

ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГИЯ / OTORHINOLARYNGOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО МУКОЦИЛИАРНОГО КЛИРЕНСА У БОЛЬНЫХ ВАЗОМОТОРНЫМ И АЛЛЕРГИЧЕСКИМ РИНИТОМ С СОПУСТВУЮЩИМ ИСКРИВЛЕНИЕМ НОСОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Научная статья

Мареев Г.О.¹, Мареев О.В.², Бондаренко А.А.^{3,*}

³ORCID : 0009-0000-1039-9121;

^{1,2,3} Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, Саратов, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ent.bondarenko[at]gmail.com)

Аннотация

Цель: исследование изменений значений локального мукоцилиарного клиренса (МЦК) среднего носового хода у больных вазомоторным (ВР) и аллергическим ринитом (АР) с сопутствующим искривлением носовой перегородки.

Материалы и методы: В исследовании локального МЦК использован оригинальный метод современной высокоскоростной цифровой видеозаписи микроскопической картины препарата с последующей ее математической обработкой. В исследование вошли группа ринологически здоровых лиц (60 человек) и 2 группы больных: вазомоторным ринитом (20 человек), аллергическим ринитом (20 человек) с сопутствующим искривлением носовой перегородки.

Результаты: Получены нормативные значения локального МЦК (частота биения ресничек цилиарных клеток среднего носового хода) у ринологически здоровых лиц ($11,76 \pm 3,01$ Гц). В исследуемых группах больных хроническими ринитами с сопутствующим искривлением носовой перегородки отмечается значительное снижение показателей локального МЦК в сравнении с полученными нормативными значениями являясь статистически значимыми. Для больных ВР средние значения МЦК среднего носового хода составляют $5,21 \pm 1,41$ Гц; у больных АР $5,24 \pm 1,29$ Гц. При этом статистически значимых отличий между группами больных хроническим ринитом по этому параметру не выявлено. Также выявлено относительно большое количество замерших клеток по сравнению с активными клетками цилиарного эпителия при видеомикроскопии в различных полях зрения (в группе больных ВР – 62,35% и в группе больных АР – 53,13%).

Ключевые слова: оториноларингология, мукоцилиарный клиренс, цилиарный эпителий, вазомоторный ринит, аллергический ринит.

STUDY OF LOCAL MUCOCILIARY CLEARANCE IN PATIENTS WITH VASOMOTOR AND ALLERGIC RHINITIS WITH CONCOMITANT NASAL SEPTAL DEVIATION

Research article

Mareev G.O.¹, Mareev O.V.², Bondarenko A.A.^{3,*}

³ORCID : 0009-0000-1039-9121;

^{1,2,3} Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation

* Corresponding author (ent.bondarenko[at]gmail.com)

Abstract

Objective: to study changes in the values of local mucociliary clearance (LMC) of the middle nasal passage in patients with vasomotor rhinitis (VR) and allergic rhinitis (AR) with concomitant deviated nasal septum.

Materials and methods: An original technique of modern high-speed digital video recording of the microscopic picture of the drug with its subsequent mathematical processing was used in the study of local LMC. The study included a group of rhinologically healthy individuals (60 people) and 2 groups of patients: vasomotor rhinitis (20 people), allergic rhinitis (20 people) with concomitant deviated nasal septum.

Results: The normative values of local LMC (frequency of beating of cilia of ciliary cells of middle nasal passage) in rhinologically healthy individuals (11.76 ± 3.01 Hz) were obtained. In the studied groups of patients with chronic rhinitis with concomitant deviation of the nasal septum, a significant decrease in the local LMC values compared to the obtained normative values is statistically significant. For VR patients, the average values of middle nasal passage LMC are 5.21 ± 1.41 Hz; in AR patients, 5.24 ± 1.29 Hz. At the same time, no statistically significant differences between the groups of chronic rhinitis patients in this parameter were found. A relatively large number of dead cells compared to active cells of the ciliary epithelium at videomicroscopy in different fields of view was also detected (62.35% in the group of VR patients and 53.13% in the group of AR patients).

Keywords: otorhinolaryngology, mucociliary clearance, ciliary epithelium, vasomotor rhinitis, allergic rhinitis.

Введение

Мукоцилиарный клиренс (МЦК) – это важнейший механизм, осуществляющий санацию слизистой оболочки органов дыхания от факторов внешней среды, а также инфекционных заболеваний. Защитная функция носа и околоносовых пазух принадлежит слизистой оболочке, которая покрыта псевдомногослойным эпителием, состоящим из мерцательных, бокаловидных, а также коротких и длинных вставочных клеток, которые покрывают слизистую оболочку и обусловлена однонаправленными колебательными движениями ресничек мерцательного эпителия. МЦК

повреждается при различных процессах, как острых, так и хронических, при этом способствует застою назального секрета, снижению элиминационных способностей изменению резистентности слизистой оболочки к вирусным и бактериальным инфекциям [1]. Доказано, что на МЦК также воздействуют различные лекарственные препараты (например, интраназальные деконгестанты увеличивают время мукоцилиарного транспорта в несколько раз [2]), а ирригационная терапия растворами солевых препаратов улучшает параметры МЦК [3].

Из данных литературы [4], известно, что хронические риниты оказывают непосредственное влияние на показатели МЦК слизистой оболочки полости носа и околоносовых пазух.

Вазомоторный ринит (ВР) – это хроническое заболевание полости носа, которое характеризуется нарушенной регуляцией сосудистого тонуса слизистой оболочки носа. Вазомоторный ринит, также известный как неаллергический ринит, является одним из наиболее распространенных расстройств верхних дыхательных путей. Он характеризуется повышенной чувствительностью слизистой оболочки носа к различным внешним раздражителям, таким как пыль, дым, пары раздражающих веществ и изменения температуры [5].

Аллергический ринит (АР) – хроническое заболевание, характеризующееся IgE-опосредованным воспалением слизистой оболочки полости носа после контакта с аллергеном [6]. По самым скромным подсчетам заболеваемость в России составляет 3,2-12,8%, а вазомоторным ринитом от 10 до 20% [5], [6]. По мнению многих авторов, проблема заболеваемости данными патологиями неуклонно растет, являясь насущной проблемой оториноларингологии.

Несмотря на то, что существует ряд исследований МЦК при указанных заболеваниях, предметом интереса в настоящее время остается исследование локального МЦК [9], [10], так как именно активность цилиарного эпителия в ключевых зонах имеет наибольшее значение для формирования направленного потока слизи по околоносовым пазухам и полости носа. Учитывая широкий спектр ринологических заболеваний, а также сравнительную малоизученность и малоосвещенность в современной литературе вопроса патологии локального МЦК, использование современных методик исследования МЦК у больных с различными вариантами ринита остается актуальным вопросом оториноларингологии.

Цель: исследование изменений значений локального МЦК среднего носового хода у больных вазомоторным и аллергическим ринитом с сопутствующим искривлением носовой перегородки.

Методы и принципы исследования

В нашем исследовании использован оригинальный метод оценки МЦК, с использованием современной высокоскоростной цифровой видеозаписи, микроскопической картины препарата с последующей ее математической обработкой. Полученный в ходе обработки цифрового видеосигнала результат спектрального анализа – первая гармоника F, частота которой выражена в Гц и является характеристикой частоты биения ресничек (МЦК) для той области полости носа, из которой взята браш-биопсия [7], [8], [9], [10]. Также нами проводилась микроскопия каждого препарата в 20 полях зрения и велся подсчет активных и замерших цилиарных клеток. Для исследования локальной функции МЦК под контролем эндоскопа выполнялась браш-биопсия из области среднего носового хода. Использовались прямые и изогнутые щетки (кисточки) Storz, а также Olympus, «Биолайн» и др. Подобные методы исследования локального МЦК описаны в современной литературе [7], [8], [9], [10], [11].

Работа проводилась на базе клиники оториноларингологии им. Н.П. Симановского УКБ №1 им. С.Р. Миротворцева ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». Получено разрешение этической комиссии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», протокол №8 от 07.03.2023. Пациентам предоставлялось информированное согласие об участии в исследовании которое подписывалось участником.

В исследовании нормативных значений МЦК участвовали 60 клинически здоровых лиц с отсутствием патологии полости носа и околоносовых пазух. Всем обследованным проводилось КТ-исследование на современных компьютерных томографах высокого разрешения, подтверждающее отсутствие патологии полости носа и околоносовых пазух. За 2 часа до исследования исключался прием вазоактивных препаратов и курение, после чего производился забор материала (браш-биопсия) из области среднего носового хода под контролем эндоскопа, ч последующим исследованием МЦК описанными методиками.

В обследовании принимали участие лица с АР и ВР. В **группу 1** были включены 20 больных ВР и сопутствующим искривлением перегородки носа, в **группу 2** вошли 20 больных АР и сопутствующим искривлением носовой перегородки. В группы исследования включались больные от 18 до 50 лет. Всем больным диагноз был установлен на основании данных стандартной риноскопии, видеоэндоскопического осмотра полости носа и данных конусно-лучевого КТ-исследования высокого разрешения. Каждому больному проведен осмотр аллерголога с проведением аллергопроб. Анамнез заболевания – от 1 до 5 лет.

Критерии включения: наличие сопутствующего искривления перегородки носа; наличие АР или ВР; наличие результатов аллергопроб и заключения аллерголога; отсутствие острой ЛОР-патологии на момент исследования; отсутствие заболеваний околоносовых пазух и назального полипоза по данным КТ. Критерии исключения – отсутствие подтверждения диагноза искривления перегородки носа; отсутствие результатов аллергопроб и консультации аллерголога; наличие назального полипоза или заболеваний околоносовых пазух по данным КТ; наличие острой ЛОР-патологии в момент исследования.

Результаты обрабатывались статистически с использованием пакетов программного обеспечения Microsoft Excel. Для статистического анализа использовались средние величины $M (\pm \sigma)$, среднее квадратичное отклонение). Для анализа достоверности различий между выборками нами использовался односторонний критерий Стьюдента (t-тест). Статистические расчеты проводились при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Основные результаты

Средние результаты значения локального МЦК среднего носового хода, полученные нами в ходе исследования для всех групп представлены в таблице 1. В ходе исследования в контрольной группе получено нормативное значение показателя частоты биения ресничек среднего носового хода, которое составило $11,76 \pm 3,01$ Гц. При этом мы можем отметить приблизительно равные показатели среднего значения выборки и моды, что свидетельствует о нормальном распределении данных, при сравнительно высоких значениях среднего отклонения и дисперсии выборки, свидетельствующих о достаточно высокой вариабельности частоты биения ресничек цилиарного эпителия в норме.

Для групп с патологическими изменениями отмечается значительное снижение исследуемых нами параметров МЦК. Так, в **группе 1** (больные ВР с сопутствующим искривлением перегородки носа) среднее значение частоты биения ресничек среднего носового хода составило $5,21 \pm 1,41$ Гц, а в **группе 2** (больные аллергическим ринитом с сопутствующим искривлением перегородки носа) этот показатель составил $5,24 \pm 1,29$ Гц соответственно. Таким образом, можно отметить значительное снижение частоты биения ресничек в сравнении с нормативными значениями (данные приведены в таблице 1 и рис 1). При сравнении полученных данных контрольной группы с данными **группы 1** выявленная разница значений является статистически значимой ($t_{\text{набл}} = 9,35$, $p = 1,09$ при числе степеней свободы $f = 78$, $t_{\text{табл}} = 1,66$ при уровне значимости $p < 0,05$). Аналогичная ситуация наблюдается и при сравнении данных контрольной группы с данными **группы 2** ($t_{\text{набл}} = 9,36$, $p = 1,07$ при числе степеней свободы $f = 78$, $t_{\text{табл}} = 1,66$ при уровне значимости $p < 0,05$).

Однако статистически значимая разница в показателях частоты биения ресничек среднего носового хода между группами больных ВР и АР отсутствует. При сравнении данных этих групп нами получены следующие результаты: $t_{\text{набл}} = -0,097$, $p = 0,46$ при числе степеней свободы $f = 38$, $t_{\text{табл}} = 1,68$ при уровне значимости $p < 0,05$.

Также мы определяли количество активных и замерших (неактивных) клеток в данных препаратах в 20 полях зрения (таблица 2 и рис 2). Для **группы 1** среднее количество активных клеток в 20 полях зрения составило $61,9 \pm 15,3$, замерших – $38,6 \pm 14,4$ (соотношение замерших/активных 62,35%). В **группе 2** при подсчете числа клеток нами зарегистрировано в среднем активных – $62,3 \pm 21,2$ и замерших – $33,1 \pm 19,1$ (соотношения замерших/активных 53,13%). Различия в группах больных с хроническими ринитами по этому параметру статистически незначимы.

Таблица 1 - Среднее значение локального МЦК (частота биения ресничек) и статистические параметры выборки для трех групп исследования.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.1>

| Параметр выборки | Контрольная группа | Группа1 ВР | Группа2 АР |
|---|--------------------|---------------|---------------|
| Количество измерений | 60 | 20 | 20 |
| Среднее значение локального МЦК (частота биения ресничек), Гц | 11,76 | 5,21 | 5,24 |
| Медиана | 12,18 | 5,03 | 4,89 |
| Мода | 8,59 | 4 | 4 |
| Среднее квадратичное отклонение | 3,01 | 1,41 | 1,26 |
| Дисперсия выборки | 9,09 | 1,98 | 1,58 |

Таблица 2 - Среднее количество активных и замерших клеток при цифровой видеомикроскопии мазка браш-биопсии слизистой среднего носового хода в различных группах исследования.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.2>

| Группа обследуемых | Количество активных клеток | Среднее отклонение $\pm m$ | Количество замерших клеток | Среднее отклонение $\pm m$ | Соотношение замершие/активные клетки, % |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Группа 1 (ВР) | 61,9 | $\pm 15,3$ | 38,6 | $\pm 14,4$ | 62,35% |
| Группа 2 (АР) | 62,3 | $\pm 21,2$ | 33,1 | $\pm 19,1$ | 53,13% |

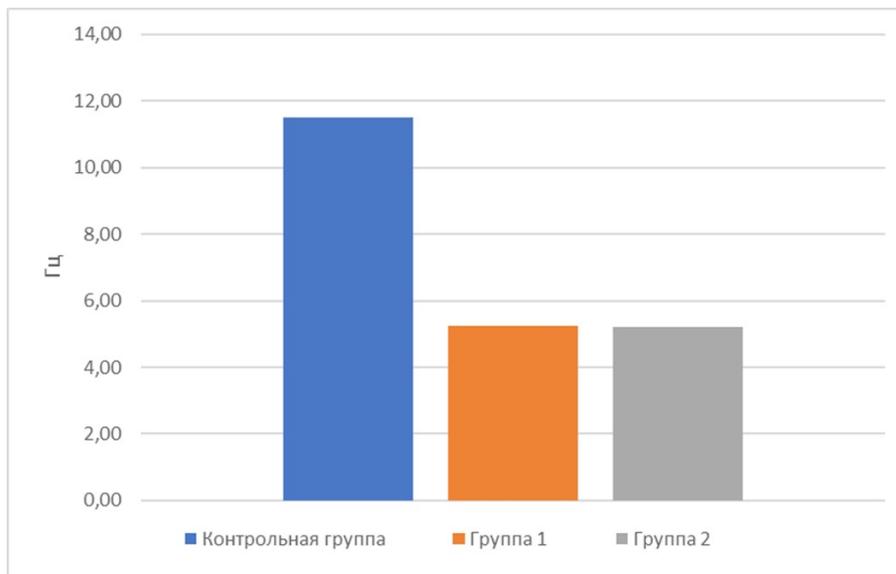


Рисунок 1 - Среднее значение локального МЦК (частота биения ресничек) в группах больных ВР и АР по сравнению с нормативными значениями контрольной группы
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.3>

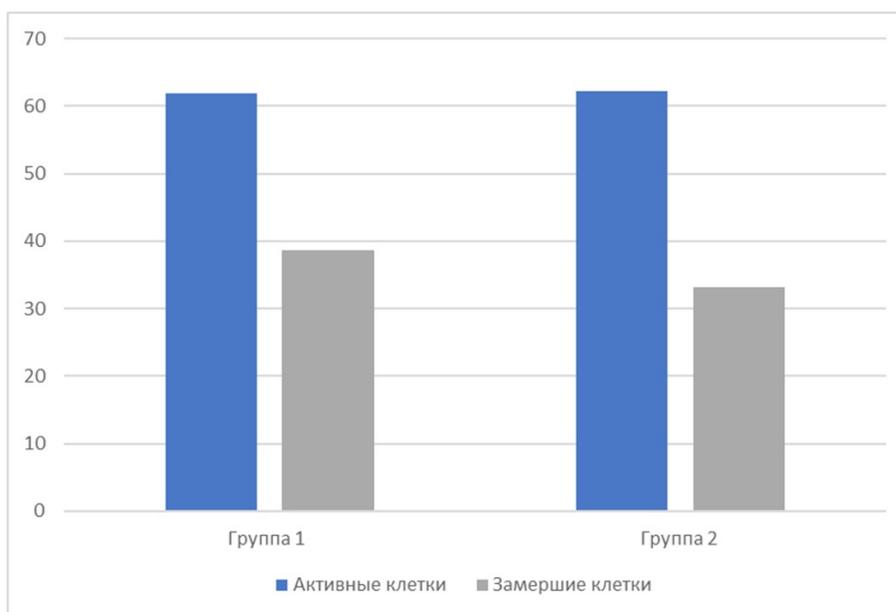


Рисунок 2 - Среднее количество активных и замерших клеток при цифровой видеомикроскопии мазка браш-биопсии слизистой среднего носового хода в различных группах исследования
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.4>

Обсуждение

Нами было обнаружено статистически значимое, выраженное ($\approx 2,2$ раза) снижение значения частоты биения ресничек цилиарного эпителия среднего носового хода у больных с ВР и АР относительно нормативных значений этого параметра. При этом статистически значимой разницы между средними показателями локального МЦК в группе больных с ВР и АР не выявлено.

В ряде работ отечественных авторов по вопросу влияния хронических процессов (вазомоторный, аллергический ринит) на показатели МЦК, авторы обычно указывают на снижение мукоцилиарного транспорта [4]. Обычно в подобных работах для исследования используется классический сахаринный тест, который является показателем интегральной деятельности МЦК и в полной мере не отражает происходящее в ключевых зонах слизистой полости носа (например, в среднем носовом ходе) [14]. Некоторыми авторами приводится зависимость транспортной функции МЦК показателей от pH слизистого секрета полости носа [12]. В других источниках [13] приводятся данные о снижении мерцательной активности ресничек, а также о зависимости изменения показателей МЦК от длительности заболевания.

Интересным является тот факт, что в группах больных с хроническими ринитами (ВР и АР) наблюдается сравнительно большое количество замерших цилиарных клеток (62,35% и 53,13% соответственно) при подсчете соотношения замерших/активных клеток при видеомикроскопии в нескольких полях. Подобные значения редко приводятся в литературе, однако, считается, что для цилиарного эпителия верхних дыхательных путей, взятого для исследования у живого человека путем браш-биопсии, с проведением исследования в ближайшее время с сохранением температуры взвеси назальной слизи, полученной при браш-биопсии, количество замерших клеток, регистрирующихся при микроскопии в нескольких полях зрения не должно превышать 25-40% [1].

Проведенное нами исследование в полной мере соответствует данным литературы и свидетельствует о значительном влиянии хронических ринитов (ВР и АР) на функциональные способности локального МЦК.

Заключение

Нами впервые проведена локальная оценка МЦК среднего носового хода (частоты биения ресничек цилиарного эпителия) с использованием современной высокоскоростной цифровой видеозаписи микроскопической картины препарата с последующей ее математической обработкой у больных хроническими ринитами (ВР и АР). Нами установлено значительное снижение частоты биения ресничек среднего носового хода (до 2.2 раз) у пациентов с хроническими ринитами и сопутствующим искривлением носовой перегородки по сравнению с нормативными значениями МЦК среднего носового хода у здоровых лиц. Также выявлено значительное количество замерших клеток при микроскопии взвеси назальной слизи в нескольких полях зрения, по сравнению с числом активных цилиарных клеток (в соотношении до 53-62%). Подобные исследования указывают на наличие серьезного, всеобъемлющего характера изменений слизистой оболочки при хронических ринитах, затрагивающего также и базовые принципы функционирования и самоочищения слизистой полости носа, такие как МЦК.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.5>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.32.5>

Список литературы / References

- Messerklinger W. Die normalen Sekretwege in der Nase des Menschen / W. Messerklinger // Arch Klin Exp Ohren Nasen Kehlkopfheilkd. — 1969. — Vol. 195(2). — S. 138–151.
- Пискунов С.З. Исследование мукоцилиарной транспортной системы слизистой оболочки носа у здоровых лиц / С.З. Пискунов, Ф.Н. Завьялов, Л.Н. Ерофеев // Российская ринология. — 1995. — № 3(4). — С. 60–62.
- Карпищенко С.А. Ирригационная терапия при ринитах / С.А. Карпищенко, О.М. Колесникова, Н.А. Шумилова // Consilium Medicum. Педиатрия. — 2015. — № 3. — С. 42–45.
- Захарова Г.П. Мукоцилиарная система верхних дыхательных путей / Г.П. Захарова, Ю.К. Янов, В.В. Шабалин. — СПб. : Диалог, 2010. — С. 109–157.
- Кондрахина В.В. Современные представления о вазомоторном рините / В.В. Кондрахина // Научный аспект. — 2024. — Т. 2. — № 3. — С. 243–249. — EDN ZHIVPH.
- Свистушкин В.М. Реальные возможности оптимизации лечения больных аллергическим ринитом / В.М. Свистушкин, Г.Н. Никифорова, Л.А. Левина [и др.] // Медицинский совет. — 2022. — Т. 16. — № 8. — С. 98–104. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-98-104.
- Шиленкова В.В. Аллергический ринит и качество жизни / В.В. Шиленкова, А.С. Лопатин // Российская ринология. — 2019. — Т. 27(4). — С. 215–223. DOI: 10.17116/rosrino201927041215.
- Свистушкин В.М. Реальные возможности оптимизации лечения больных аллергическим ринитом / В.М. Свистушкин, Г.Н. Никифорова, Л.А. Левина [и др.] // Медицинский совет. — 2022. — Т. 16. — № 8. — С. 98–104. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-98-104. — EDN UHXNCP.
- Мареев О.В. Исследование показателей локального мукоцилиарного клиренса среднего носового хода у клинически здоровых лиц и больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи / О.В. Мареев, Г.О. Мареев, И.Ю. Ермаков [и др.] // Наука и инновации в медицине. — 2022. — Т. 7. — № 2. — С. 128–133. DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-2-128-133.
- Мареев Г.О. Локальный мукоцилиарный клиренс среднего носового хода и его исследование в послеоперационном периоде при различных видах хирургического доступа к верхнечелюстной пазухе / О.В. Мареев, Г.О. Мареев, И.Ю. Ермаков [и др.] // Медико-фармацевтический журнал Пульс. — 2022. — Т. 24. — № 4. — С. 49–57. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-4-49-57.
- Smith C.M. CiliaFA: a research tool for automated, high-throughput measurement of ciliary beat frequency using freely available software / C.M. Smith, J. Djakow, R.C. Free, [et al.] // Cilia. — 2012. — Vol. 1. — P. 14. DOI: 10.1186/2046-2530-1-14.
- Магомедов М.М. Кислотно-основное равновесие и мукоцилиарный клиренс в полости носа при хроническом рините и воспалительных заболеваниях ОНП / М.М. Магомедов, Г.М. Магомедов // Вестник оториноларингологии. — 2013. — Т. 78. — № 2. — С. 43–45.

13. Альберти Дж. Влияние противоаллергических лекарственных средств интраназального применения на частоту колебаний ресничек мерцательного эпителия носовой полости человека *in vitro* / Дж. Альберти, В. Стол // Лечащий врач. — 2012. — № 2. — С. 95–98.

14. Мареев О.В. Оценка локального мукоцилиарного клиренса среднего носового хода при различных хирургических вмешательствах у больных с инородными телами верхнечелюстных пазух / О.В. Мареев, Г. О. Мареев, И. Ю. Ермаков [и др.] // Российская ринология. — 2022. — № 3(118). — С. 70–79.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Messerklinger W. Die normalen Sekretwege in der Nase des Menschen [The normal secretion ways in the human nose] / W. Messerklinger // Arch Klin Exp Ohren Nasen Kehlkopfheilkd [Arch Clin Exp Ears Nose Larynx]. — 1969. — Vol. 195(2). — P. 138–151. [in German]

2. Piskunov S.Z. Issledovanie mukociliarnoj transportnoj sistemy slizistoj obolochki nosa u zdorovyh lic [Investigation of the mucociliary transport system of the nasal mucosa in healthy individuals] / S.Z. Piskunov, F.N. Zavyalov, L.N. Erofeev // Rossijskaja rinologija [Russian Rhinology]. — 1995. — № 3(4). — P. 60–62. [in Russian]

3. Karpishchenko S.A. Irrigacionnaja terapija pri rinitah [Irrigation therapy for rhinitis] / S.A. Karpishchenko, O.M. Kolesnikova, N.A. Shumilova // Consilium Medicum. Pediatrija [Consilium Medicum. Pediatrics]. — 2015. — № 3. — P. 42–45. [in Russian]

4. Zakharova G.P. Mukociliarnaja sistema verhnih dyhatel'nyh putej [The mucociliary system of the upper respiratory tract] / G.P. Zakharova, Yu.K. Yanov, V.V. Shabalin. — St. Petersburg : Dialog Publ., 2010. — P. 109–157. [in Russian]

5. Kondrakhina V.V. Sovremennye predstavlenija o vazomotornom rinite [Modern concepts of vasomotor rhinitis] / V.V. Kondrakhina // Nauchnyj aspekt [Scientific Aspect]. — 2024. — Vol. 2. — № 3. — P. 243–249. — EDN ZHIVPH. [in Russian]

6. Svistushkin V.M. Real'nye vozmozhnosti optimizacii lechenija bol'nyh allergicheskim rinitom [Real possibilities of optimizing the treatment of patients with allergic rhinitis] / V.M. Svistushkin, G.N. Nikiforova, L.A. Levina [et al.] // Medicinskij sovet [Medical Council]. — 2022. — Vol. 16. — № 8. — P. 98–104. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-98-104. [in Russian]

7. Shilenkova V.V. Allergicheskij rinit i kachestvo zhizni [Allergic rhinitis and quality of life] / V.V. Shilenkova, A.S. Lopatin // Rossijskaja rinologija [Russian Rhinology]. — 2019. — Vol. 27(4). — P. 215–223. DOI: 10.17116/rosrino201927041215. [in Russian]

8. Svistushkin V.M. Real'nye vozmozhnosti optimizacii lechenija bol'nyh allergicheskim rinitom [Real possibilities of optimizing the treatment of patients with allergic rhinitis] / V.M. Svistushkin, G.N. Nikiforova, L.A. Levina [et al.] // Medicinskij sovet [Medical Council]. — 2022. — Vol. 16. — № 8. — P. 98–104. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-98-104. — EDN UHXNCP. [in Russian]

9. Mareev O.V. Issledovanie pokazatelej lokal'nogo mukociliarnogo klirensa srednego nosovogo hoda u klinicheski zdorovyh lic i bol'nyh s inorodnymi telami verhnecheljustnoj pazuhi [Study of local mucociliary clearance of the middle nasal passage in clinically healthy individuals and patients with foreign bodies of the maxillary sinus] / O.V. Mareev, G.O. Mareev, I.Y. Ermakov [et al.] // Nauka i innovacii v medicine [Science and Innovations in Medicine]. — 2022. — Vol. 7. — № 2. — P. 128–133. DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-2-128-133. [in Russian]

10. Mareev G.O. Lokal'nyj mukociliarnyj klirens srednego nosovogo hoda i ego issledovanie v posleoperacionnom periode pri razlichnyh vidah hirurgicheskogo dostupa k verhnecheljustnoj pazuhe [Local mucociliary clearance of the middle nasal passage and its study in the postoperative period with various types of surgical access to the maxillary sinus] / O.V. Mareev, G.O. Mareev, I.Y. Ermakov [et al.] // Mediko-farmaceuticheskij zhurnal Pul's [Medical and Pharmaceutical Journal Pulse]. — 2022. — Vol. 24. — № 4. — P. 49–57. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-4-49-57. [in Russian]

11. Smith C.M. CiliaFA: a research tool for automated, high-throughput measurement of ciliary beat frequency using freely available software / C.M. Smith, J. Djakow, R.C. Free, [et al.] // Cilia. — 2012. — Vol. 1. — P. 14. DOI: 10.1186/2046-2530-1-14.

12. Magomedov M.M. Kislотно-osnovnoe ravnovesie i mukociliarnyj klirens v polosti nosa pri hronicheskom rinite i vospalitel'nyh zabolevanijah ONP [Acid-base balance and mucociliary clearance in the nasal cavity in chronic rhinitis and inflammatory diseases of the ONP] / M.M. Magomedov, G.M. Magomedov // Vestnik otorinolaringologii [Bulletin of Otorhinolaryngology]. — 2013. — Vol. 78. — № 2. — P. 43–45. [in Russian]

13. Alberti J. Vlijanie protivоallergicheskikh lekarstvennyh sredstv intranazal'nogo primenenija na chastotu kolebanij resnichek mercatel'nogo jepitelija nosovoj polosti cheloveka in vitro [The effect of antiallergic drugs of intranasal use on the frequency of oscillations of the cilia of the ciliated epithelium of the human nasal cavity in vitro] / J. Alberti, V. Table // Lechashhij vrach [Attending Physician]. — 2012. — № 2. — P. 95–98. [in Russian]

14. Mareev O.V. Ocenka lokal'nogo mukociliarnogo klirensa srednego nosovogo hoda pri razlichnyh hirurgicheskikh vmeshatel'stvah u bol'nyh s inorodnymi telami verhnecheljustnyh pazuh [Assessment of local mucociliary clearance of the middle nasal passage during various surgical interventions in patients with maxillary sinus foreign bodies] / O.V. Mareev, G. O. Mareev, I. Y. Ermakov [et al.] // Rossijskaja rinologija [Russian Rhinology]. — 2022. — № 3(118). — P. 70–79. [in Russian]