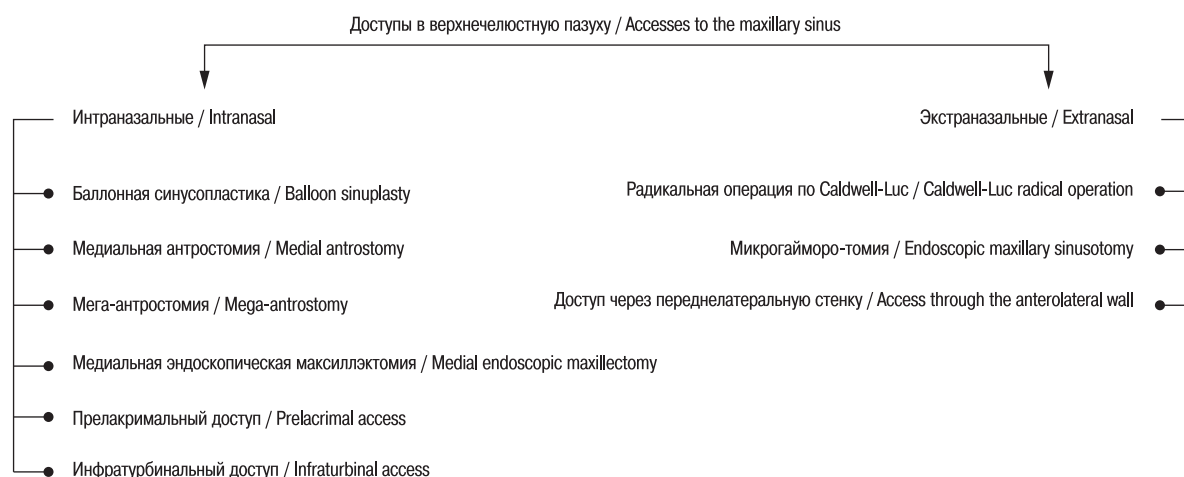


Рисунок. Доступы в ВЧП

Figure. Accesses to the MS

Таблица 1. Показания к различным доступам в ВЧП
Table 1. Indications for different accesses to the MS

Доступ <i>Access</i>	Показания <i>Indications</i>	
Баллонная синусопластика <i>Balloon sinuplasty</i>	Хронический верхнечелюстной синусит без полипов Острый рецидивирующий верхнечелюстной синусит Ситуации, когда стандартная верхнечелюстная синусотомия сопряжена с высокими рисками (противопоказания для общей анестезии, нарушения системы гемостаза, нахождение в отделении реанимации при осложненных синуситах)	<i>Chronic maxillary sinusitis without polyps</i> <i>Acute recurrent maxillary sinusitis</i> <i>Situations when standard maxillary sinusotomy is associated with high risks (contraindications for general anesthesia, hemostasis disorders, intensive care unit stay for complicated sinusitis).</i>
Медиальная антростомия <i>Medial antrostomy</i>	Хронический верхнечелюстной синусит Грибковое тело ВЧП Инородное тело ВЧП Ретенционная киста ВЧП Антрохоанальный полип В качестве этапа полисинусотомии	<i>Chronic maxillary sinusitis</i> <i>Fungal body of the MS</i> <i>MS foreign body</i> <i>Retention cyst of the MS</i> <i>Antrochoanal polyp</i> <i>As a stage of complex sinus surgery</i>
Мега-антростомия <i>Mega-antrostomy</i>	В качестве ревизионного вмешательства при хроническом неконтролируемом рецидивирующем верхнечелюстном синусите Первичная патология мукоцилиарного транспорта	<i>As a revision intervention for chronic uncontrolled recurrent recurrent maxillary sinusitis</i> <i>Primary alterations of mucociliary transport</i>
ЭММЭ <i>Endoscopic medial maxillectomy</i>	Доброкачественные новообразования ВЧП В качестве доступа к крылонебной и подвисочной ямкам В качестве ревизионного вмешательства при хроническом неконтролируемом рецидивирующем верхнечелюстном синусите Первичная патология мукоцилиарного транспорта	<i>Benign tumors of the MS</i> <i>As an access to the pterygopalatine fossa and infratemporal fossa</i> <i>As a revision intervention for chronic uncontrolled recurrent maxillary sinusitis</i> <i>Primary alterations of mucociliary transport</i>
Прелакримальный <i>Prelacrimal</i>	Грибковое тело ВЧП Инородное тело ВЧП Антрохоанальный полип Доброкачественные новообразования ВЧП В качестве доступа к крылонебной и подвисочной ямкам	<i>Fungal body of the MS</i> <i>Foreign body of the MS</i> <i>Antrochoanal polyp</i> <i>Benign tumors of the MS</i> <i>As an access to the pterygopalatine fossa and infratemporal fossa</i>
Инфратурбинальный <i>Infratubinal</i>	Грибковое тело ВЧП Инородное тело ВЧП Антрохоанальный полип Ретенционная киста ВЧП	<i>Fungal body of the MS</i> <i>Foreign body of the MS</i> <i>Antrochoanal polyp</i> <i>Retention cyst of the MS</i>
Радикальная операция по Caldwell-Luc <i>Caldwell-Luc radical operation</i>	На настоящий момент нет прямых показаний к выполнению данной методики	<i>There are currently no direct indications for performing this technique</i>
«Микрогайморотомия» <i>Endoscopic maxillary sinusotomy</i>	Грибковое тело ВЧП Инородное тело ВЧП Антрохоанальный полип	<i>Fungal body of the MS</i> <i>Foreign body of the MS</i> <i>Antrochoanal polyp</i>

В мировой практике существует 2 основные техники анцинектоми — классическая, предложенная Н. Stammberger [23, 24], при которой удаление крючковидного отростка производят в переднезаднем направлении, и методика, описанная Р. J. Wormald в 1998 г., «swing-door technique», которая предполагает ретроградное удаление крючковидного отростка [25]. Опрос британских коллег, опубликованный в 2007 г., показал, что большинство оториноларингологов считают технику Stammberger проще [26]. Однако авторы сравнительных исследований рекомендуют «swing-door technique» в качестве более безопасной методики с точки зрения повреждения орбиты, клеток решетчатого лабиринта и точности визуализации естественного соустья [26–29].

Несмотря на доказанное отсутствие влияния анцинектоми на изменение воздушного потока в ВЧП [30, 31] и мукоцилиарный клиренс [32], до сих пор ведутся споры по поводу объема резекции крючковидного отростка. Сторонники частичной анцинектоми заявляют об отсутствии необходимости полного удаления крючковидного отростка при изолированном поражении пазухи [33], а некоторые авторы связывают его полное удаление с патологической аэрацией ВЧП [34]. Однако во многих публикациях резидуальный крючковидный отросток отнесен к факторам

риска персистенции хронической инфекции [35], формирования синехий, стеноза антростомического отверстия и повышенного риска ревизионных вмешательств [36–41].

Расширение естественного соустья ВЧП

После удаления крючковидного отростка ключевым этапом является идентификация естественного соустья с последующим его расширением, для чего в большинстве случаев требуется угловая оптика. Согласно классификации Simmen (2005), существует 3 типа медиальной антростомии относительно степени расширения естественного соустья — от минимального формирования отверстия до 1 см до максимального расширения в пределах носослезного выступа, задней стенки ВЧП, нижней стенки орбиты и нижней носовой раковины (ННР) [42].

«Идеальный» размер антростомы остается спорным уже многие годы. Исследования изменений свойств аэродинамики полости носа и ОНП в послеоперационном периоде привели к возникновению теории о чрезмерном проникновении патогенов через сформированное соустье ВЧП и образовании биопленок [43], а также повреждении слизистой оболочки пазухи прямой направленной воздушной струей [34], что приводит к нарушениям мукоцилиарного клиренса и сухости слизистой оболочки

Таблица 2. Преимущества и недостатки различных доступов в ВЧП
 Table 2. Advantages and disadvantages of different accesses to the MS

Доступ <i>Access</i>	Преимущества <i>Advantages</i>	Недостатки <i>Disadvantages</i>
Баллонная синусопластика <i>Balloon sinuplasty</i>	Малоинвазивность Восстановление дренажа и вентиляции ВЧП Возможность выполнения в амбулаторных условиях <i>Minimally invasive</i> <i>Restoration of drainage and ventilation of the MS</i> <i>Can be performed on an outpatient basis</i>	Спорные результаты эффективности сравнительных исследований Ограниченные показания Сложность заведения проводника при сохраненных структурах Высокая стоимость расходных материалов <i>Disputed efficacy results from comparative studies</i> <i>Limited indications</i> <i>Difficulty of guidewire placement in preserved structures</i> <i>High cost of consumables</i>
Медиальная антростомия <i>Medial antrostomy</i>	Восстановление дренажа и вентиляции ВЧП Хороший визуальный контроль задней и латеральной стенки ВЧП <i>Restoration of drainage and ventilation of the MS</i> <i>Good visualization of the posterior and lateral wall of the MS</i>	Ограниченная визуализация передних, медиальных и нижних отделов ВЧП Необходимость использования оптики с широкими углами обзора Сложность удаления патологического субстрата из переднемедиальных отделов <i>Limited visualization of anterior, medial and inferior MS</i> <i>Need to use optics with wide viewing angles</i> <i>Difficulty in removing pathologic substrate from anteromedial regions</i>
Мега-антростомия <i>Mega-antrostomy</i>	Сохранение переднего конца нижней носовой раковины и носослезного протока <i>Preservation of the anterior end of the inferior nasal concha and the nasolacrimal duct</i>	Повышенный риск кровотечения из ветвей клиновидно-небной артерии Риск послеоперационных осложнений – гиперестезия мягкого неба, эпифора <i>Increased risk of bleeding from branches of the pterygopalatine artery</i> <i>Risk of postoperative complications - hyperesthesia of the soft palate, epiphora</i>
ЭММЭ <i>Endoscopic medial maxillectomy</i>	В зависимости от модификации – сохранение нижней носовой раковины и/или носослезного протока Прямой доступ к сложно доступным отделам ВЧП <i>Depending on the modification - preservation of the inferior nasal concha and/or nasolacrimal duct</i> <i>Direct access to hard-to-access parts of the MS</i>	Риск послеоперационных осложнений – гиперестезия мягкого неба, эпифора При удалении нижней носовой раковины – формирование синдрома «пустого носа» <i>Risk of postoperative complications - hyperesthesia of the soft palate, epiphora</i> <i>If inferior nasal concha removed - formation of "empty nose" syndrome</i>
Прелакримальный <i>Prelacrimal</i>	Сохранение структур латеральной стенки полости носа Прямой доступ к сложно доступным отделам ВЧП <i>Preservation of the lateral wall of the nasal cavity</i> <i>Direct access to hard-to-access parts of the MS</i>	Риск послеоперационных осложнений – эпифора, отек щеки, орбитальный отек Анатомические ограничения <i>Risk of postoperative complications - epiphora, cheek edema, orbital edema</i> <i>Anatomical limitations</i>
Инфратурбинный <i>Infratubinal</i>	Доступ к переднемедиальным отделам ВЧП <i>Access to the anteromedial portions of the MS</i>	Необходимость манипулирования инструментами в условиях узкого коридора ННХ Риск формирования стойкого антростомического отверстия в ННХ <i>The need for instrument manipulation in the narrow corridor of the INC</i> <i>Risk of forming a persistent antrostomy orifice in the INC</i>
Радикальная операция по Caldwell-Luc <i>Caldwell-Luc radical operation</i>	Отсутствие необходимости использования эндоскопических инструментов <i>No endoscopic instruments required</i>	Стойкие послеоперационные рубцовые изменения ВЧП Перманентное нефизиологичное антростомическое отверстие в ННХ Риск формирования осложнений – стойкая/транзиторная нейропатия тройничного нерва, девитализация зубов <i>Persistent postoperative scarring of the MS</i> <i>Permanent non-physiologic antrostomy opening in the MS</i> <i>Risk of complications - persistent/transient trigeminal neuropathy, dental devitalization</i>
«Микрогайморотомия» <i>Endoscopic maxillary sinusotomy</i>	Доступы в нижние и медиальные отделы ВЧП <i>Access to the inferior and medial MS</i>	Риск формирования осложнений – стойкая/транзиторная невропатия тройничного нерва При использовании троакарных методов – травматизация слизистой оболочки ВЧП костными отломками <i>Risk of complications - persistent/transient trigeminal neuropathy</i> <i>If trocar techniques used - traumatization of the MS mucosa by bone fragments</i>

ВЧП. Особое внимание было уделено снижению концентрации оксида азота, обладающему бактерицидными свойствами, при расширении естественного соустья ВЧП, что влияет на развитие рецидивирующих воспалительных процессов [44–47].

Эти суждения создали предпосылки для формирования мнения о необходимости наложения минимального антростомического отверстия. Однако ни влияние концентрации оксида азота, ни изменение аэродинамических потоков, ни размер расширенного соустья не являются доказанными факторами,

влияющими на качество жизни в послеоперационном периоде и поддерживающими хроническое воспаление [48–51]. Напротив, за последние несколько лет стали появляться исследования, опровергающие связь широкой антростомы с клинической картиной, цитокиновым профилем, бактериальной нагрузкой в отдаленном послеоперационном периоде [51, 52]. Более того, K.J. Choi и соавт. (2016) показали, что меньший размер соустья и снижение воздушного потока являются факторами персистенции хронического воспаления [53].

Мега-антростомия

Во многих источниках упоминаются D.Y., Cho и P.H. Hwang [54] как основоположники техники формирования мега-антростомы («mega-antrostomy»). Однако еще в 1996 г. J.R. Coleman и соавт. впервые описали методику объединения инфратурбинальной антростомы и ранее расширенного естественного соустья с частичной резекцией латеральной стенки полости носа и ННР [55]. На сегодняшний день мега-антростома представляет собой расширенное естественное соустье ВЧП до задней стенки и до дна полости носа и резекцией средней и задней частей ННР [54]. Изначально она была предложена только в качестве ревизионного вмешательства у пациентов с неуправляемым гравитационно-зависимым рецидивирующим хроническим синуситом [54, 56]. Позднее было внесено предложение рассматривать мега-антростому в качестве первичного вмешательства у пациентов с некоторыми формами патологии слизистой оболочки ВЧП [57]. Данная методика позволяет достичь полного контроля хронического синусита [54, 56, 57] путем формирования прямого дренажа слизистого отделяемого из пазухи, расширенными возможностями ирригационной терапии и лучшей доставкой топических лекарственных средств к слизистой оболочке ВЧП [58, 59].

Сложность операции чаще всего заключается в повышенном риске кровотечения из ветвей клиновидно-небной артерии, что можно предотвратить коагуляцией сосудистого пучка в области заднего конца средней носовой раковины [56]. Гиперестезия мягкого неба, связанная с повреждением нисходящего небного нерва на уровне задней границы антростомы, и повреждение носослезного протока с развитием эпифоры [56] в послеоперационном периоде являются возможными осложнениями, избежать которые удастся путем тщательной аккуратной диссекции.

Благодаря сохранению носослезного протока и передней части ННР, вышеописанная техника рассматривается как один из самых щадящих вариантов модифицированной ЭММЭ с минимальным риском формирования синдрома пустого носа.

Эндоскопическая медиальная максиллэктомия

В 1992 г. G. Waitz и M.E. Wigand (1992) описали эндоскопический доступ в ВЧП с удалением ее медиальной стенки, ННР и носослезного протока для лечения инвертированной папилломы полости носа, что стало альтернативой открытым радикальным вмешательствам [60]. В настоящее время ЭММЭ используют при удалении новообразований синоназальной локализации, лечении хронических неконтролируемых гравитационно-зависимых синуситов [61, 62], а также в качестве этапа формирования трансмаксиллярного доступа к крылонебной и подвисочной ямкам [63].

Удаление структур латеральной стенки полости носа подвергает высокому риску формирование синдрома пустого носа и дакриологических осложнений в послеоперационном периоде. В связи с этим за последние несколько лет в литературе появились авторские модификации, направленные на частичное или полное сохранение ННР [64] и/или носослезного протока [65–68]. Последние описанные методики направлены на полное сохранение латеральной стенки полости носа. A.Z. Maxfield и соавт. (2016) описали технику удаления антрохоанальных полипов и больших одонтогенных кист через сформированное костное окно в медиальной стенке ВЧП на уровне ННХ, с последующим закрытием дефекта слизистой оболочкой, взятой со дна полости носа [69]. Техника транспозиции медиальной стенки ВЧП с сохранением костной ткани была позднее опубликована M.S.

Teredino и соавт. (2020) [70]. Стоит отметить, что в литературе отсутствуют сравнительные исследования сохраняющих модификаций ЭММЭ, а сохранение латеральной стенки полости носа при удалении новообразований ВЧП описано только в одном случае с коротким сроком наблюдения [70].

Несмотря на столь обширное вмешательство ЭММЭ, предоставляющей прямой доступ к задней и латеральной стенкам и их полную визуализацию торцевой оптикой, не всегда позволяет полностью иссечь пораженные ткани в передних отделах ВЧП, особенно при ее повышенной пневматизации и глубокой альвеолярной бухте. Одним из путей решения данной проблемы является формирование окна в перегородке носа с переходом на т.н. транссептальную ЭММЭ, которая увеличивает угол маневренности эндоскопическими инструментами за счет их заведения через контралатеральную половину носа [71].

Помимо удаления опухолей ЭММЭ и ее модификации используются при устойчивых рецидивирующих синуситах [62, 72–75]. В данной ситуации нет различий между показаниями к формированию классической ЭММЭ и мега-антростомы [62], однако последняя считается более функциональной. В качестве меры отчаяния может применяться ЭММЭ с удалением слизистой оболочки ВЧП для инициации ее аутооблитерации [75].

Прелакримальный доступ к ВЧП

В рамках модификации ЭММЭ M. Suzuki и соавт. (2011) в англоязычной литературе впервые описали технику сохранения носослезного протока и ННР при удалении инвертированной папилломы ВЧП [76]. Позднее B. Zhou и соавт. (2013) представили результаты удаления доброкачественных новообразований полости носа с использованием прелакримального доступа («prelacrimal recess approach») [77], который ранее описали еще в 2007 г. в китайском журнале [78]. Таким образом, именно последнюю группу авторов считают основоположниками данной методики и цитируют в большинстве публикаций.

Прелакримальный доступ подразумевает формирование временного коридора между грушевидной апертурой и носослезным каналом, для чего предварительно выполняется временная конхотомия ННР [77, 79]. Благодаря прямому доступу в передние отделы ВЧП, прелакримальный доступ в настоящее время описывается как метод выбора при удалении инвертированной папилломы [80, 81], антрохоанальных полипов [82] и других доброкачественных новообразований ВЧП. Также его используют в качестве доступа к крылонебной ямке и частично – к подвисочной [83, 84].

В классификации анатомических вариантов прелакримального кармана по Simmen (2017), основанной на измерении расстояния между передней стенкой ВЧП и носослезным протоком, выделяются 3 типа карманов [85]. Ограничения возникают при глубине прелакримального кармана менее 3 мм (1 тип), при которой некоторые авторы предлагают избегать данного доступа для минимизации вероятности формирования осложнений [86]. Другие авторы в таких случаях предлагают применять частичное удаление носослезного канала с временной транспозицией носослезного протока [79, 85, 87]. Стоит отметить, что A.D. Arosio и соавт. (2021) не выявили достоверной связи между типом прелакримального кармана и риском послеоперационных осложнений, но отметили значение внутреннего угла грушевидной апертуры менее 45 градусов, как анатомическую предпосылку для их развития [88], среди которых выделяют отек щеки, эпифору, периорбитальный отек, чаще всего имеющие транзиторный характер [81, 84, 88]. Однако наибольшее

значение для удобства работы хирурга имеет именно тип пре-лакримального кармана [88, 89].

Инфратурбинальный доступ к ВЧП

Инфратурбинальный метод позволяет осуществлять прямой доступ к медиальным, латеральным отделам и альвеолярному карману ВЧП [20]. Многие авторы формируют костное окно под ННР в качестве дополнительного при невозможности полного удаления патологии (ретенционная киста, инородное тело, грибковое тело, антрохоанальный полип) ВЧП через СНХ или изолированно при отсутствии патологии остиомеатального комплекса [90, 91]. К преимуществам методики можно отнести относительную простоту выполнения по сравнению с другими альтернативными и расширенными техниками, низкий риск осложнений, сохранение ННР и носослезного протока, минимальное удаление костной ткани при формировании окна [90], а также возможность осуществления вмешательства в условиях амбулаторной хирургии под местной анестезией [91, 92]. Среди недостатков метода можно отметить узкое пространство под ННР, что снижает маневренность работы инструментами и степень визуализации. С целью расширения хирургического коридора была предложена временная конхотомия ННР [93].

Одним из нежелательных послеоперационных эффектов данной методики является вероятность формирования стойкого нефизиологичного отверстия в ННХ. Хотя его роль в развитии феномена рециркуляции слизи остается недоказанной [94], существуют публикации, в которых авторы при выполнении расширенных вмешательств на ВЧП у пациентов с рецидивирующим верхнечелюстным синуситом объединяют нижнюю и срединную антростомы для купирования данного состояния [55]. Также при существовании перманентного антростомического отверстия в ННХ более 1 см возникает возможность патологической аэрации пазухи [95]. При изолированных поражениях ВЧП авторы, как правило, выполняют пластику костного окна во избежание формирования стойкого сообщения [96, 97]. В то же время в случаях тяжелых микотических, полипозных процессов и гравитационно-зависимых синуситов хирурги намеренно оставляют дополнительное антростомическое отверстие с целью улучшения дренажной функции пазухи [91, 92, 98].

Повышенный риск повреждения носослезного протока при данном варианте доступа по сравнению с классической антростомой остается дискуссионным, но некоторые авторы заявляют о статистической значимости формирования эпифоры при сравнении классической или расширенной антростомы и их комбинациями с инфратурбинальным доступом [99]. Среди т.н. «малых» осложнений самым распространенным является формирование синехий в ННХ или между ННР и перегородкой носа [100–102].

Экстраназальные доступы

Первоначальный доступ через переднюю стенку осуществлялся в рамках операции Caldwell-Luc, предложенной в конце XIX в. независимо друг от друга G. Caldwell (1893, США) и H. Luc (1897, Франция) [3], при которой через fossa canina создается доступ в пазуху и удаляется пораженная слизистая оболочка, а в ННХ накладывается перманентное дренажное отверстие. Если еще в середине прошлого столетия для многих состояний ВЧП, требующих хирургического лечения, данный доступ был методом выбора [103], то в настоящее время радикальная операция носит исторический характер ввиду повышенной травматичности

[104–106], а современная ринопластика практически полностью отказалась от нее в пользу более щадящих методик.

Несмотря на развитие концепции ФЭРСХ, наличие труднодоступных отделов ВЧП для визуального контроля и работы инструментами оставляют доступ через переднюю стенку возможной альтернативной техникой, которая применяется во многих стационарах по сей день. Однако во избежание формирования послеоперационных осложнений хирурги стали сокращать костное окно до минимальных размеров. Так, в отечественной литературе устойчиво закрепился термин «микрогайморотомия», для выполнения которой было предложено множество инструментов – троакары Козлова (1994) [107] и Красножона (2006) [108], двухпросветные троакары Мареева (2010) [109] и Albu (2013) [110].

Несмотря на такие преимущества троакарных методик, как отсутствие необходимости формирования сублабиального разреза и возможность выполнения операции в амбулаторных условиях, формирующиеся костные отломки зачастую травмируют окружающие ткани и смещаются в просвет пазухи [111, 112], а размер сформированного отверстия ограничивает манипуляцию инструментами [112]. Именно поэтому многие хирурги предпочитают выполнять данный доступ при помощи бора.

Анатомические вариации выхода ветвей инфраорбитального нерва [113] оставляют достаточно высокий риск формирования невротии в послеоперационном периоде даже с применением малоинвазивных техник. Так, S. Robinson и P.J. Wormald предложили наиболее безопасную точку пункции передней стенки ВЧП, которая является пересечением вертикальной линии, проходящей через зрачок, и горизонтальной, проведенной через дно полости носа [114].

В практике челюстно-лицевых хирургов часто используется доступ через переднелатеральную стенку [115–117]. Техника выполнения схожа с классической «микрогайморотомией», но выполняется на уровне премаляров. Этот доступ считается менее опасным в отношении повреждения инфраорбитального нерва.

Выводы

Столь многогранный подход к хирургии ВЧП обусловлен не только разнообразием патологии данной области, но и затруднением визуализации и маневренности инструментами. Резюмируя вышеописанные техники, можно сказать, что несмотря на устоявшийся «золотой стандарт» ФЭРСХ, существуют ситуации, когда эти факторы требуют применения дополнительных, альтернативных или расширенных методик. Каждая из вышеописанных техник должна применяться, исходя из показаний, оснащения операционной и опыта хирурга.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lund V. The evolution of surgery on the maxillary sinus for chronic rhinosinusitis. *Laryngoscope*. 2002;112(3):415–19. Doi: 10.1097/00005537-200203000-00001.
2. Пискунов Г.З. Клиническая ринология. Под ред. Г.З. Пискунов, С.З. Пискунов. 3-е изд., доп. М., 2017. 346 с. [Piskunov GZ. Clinical rhinology. Ed. GZ Piskunov, SZ Piskunov. 3rd ed., add. M., 2017. 346 p. (In Russ.).]
3. Macbeth R. Caldwell, Luc, and their operation. *Laryngoscope*. 1971;81(10):1652–7. Doi: 10.1288/00005537-197110000-00011.
4. Engel, Rainer. "Development of the Modern Cystoscope: An Illustrated History." *Medscape*, 24 Oct. 2007, http://www.medscape.com/viewarticle/561774?reg=1#vp_3. Accessed 29 May 2023.

5. Крюков А.И., Царапкин Г.Ю., Зайратьянц О.В. и др. Тактика хирургического лечения кист верхнечелюстной пазухи. Вестник оториноларингологии. 2019;84(1):42–5. Doi: 10.17116/otorino2019840142. [Krukov A.I., Tsarapkin G.Yu., Zairat'yants O.V., et al. The strategy of the of surgical treatment of the cysts in the maxillary sinus. Vestn Otorinolaringologii. 2019;84(1):42–5. (In Russ.)].
6. Шамкина П.А., Кривопалов А.А., Рязанцев С.В. Эпидемиология хронических риносинуситов. Соврем. пробл. науки и образования. 2019;3:188. [Shamkina P.A., Krivopalov A.A., Ryazantsev S.V. Epidemiology of chronic rhinosinusitis. Mod. Probl. Sci. Educat. 2019;3:188 (In Russ.)].
7. Jafari A., Panuganti B.A., Crawford K.L., et al. Rate and Factors Associated With Change in Surgeon for Revision Endoscopic Sinus Surgery. Laryngoscope. 2021;131(4):E1049–53. Doi: 10.1002/lary.29012.
8. Philpott C., Sama A. Endonasal Approaches to Maxillary Sinus. Int. J. Head Neck Surg. 2018;9(1):26–31.
9. Ashman A., Psaltis A.J., Wormald P.J., Tan N.C. Extended endoscopic approaches to the maxillary sinus. J. Laryngol. Otol. 2020;134(6):473–80. Doi: 10.1017/S0022215120000882.
10. Brown C.L., Bolger W.E. Safety and feasibility of balloon catheter dilation of paranasal sinus ostia: a preliminary investigation. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 2006;115(4):293–301. Doi: 10.1177/000348940611500407.
11. Jensen B.T., Holbrook E.H., Chen P.G., et al. The intraoperative accuracy of maxillary balloon dilation: a blinded trial. Int. Forum Allergy Rhinol. 2019;9(5):452–7. Doi: 10.1002/alar.22286.
12. Brenner P.S., Abadie W.M., Weitzel E.K., et al. Unexpected consequences of transnasal balloon dilation of the maxillary ostium. Int. Forum Allergy Rhinol. 2011;1(6):466–70. Doi: 10.1002/alar.20085.
13. Lopez E.M., Farzal .Z., Norris M., et al. Radiologic Analysis of Balloon Sinuplasty in a Human Cadaver Model: Observed Effects on Sinonasal Anatomy. Am. J. Rhinol. Allergy. 2021;35(1):107–13. Doi: 10.1177/1945892420939430.
14. Brodner D., Alexander I., Chandler S., et al. Accuracy of transnasal cannulation and dilation of the maxillary ostium in cadavers with intact uncinate. Am. J. Rhinol. Allergy. 2013;27(1):58–61. Doi: 10.2500/ajra.2012.26.3852.
15. Chaaban M.R., Rana N., Baillargeon J., et al. Outcomes and Complications of Balloon and Conventional Functional Endoscopic Sinus Surgery. Am. J. Rhinol. Allergy. 2018;32(5):388–96. Doi: 10.1177/1945892418782248.
16. Chandra R.K., Kern R.C., Cutler J.L., et al. REMODEL larger cohort with long-term outcomes and meta-analysis of standalone balloon dilation studies. Laryngoscope. 2016;126(1):44–50. Doi: 10.1002/lary.25507.
17. Koskinen A., Lundberg M., Lilja M., et al. Long-Term Follow-Up After Maxillary Sinus Balloon Sinuplasty and ESS. Ear. Nose Throat. J. 2023;102(3):181–7. Doi: 10.1177/0145561320986030.
18. Tomazic P.V., Stammberger H., Braun H., et al. Feasibility of balloon sinuplasty in patients with chronic rhinosinusitis: the Graz experience. Rhinology. 2013;51(2):120–7. Doi: 10.4193/Rhino12.194.
19. Cingi C., Bayar Muluk N., Lee J.T. Current indications for balloon sinuplasty. Curr. Opin Otolaryngol. Head Neck Surg. 2019;27(1):7–13. Doi: 10.1097/MOO.0000000000000506.
20. Robey A., O'Brien E.K., Leopold D.A. Assessing current technical limitations in the small-hole endoscopic approach to the maxillary sinus. Am. J. Rhinol. Allergy. 2010;24(5):396–401. Doi: 10.2500/ajra.2010.24.3486.
21. Xu Z., Zhang X., Dou X., et al. Flexible endoscopy in the visualization of 3D-printed maxillary sinus and clinical application. Surg. Endosc. 2022;36:7827–38. Doi: 10.1007/s00464-022-09410-8.
22. Клименко К.Э., Шемякин С.О., Козлов В.С. Клинико-анатомическое обоснование резекции крючковидного отростка при эндоскопических операциях на верхнечелюстной пазухе. Рос. ринология. 2014;22(4):7–12. [Klimenko K.E., Shemiakin S.O., Kozlov V.S. Clinical and anatomic rationale for uncinctomy during endoscopic maxillary sinus surgery. Rus. Rhinol. 2014;22(4):7–12 (In Russ.)].
23. Stammberger H. Endoscopic endonasal surgery--concepts in treatment of recurring rhinosinusitis. Part I. Anatomic and pathophysiologic considerations. Otolaryngol. Head Neck Surg. 1986;94(2):143–7. Doi: 10.1177/019459988609400202.
24. Stammberger H. Endoscopic endonasal surgery – concepts in treatment of recurring rhinosinusitis. Part II. Surgical technique. Otolaryngol. Head Neck Surg. 1986;94(2):147–56. Doi: 10.1177/019459988609400203.
25. Wormald P.J., McDonogh M. The 'swing-door' technique for uncinctomy in endoscopic sinus surgery. J. Laryngol. Otol. 1998;112(6):547–51. Doi: 10.1017/s0022215100141052.
26. Puranik V., El-Sheikha A. Uncinctomy: Stammberger or swing-door technique? Eur. Arch. Otorhinolaryngol. 2007;264(10):1151–5. Doi: 10.1007/s00405-007-0326-9.
27. Awad Z., Bhattacharyya M., Jayaraj S.M. Anatomical margins of uncinctomy in endoscopic sinus surgery. Int. J. Surg. 2013;11(2):188–90. Doi: 10.1016/j.ijss.2013.01.001.
28. Singhania A.A., Bansal C., Chauhan N., Soni S. A comparative study of two different uncinctomy techniques: swing-door and classical. Iran J. Otorhinolaryngol. 2012;24(67):63–7.
29. Yadav S.P.S., Singh K., Gulia J.S., Hooda A. Swing door technique for uncinctomy versus standard technique: a comparative study. Singapore Med. J. 2021;62(2):92–5. Doi: 10.11622/smedj.2019165.
30. Chung S.K., Kim D.W., Na Y. Numerical study on the effect of uncinctomy on airflow modification and ventilation characteristics of the maxillary sinus. Respir. Physiol. Neurobiol. 2016;228:47–60. Doi: 10.1016/j.resp.2016.03.01.
31. Siu J., Dong J., Inthavong K., et al. Quantification of airflow in the sinuses following functional endoscopic sinus surgery. Rhinology. 2020;58(3):257–65. Doi: 10.4193/Rhin19.387.
32. Bizaki A.J., Numminen J., Taulu R., Rautiainen M. A Controlled, Randomized Clinical Study on the Impact of Treatment on Antral Mucociliary Clearance: Uncinctomy Versus Balloon Sinuplasty. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 2016;125(5):408–14. Doi: 10.1177/0003489415618676.
33. Byun J.Y., Lee J.Y. Usefulness of partial uncinctomy in patients with localized maxillary sinus pathology. Am. J. Otolaryngol. 2014;35(5):594–7. Doi: 10.1016/j.amjoto.2014.05.006.
34. Шербаков Д.А., Красножен В.Н., Покровская Е.М. Восстановление крючковидного отростка решетчатой кости биоматериалом «Рекост». Практич. медицина. 2019;17(1):64–6. [Shcherbakov D.A., Krasnozhen V.N., Pokrovskaya E.M. Reconstruction of the uncinate process of the ethmoid bone with the “Rekost” biometrial. Praktich. medicina. 2019;17(1): 64–6. (In Russ.)]. Doi: 10.32000/2072-1757-2019-1-64-6.
35. Kennedy D.W., Adappa N.D. Endoscopic maxillary antrostomy: not just a simple procedure. Laryngoscope. 2011;121(10):2142–5. Doi: 10.1002/lary.22169. [Epub 2011 Jul 27, PMID: 21796640].
36. Baban M.I.A., Mirza B., Castelnovo P. Radiological and endoscopic findings in patients undergoing revision endoscopic sinus surgery. Surg. Radiol. Anat. 2020;42(9):1003–12. Doi: 10.1007/s00276-020-02427-5. [Epub 2020 Feb 6, PMID: 32025784].
37. Socher J.A., Mello J., Baltha B.B. Tomographical Findings in Adult Patients Undergoing Endoscopic Sinus Surgery Revision. Int. Arch. Otorhinolaryngol. 2018;22(1):73–80. Doi: 10.1055/s-0037-1601417. [Epub 2017 Apr 24, PMID: 29371902, PMCID: PMC5783681].
38. Bewick J., Egro F.M., Masterson L., et al. Anatomic findings in revision endoscopic sinus surgery: Case series and review of contributory factors. Allergy Rhinol. (Providence). 2016;7(3):151–7. Doi: 10.2500/ar.2016.7.0173. [PMID: 28107148, PMCID: PMC5244272].
39. Gore M.R., Ebert C.S., Zanation A.M., Senior B.A. Beyond the “central sinus”: radiographic findings in patients undergoing revision functional

- endoscopic sinus surgery. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2013;3(2):139–46. Doi: 10.1002/alr.21079.
40. Musy P.Y., Kountakis S.E. Anatomic findings in patients undergoing revision endoscopic sinus surgery. *Am. J. Otolaryngol.* 2004;25(6):418–22. Doi: 10.1016/j.amjoto.2004.06.002.
 41. Levine C.G., Casiano R.R. Revision Functional Endoscopic Sinus Surgery. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 2017;50(1):143–64. Doi: 10.1016/j.otc.2016.08.012.
 42. Simmen D., Jones N. Chirurgie der Nasennebenhöhlen und der vorderen Schädelbasis 1. Englische Auflage 2005, Thieme G., Verlag K.G., Stuttgart, New York, 2005; Seiten 57–66 (In Ger.).
 43. Abouali O., Keshavarzian E., Farhadi Ghalati P., et al. Micro and nanoparticle deposition in human nasal passage pre and post virtual maxillary sinus endoscopic surgery. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2012;181(3):335–45. Doi: 10.1016/j.resp.2012.03.002.
 44. Lundberg J.O., Rinder J., Weitzberg E., et al. Nasally exhaled nitric oxide in humans originates mainly in the paranasal sinuses. *Acta Physiol. Scand.* 1994;152(4):431–2. Doi: 10.1111/j.1748-1716.1994.tb09826.x.
 45. Kirihe R.K., Rees G., Wormald P.J. The influence of the size of the maxillary sinus ostium on the nasal and sinus nitric oxide levels. *Am. J. Rhinol.* 2002;16(5):261–4.
 46. Qian W., Chatkin J.M., Djupesland P.G., et al. Unilateral nasal nitric oxide measurement after nasal surgery. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 2000;109(10 Pt. 1):952–7. Doi: 10.1177/000348940010901009.
 47. Oh C.K., Miman M.C., Duncavage J.A. Current value of nasal nitric oxide measurement in rhinology. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004;12(1):30–3. Doi: 10.1097/00020840-200402000-00009.
 48. Phillips P.S., Sacks R., Marcellis G.N., et al. Nasal nitric oxide and sinonasal disease: a systematic review of published evidence. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2011;144(2):159–69. Doi: 10.1177/0194599810392667.
 49. Zang H., Liu Y., Han D., et al. Airflow and temperature distribution inside the maxillary sinus: a computational fluid dynamics simulation. *Acta Otolaryngol.* 2012;132(6):637–44. Doi: 10.3109/00016489.2011.651228.
 50. Kidwai S.M., Parasher A.K., Agbetoba A., et al. The impact of nasal airflow on sinus mucosa: A radiographic review. *Am. J. Otolaryngol.* 2018;39(5):507–10. Doi: 10.1016/j.amjoto.2018.05.013.
 51. Albu S., Tomescu E. Small and large middle meatus anastomies in the treatment of chronic maxillary sinusitis. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004;131(4):542–7. Doi: 10.1016/j.otohns.2004.02.045.
 52. Kim A.S., Willis A.L., Laubitz D., et al. The effect of maxillary sinus anastomosis size on the sinus microbiome. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2019;9(1):30–8. Doi: 10.1002/alr.22224.
 53. Choi K.J., Jang D.W., Ellison M.D., Frank-Ito D.O. Characterizing airflow profile in the postoperative maxillary sinus by using computational fluid dynamics modeling: A pilot study. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2016;30(1):29–36. Doi: 10.2500/ajra.2016.30.4266.
 54. Cho D.Y., Hwang P.H. Results of endoscopic maxillary mega-anastomosis in recalcitrant maxillary sinusitis. *Am. J. Rhinol.* 2008;22(6):658–62. Doi: 10.2500/ajr.2008.22.3248.
 55. Coleman J.R., Duncavage J.A. Extended middle meatal anastomosis: the treatment of circular flow. *Laryngoscope.* 1996;106(10):1214–7. Doi: 10.1097/00005537-199610000-00007.
 56. Wang E.W., Gullung J.L., Schlosser R.J. Modified endoscopic medial maxillectomy for recalcitrant chronic maxillary sinusitis. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2011;1(6):493–7. Doi: 10.1002/alr.20070.
 57. Costa M.L., Psaltis A.J., Nayak J.V., Hwang P.H. Long-term outcomes of endoscopic maxillary mega-anastomosis for refractory chronic maxillary sinusitis. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2015;5(1):60–5. Doi: 10.1002/alr.21407.
 58. Wong E., Sansoni E.R., Do T.Q., et al. Cadaveric Assessment of the Efficacy of Sinus Irrigation After Staged Clearance of the Medial Maxillary Wall. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2020;34(2):290–6. Doi: 10.1177/1945892419895172.
 59. Wofford M.R., Kimbell J.S., Frank-Ito D.O., et al. A computational study of functional endoscopic sinus surgery and maxillary sinus drug delivery [published correction appears in *Rhinology.* 2015;53(4):316. [published correction appears in *Rhinology.* 2016 Mar;54(1):19]. *Rhinology.* 2015;53(1):41–8. Doi: 10.4193/Rhino13.065.
 60. Waitz G., Wigand M.E. Results of endoscopic sinus surgery for the treatment of inverted papillomas. *Laryngoscope.* 1992;102(8):917–22. Doi: 10.1288/00005537-199208000-00012. [PMID: 1495356].
 61. Cunningham K., Welch K.C. Endoscopic medial maxillectomy. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head Neck Surg.* 2010;21:111–6.
 62. Konstantinidis I., Constantinidis J. Medial maxillectomy in recalcitrant sinusitis: when, why and how? *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2014;22(1):68–74. Doi: 10.1097/MOO.0000000000000009.
 63. Verillaud B., Bresson D., Sauvaget E., et al. Exposure techniques in endoscopic skull base surgery: Posterior septectomy, medial maxillectomy, transmaxillary and transpterygoid approach. *Eur Ann Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.* 2012;129:284–8.
 64. Weber R.K., Werner J.A., Hildenbrand T. Endonasal endoscopic medial maxillectomy with preservation of the inferior turbinate. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2010;24(6):132–5. Doi: 10.2500/ajra.2010.24.3531. [PMID: 21144217].
 65. Nakayama T., Asaka D., Okushi T., et al. Endoscopic medial maxillectomy with preservation of inferior turbinate and nasolacrimal duct. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2012;26(5):405–8. Doi: 10.2500/ajra.2012.26.3791.
 66. Nakamaru Y., Furuta Y., Takagi D., et al. Preservation of the nasolacrimal duct during endoscopic medial maxillectomy for sinonasal inverted papilloma. *Rhinology.* 2010;48:452–6.
 67. Gras-Cabrero J.R., Massegur-Solench H., Pujol-Olmo A., et al. Endoscopic medial maxillectomy with preservation of inferior turbinate: how do we do it? *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2011;268(3):389–92. Doi: 10.1007/s00405-010-1347-3. [Epub 2010 Jul 27, PMID: 20661581].
 68. Woodworth B.A., Parker R.O., Schlosser R.J. Modified endoscopic medial maxillectomy for chronic maxillary sinusitis. *Am. J. Rhinol.* 2006;20(3):317–9. Doi: 10.2500/ajr.2006.20.2850. [PMID: 16871936].
 69. Maxfield A.Z., Chen T.T., Scopel T.F., et al. Transnasal endoscopic medial maxillary sinus wall transposition with preservation of structures. *Laryngoscope.* 2016;126(7):1504–9. Doi: 10.1002/lary.25832. [Epub 2015 Dec 21, PMID: 26692367].
 70. Tepedino M.S., Ferrão A.C.M., Higa H.C.M., et al. Reversible Endoscopic Medial Maxillectomy: Endonasal Approach to Diseases of the Maxillary Sinus. *Int. Arch. Otorhinolaryngol.* 2020;24(2):e247–52. Doi: 10.1055/s-0040-1701267. [Epub 2020 Feb 27, PMID: 32296472, PMCID: PMC7153922].
 71. Harvey R.J., Sheehan P.O., Debnath N.I., Schlosser R.J. Transseptal approach for extended endoscopic resections of the maxilla and infratemporal fossa. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2009;23(4):426–32. Doi: 10.2500/ajra.2009.23.3333.
 72. Loftus C.A., Yoo F., Desiato V.M., et al. Treatment of Recalcitrant Maxillary Sinusitis With Endoscopic Modified Medial Maxillectomy: A Systematic Review of Safety and Efficacy. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2020;34(1):127–33. Doi: 10.1177/1945892419876394.
 73. Wong E.H., Cavada M.N., Orgain C.A., et al. The Modified Medial Maxillectomy as a Radical or Extended, yet Still Functional, Technique in Sinus Surgery. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2023;37(4):476–84. Doi: 10.1177/19458924231168219.
 74. Chung S.Y., Halderman A.A. Tips and tricks for management of the dysfunctional maxillary sinus. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2023;31(1):24–32. Doi: 10.1097/MOO.0000000000000860. [Epub 2022 Dec 9, PMID: 36484283].
 75. Eloy J.A., Marchiano E., Vázquez A. Extended Endoscopic and Open Sinus Surgery for Refractory Chronic Rhinosinusitis. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 2017;50(1):165–82. Doi: 10.1016/j.otc.2016.08.013. [PMID: 27888912].
 76. Suzuki M., Nakamura Y., Nakayama M., et al. Modified transnasal endoscopic medial maxillectomy with medial shift of preserved inferior

- turbinate and nasolacrimal duct. *Laryngoscope*. 2011;121(11):2399–401. Doi: 10.1002/lary.22326.
77. Zhou B., Han D.M., Cui S.J., et al. Intranasal endoscopic prelacrima recess approach to maxillary sinus. *Chin. Med. J. (Engl)*. 2013;126:1276–80.
 78. Zhou B., Han D.M., Cui S.J., et al. [Endoscopic nasal lateral wall dissection approach to maxillary sinus]. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2007;42(10):743–8. Chinese. [PMID: 18229584].
 79. Morrissey D.K., Wormald P.J., Psaltis A.J. Prelacrima approach to the maxillary sinus. *Int. Forum Allergy Rhinol*. 2016;6(2):214–8. Doi: 10.1002/alr.21640.
 80. Kim J.Y., Kim S.H., Jang P., et al. Inverted Papilloma of the Maxillary Sinus: A Recurrence Analysis According to Surgical Approaches. *J. Clin. Med*. 2022;11(11):3020. Published 2022 May 27. Doi: 10.3390/jcm11113020.
 81. Kim D.H., Kim S.W., Son S.A., et al. Effectiveness of the Endoscopic Prelacrima Recess Approach for Maxillary Sinus Inverted Papilloma Removal: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am. J. Rhinol. Allergy*. 2022;36(3):378–85. Doi: 10.1177/19458924211056757.
 82. Mohankumar V., Kannan D.S., Narendrakumar V., et al. A Comparative Study between Endoscopic Prelacrima Approach and Middle Meatal Antrostomy for Maxillary Sinus Pathologies. *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2022;74(1):90–5. Doi: 10.1007/s12070-021-02703-9.
 83. Gao L., Zhou L., Dai Z., Huang X. The Endoscopic Prelacrima Recess Approach to the Pterygopalatine Fossa and Infratemporal Fossa. *J. Craniofac. Surg*. 2017;28(6):1589–93. Doi: 10.1097/SCS.00000000000003419.
 84. Zhou B., Huang Q., Shen P.H., et al. The intranasal endoscopic removal of schwannoma of the pterygopalatine and infratemporal fossae via the prelacrima recess approach. *J. Neurosurg*. 2016;124(4):1068–73. Doi: 10.3171/2015.3.JNS132702.
 85. Simmen D., Veerasigamani N., Briner H.R., et al. Anterior maxillary wall and lacrimal duct relationship - CT analysis for prelacrima access to the maxillary sinus. *Rhinology*. 2017;55(2):170–4. Doi: 10.4193/Rhino16.318. [PMID: 28235979].
 86. Tomoum M.O., Askar M.H., Hamad A.H., et al. Third window approach assisted middle meatal antrostomy: prospective cohort study of the two ports technique in management of hard to reach maxillary sinus pathology. *J. Laryngol Otol*. 2020;134(7):636–41. Doi: 10.1017/S0022215120001401.
 87. Tran L.V., Psaltis A., Le L.T., Siow J.K. A prelacrima approach technique to overcome the limitation of the narrow lacrimal recess. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol*. 2021;278(6):1885–9. Doi: 10.1007/s00405-020-06472-z.
 88. Arosio A.D., Valentini M., Canevari F.R., et al. Endoscopic Endonasal Prelacrima Approach: Radiological Considerations, Morbidity, and Outcomes. *Laryngoscope*. 2021;131(8):1715–21. Doi: 10.1002/lary.29330.
 89. Soyak R., Açar G., Çiçekcibaş A.E., et al. Assessment of the prelacrima recess in different maxillary sinus pneumatizations in relation to endoscopic prelacrima recess approaches: a computed tomography study. *Surg. Radiol. Anat*. 2023;45(8):963–72. Doi: 10.1007/s00276-023-03181-0. [Epub 2023 Jun 12. Erratum in: *Surg Radiol Anat*. 2023 Jul 3. PMID: 37306725].
 90. Landsberg R., Warman M., Margulis A., Masalha M. The Rationale for Endoscopic Inferior Meatal Antrostomy. *ORL. J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec*. 2019;81(1):41–7. Doi: 10.1159/000496087.
 91. Карпищенко С.А., Баранская С.В. Малоинвазивный доступ к верхнечелюстной пазухе. *Практич. медицина*. 2015;2–2(87):19–22. [Karpishchenko S.A., Baranskaya S.V. Minimally invasive access to the maxillary sinus. *Pract. Med*. 2015;2–2(87):19–22 (In Russ.)].
 92. Баранская С.В., Долгов О.И. Вариант доступа к верхнечелюстной пазухе. *Рос. оториноларингология*. 2014;1(68):8–11. [Baranskaya S.V., Dolgov O.I. Option for access to the maxillary sinus. *Rus. Otorhinolaryngol*. 2014;1(68):8–11 (In Russ.)].
 93. Jung Y.G., Park G.C. Inferior Turbinate Swing Technique: A Novel Surgical Route to Approach Maxillary Sinus Area Pathology. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2018;159(4):796–8. Doi: 10.1177/0194599818785143. [Epub 2018 Jun 26, PMID: 29944454].
 94. Ochi K., Sugiura N., Komatsuzaki Y., et al. Patency of inferior meatal antrostomy. *Auris Nasus Larynx*. 2003;30(Suppl.):S57–60. Doi: 10.1016/s0385-8146(02)00146-3.
 95. Карпищенко С.А., Щербakov Д.А., Баранская С.В. и др. Изменение аэродинамики полости носа и верхнечелюстной пазухи после антростомии в среднем и нижнем носовых ходах. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2018;24(3):58–63. [Karpishchenko S.A., Shcherbakov D.A., Baranskaya S.V., et al. Changes in the aerodynamics of the nasal cavity and maxillary sinus after antrostomy in the middle and lower nasal passages. *Folia Otorhinolaryngol. Pathol. Respir*. 2018;24(3):58–63 (In Russ.)].
 96. Дайхес Н.А., Авербух В.М., Джафарова М.З., Бебчук Г.Б. Патент №2644697 С2 Российская Федерация, МПК А61В 17/00. Способ хирургического лечения одонтогенных верхнечелюстных синуситов эндоскопическим инфратурбинальным доступом с пластическим закрытием антростомы: №2016126442: заявл. 01.07.2016: опубл. 13.02.2018; заявитель ФГБУ «Научно-клинический центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ НКЦО ФМБА России). [Daikhes N.A., Averbukh V.M., Dzharafarova M.Z., Bebkuch G.B. Patent No. 2644697 C2 Russian Federation, MPC A61B 17/00. Method of surgical treatment of odontogenic maxillary sinusitis via endoscopic infratubal access with plastic closure of antrostoma: No. 2016126442: app. July 01, 2016: published on February 13, 2018; applicant: FSBI Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency (FSBI SCCO FMBA of Russia) (In Russ.)].
 97. Карпищенко С.А., Баранская С.В. Патент №2714260 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00. Способ формирования лоскута слизистой оболочки при хирургическом доступе к верхнечелюстной пазухе через нижний носовой ход: №2019109813: заявл. 02.04.2019: опубл. 14.02.2020. [Karpishchenko S.A., Baranskaya S.V. Patent No. 2714260 C1 Russian Federation, MPC A61B 17/00. Method of mucosa flap formation during surgical access to the maxillary sinus through the inferior nasal concha: No. 2019109813: app. April 02, 2019: publ. February 14, 2020. (In Russ.)].
 98. Moeller C.W., Stankiewicz J.A. Endoscopic inferior meatal antrostomy. *Operative Techniques in Otolaryngology-head and Neck Surgery*. 2010;21:156–9.
 99. Ding L., Na-Guo., Lou Z. Extended middle meatal antrostomy via antidromic extended medial wall for the treatment of fungal maxillary sinusitis. *BMC. Surg*. 2022;22(1):287. Doi: 10.1186/s12893-022-01739-0.
 100. Choi Y., Kim B.H., Kang S.H., Yu M.S. Feasibility of Minimal Inferior Meatal Antrostomy and Fiber-Optic Sinus Exam for Fungal Sinusitis. *Am. J. Rhinol. Allergy*. 2019;33(6):634–9. Doi: 10.1177/1945892419857018.
 101. Al-Balas H.I., Farneti P., Bellusci A., et al. A comparison of two endoscopic techniques for the treatment of antrochoanal polyps. *Acta Otorhinolaryngol. Ital*. 2020;40(4):290–6. Doi: 10.14639/0392-100X-N0259.
 102. Gendeh B.S., Long Y.-T., Misiran K. Antrochoanal Polyps: Clinical Presentation and the Role of Powered Endoscopic Polypectomy. *Asian J. Surg*. 2004;27(1):22–5. Doi: 10.1016/s1015-9584(09)60239-6.
 103. Macbeth R. Caldwell-Luc operation 1952-1966. *Arch. Otolaryngol*. 1968;87(6):630–6. Doi: 10.1001/archotol.1968.00760060632016.
 104. Unlü H.H., Caylan R., Nalça Y., Akyar S. An endoscopic and tomographic evaluation of patients with sinusitis after endoscopic sinus surgery and Caldwell-Luc operation: a comparative study. *J. Otolaryngol*. 1994;23(3):197–203.
 105. Покровская Е.М. Варианты хирургических доступов при патологии верхнечелюстной пазухи. *Практич. медицина*. 2018;5:53–8 [Pokrovskaya E.M. Options for surgical approaches for pathology of the maxillary sinus. *Pract. Med*. 2018;5:53–8 (In Russ.)].

106. Ferekidis E., Tzounakos P., Kandiloros D., et al. Modifications of the Caldwell-Luc procedure for the prevention of post-operative sensitivity disorders. *J. Laryngol. Otol.* 1996;110(3):228–31. Doi: 10.1017/s0022215100133274.
107. Kozlov V. New tool for operating maxillary sinus. *Abs. Book of XV Congr. Eur. Rhinolog. Soc. Copenhagen.* 1994. 274 p.
108. Красножен В.Н., Хитров В.Ю., Бродовский М.Б. и др. Патент №2284774 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/34. троакар: №2005112820/14; заявл. 27.04.2005; опубл. 10.10.2006. [Krasnozhen V.N., Khitrov V.Yu., Brodovsky M.B. et al. Patent No. 2284774 С1 Russian Federation, МПК А61В 17/34. trocar: No. 2005112820/14: app. April 27, 2005; published on October 10, 2006. (In Russ.)]
109. Мареев О.В., Николенко В.Н., Лепилин А.В. и др. Патент на полезную модель №94446 U1 Российская Федерация, МПК А61В 17/94. Троакар для эндоскопических операций на верхнечелюстной пазухе: №2010102512/22; заявл. 26.01.2010; опубл. 27.05.2010. [Mareev O.V., Nikolenko V.N., Lepilin A.V. et al. Patent for the utility model No. 94446 U1 Russian Federation, МПК А61В 17/94. Trocar for endoscopic operations on the maxillary sinus: No. 2010102512/22: app. January 26, 2010; publ. May 27, 2010 (In Russ.)]
110. Albu S. The 'double-barrel' approach to the removal of dental implants from the maxillary sinus. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2013;42(12):1529–32. Doi: 10.1016/j.ijom.2013.04.013.
111. Волков А.Г., Боджоков А.Р. В каких случаях микрогайморотомия является щадящим вмешательством на верхнечелюстной пазухе? *Рос. ринология.* 2015;23(1):43–51. [Volkov A.G., Bodzhokov A.R. In what cases is maxillary microsinusotomy an organ-sparing intervention? *Rus. Rhinol.* 2015;23(1):43–51 (In Russ.)]. Doi: 10.17116/rostrino201523143-48.
112. Ашмарин М.П. Щадящий вариант вскрытия верхнечелюстной пазухи. *Рос. ринология.* 1999;2:38–9. [Ashmarin M.P. A gentle option for opening the maxillary sinus. *Rus. Rhinol.* 1999;2:38–9 (In Russ.)].
113. Robinson S.R., Baird R., Le T., Wormald P.J. The incidence of complications after canine fossa puncture performed during endoscopic sinus surgery. *Am. J. Rhinol.* 2005;19(2):203–6.
114. Robinson S., Wormald P.J. Patterns of innervation of the anterior maxilla: a cadaver study with relevance to canine fossa puncture of the maxillary sinus. *Laryngoscope.* 2005;115(10):1785–8. Doi: 10.1097/01.mlg.0000176544.72657.a6.
115. Costa F., Emanuelli E., Franz L., et al. Fungus ball of the maxillary sinus: Retrospective study of 48 patients and review of the literature. *Am. J. Otolaryngol.* 2019;40(5):700–4. Doi: 10.1016/j.amjoto.2019.06.006.
116. Brescia G., Fusetti S., Apolloni F., et al. Displaced Dental Materials in the Maxillary Sinus: An Original Series. Analysis and Definition of a Surgical Decision-Making Process. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 2019;128(3):177–83. Doi: 10.1177/0003489418812898.
117. Уснунц А.Р., Сысолятин С.П., Дворникова Т.А., Лебедева А.А. Выбор оптимального доступа при удалении одонтогенных кист верхнечелюстной пазухи. *Рос. ринология.* 2023;31(1):22–6. [Usnunts A.R., Sysolyatin S.P., Dvornikova T.A., Lebedeva A.A. Selection of the optimal approach for the excision of the odontogenic cyst of the maxillary

sinus. Rus. Rhinol. 2023;31(1):22–6 (In Russ.)]. Doi: 10.17116/rostrino20233101122.

Поступила 25.11.2023

Получены положительные рецензии 17.02.25

Принята в печать 24.02.25

Received 225.11.2023

Positive reviews received 17.02.25

Accepted 24.02.25

Вклад авторов. А.А. Лебедева, К.Э. Клименко — написание текста. К.Э. Клименко, Ю.Ю. Русецкий, С.Е. Кудряшов — редактирование текста.
Contribution of the authors. A.A. Lebedeva, K.E. Klimenko — writing the text. K.E. Klimenko, Yu.Yu. Rusetsky, S.E. Kudryashov — editorial revision.

Информация об авторах:

Лебедева Анастасия Александровна — аспирант кафедры оториноларингологии ФГБУ ДПО Центральная государственная медицинская академия УДП РФ. Адрес: Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15; e-mail: lor_anastasia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2379-8310>.

Клименко Ксения Эльдаровна — д.м.н., профессор кафедры оториноларингологии ФГБУ ДПО Центральная государственная медицинская академия УДП РФ. Адрес: Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15; e-mail: lor-doctor@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9599-1676>.

Русецкий Юрий Юрьевич — д.м.н., заведующий кафедрой оториноларингологии ФГБУ ДПО Центральная государственная медицинская академия УДП РФ. Адрес: Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15; e-mail: rusetski@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5574-8292>.

Кудряшов Степан Евгеньевич — к.м.н., доцент кафедры оториноларингологии ФГБУ ДПО Центральная государственная медицинская академия УДП РФ. Адрес: Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15; e-mail: kudryashov.ent@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4102-0935>.

Information about the authors:

Anastasia Aleksandrovna Lebedeva - Postgraduate Student of the Department of Otorhinolaryngology, FSBI APE Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation. Address: 15 Marshala Timoshenko st., Moscow, Russia; e-mail: lor_anastasia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2379-8310>.
Ksenia Eldarovna Klimenko — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Otorhinolaryngology, FSBI APE Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation. Address: 15 Marshala Timoshenko st., Moscow, Russia; e-mail: lor-doctor@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9599-1676>.

Yuri Yurievich Rusetsky — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Otorhinolaryngology, FSBI APE Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation. Address: 15 Marshala Timoshenko st., Moscow, Russia; e-mail: rusetski@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5574-8292>.

Stepan Evgenyevich Kudryashov — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, FSBI APE Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation. Address: 15 Marshala Timoshenko st., Moscow, Russia; e-mail: kudryashov.ent@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4102-0935>.