



УДК 616.211+616.214.4+616.216.1-002  
DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-2-128-133



## Исследование показателей локального мукоцилиарного клиренса среднего носового хода у клинически здоровых лиц и больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи

© О.В. Мареев<sup>1</sup>, Г.О. Мареев<sup>1</sup>, И.Ю. Ермаков<sup>2</sup>, И.В. Федосов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России (Саратов, Россия)

<sup>2</sup>СПб ГБУЗ «Городская больница №40» (Санкт-Петербург, Россия)

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Минобрнауки России (Саратов, Россия)

### Аннотация

**Цель** — исследование значений локального мукоцилиарного клиренса (МЦК) среднего носового хода в норме и у больных с инородными телами верхнечелюстных пазух.

**Материал и методы.** Для оценки 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 группа больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи (90 человек).

**Результаты.** Получены нормативные значения МЦК у ринологически здоровых лиц ( $11,76 \pm 3,01$  Пц). У больных с инородными телами верхнечелюстных пазух наблюдалась зависимость показателя локального МЦК от выраженности морфологических изменений на компьютерной томографии (КТ) околоносовых пазух в области среднего носового хода и прилежащих пазух. В зависимости от изменений на КТ были выделены 3 группы среди больных с инородными телами верхнечелюстных пазух — с отсутствием изменений (КТ1), изменениями вне области соустья (КТ2) и выраженными морфологическими изменениями в области среднего носового хода и окружающих околоносовых пазух (КТ3). Для группы с изменениями КТ1 средние значения локального МЦК среднего носового хода составили  $13,53 \pm 2,46$  Пц; для группы КТ2 —  $11,71 \pm 2,02$  Пц; для группы КТ3 —  $6,84 \pm 3,48$  Пц. Различия показателей в группах по данным КТ-исследования статистически значимы по критерию Манна — Уитни. Средние значения локального МЦК среднего носового хода у больных без мицетомы верхнечелюстной пазухи составили  $13,30 \pm 2,91$  Пц, с мицетомой верхнечелюстной пазухи —

$10,74 \pm 3,69$  Пц; эти отличия также статистически достоверны.

**Ключевые слова:** мукоцилиарный клиренс, инородные тела верхнечелюстных пазух, ринология, компьютерная томография.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

### Для цитирования:

Мареев О.В., Мареев Г.О., Ермаков И.Ю., Федосов И.В. Исследование показателей локального мукоцилиарного клиренса среднего носового хода у клинически здоровых лиц и больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи. *Наука и инновации в медицине*. 2022;7(2):128-133. doi: 10.35693/2500-1388-2022-7-2-128-133

### Сведения об авторах

**Мареев О.В.** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии. ORCID: 0000-0002-7240-5651

E-mail: ovmareew@mail.ru

**Мареев Г.О.** — д-р мед. наук, профессор кафедры оториноларингологии. ORCID: 0000-0002-5906-8080

E-mail: dr-mareev@mail.ru

**Ермаков И.Ю.** — врач-оториноларинголог.

E-mail: ermakov1988@inbox.ru

**Федосов И.В.** — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры оптики и биофотоники. ORCID: 0000-0002-3619-245X

E-mail: fedosov-optics@mail.ru

### Автор для переписки

**Мареев Глеб Олегович**

Адрес: Саратовский государственный медицинский университет,

ул. Б. Казачья, 112,

г. Саратов, Россия, 410012.

E-mail: dr-mareev@mail.ru

МЦК — мукоцилиарный клиренс;

КТ — компьютерная томография.

**Рукопись получена:** 25.02.2022

**Рецензия получена:** 18.03.2022

**Решение о публикации принято:** 24.03.2022

# The study of local mucociliary clearance of the middle nasal meatus in clinically healthy individuals and patients with foreign body in the maxillary sinus

© Oleg V. Mareev<sup>1</sup>, Gleb O. Mareev<sup>1</sup>, Igor Yu. Ermakov<sup>2</sup>, Ivan V. Fedosov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (Saratov, Russia)

<sup>2</sup>SPb Clinical Hospital No.40 (Saint Petersburg, Russia)

<sup>3</sup>Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky (Saratov, Russia)

## Abstract

**Aim** – to obtain the values of local mucociliary clearance (MCC) of the middle nasal meatus in normal conditions and in patients with foreign body in the maxillary sinuses.

**Material and methods.** To assess the local MCC, we used the original method of modern high-speed digital video recording of the microscopic picture of the specimen, followed by its mathematical processing. The study included a group of rhinologically healthy individuals (60 people) and a group of patients with foreign body in the maxillary sinus (90 people).

**Results.** We obtained the standard values of MCC in rhinologically healthy individuals ( $11.76 \pm 3.01$  Hz). In patients with foreign body in the maxillary sinuses, there was a correlation of the local MCC index with the severity of morphological changes, registered by computed tomography (CT), of the paranasal sinuses in the area of the middle nasal meatus and adjacent sinuses. Depending on the results of CT scanning, we identified 3 groups among the patients with foreign bodies in the maxillary sinuses – no morphological changes (CT1), changes outside the ostium (CT2) and pronounced morphological changes in the middle nasal meatus and surrounding paranasal sinuses (CT3). In the CT1 group the average values of the local MCC of the middle nasal meatus were  $13.53 \pm 2.46$  Hz; in group CT2 –  $11.71 \pm 2.02$  Hz; in the CT3 group –  $6.84 \pm 3.48$  Hz. The differences in indicators in groups were statistically significant according to the Mann – Whitney test. The average value of the local MCC of the middle nasal meatus in patients without maxillary sinus mycetoma was  $13.30 \pm 2.91$  Hz,

in patients having maxillary sinus mycetoma –  $10.74 \pm 3.69$  Hz; this difference was also statistically significant.

**Keywords:** mucociliary clearance, foreign body in maxillary sinus, rhinology, computed tomography.

**Conflict of interest:** nothing to disclose.

## Citation

Mareev OV, Mareev GO, Ermakov IYu., Fedosov IV. **The study of local mucociliary clearance of the middle nasal meatus in clinically healthy individuals and patients with foreign body in the maxillary sinus.** *Science and Innovations in Medicine.* 2022;7(2):128-133. doi: 10.35693/2500-1388-2022-7-2-128-133

## Information about authors

**Oleg V. Mareev** – PhD, Professor, the Head of the Department of otorhinolaryngology. ORCID: 0000-0002-7240-5651

E-mail: ovmareew@mail.ru

**Gleb O. Mareev** – PhD, Professor of the Department of otorhinolaryngology.

ORCID: 0000-0002-5906-8080

E-mail: dr-mareev@mail.ru

**Igor Yu. Ermakov** – otorhinolaryngologist.

E-mail: ermakov1988@inbox.ru

**Ivan V. Fedosov** – PhD, Associate professor, Department

of Optics and biophotonics. ORCID: 0000-0002-3619-245X

E-mail: fedosov-optics@mail.ru

## Corresponding Author

**Gleb O. Mareev**

Address: Saratov State Medical University, 112 B. Kazachiya st.,

Saratov, Russia, 410012.

E-mail: dr-mareev@mail.ru

Received: 25.02.2022

Revision Received: 18.03.2022

Accepted: 24.03.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Мукоцилиарный клиренс (МЦК) – это неспецифический механизм, осуществляющий местную защиту слизистой оболочки органов дыхания от внешних воздействий, включая инфекцию [1]. Ведущая роль в защитной функции носа и околоносовых пазух принадлежит слизистой оболочке, которая покрыта псевдомногослойным эпителием, состоящим из мерцательных, бокаловидных, а также коротких и длинных вставочных эпителиоцитов. Мукоцилиарный клиренс повреждается при различных процессах, как острых, так и хронических [2]. Известны также заболевания, сопровождающиеся врожденными дефектами ресниччатой системы эпителия человека. На мукоцилиарный клиренс также воздействуют различные лекарственные препараты (хорошо известно, что интраназальные деконгестанты увеличивают время мукоцилиарного транспорта в несколько раз) [3, 4].

Нарушение эвакуации отделяемого из пазух, дисфункция при этом соустьев является научно-обоснованной базой для разработки эндоназальных щадящих ринохирургических методик – так называемой функциональной эндоскопической ринохирургии (FESS – Functional Endoscopic Sinus Surgery), широко внедряемой в мире в последние десятилетия.

Однако возможности наблюдения за МЦК *in vivo* очень ограничены. Число работ по исследованию МЦК, в особенности в области околоносовых пазух и носа, не так велико. В имеющемся отечественном фундаментальном труде [6] описаны методики исследования МЦК на микроуровне, приведены данные об изменениях МЦК при различной патологии, однако отсутствуют сведения об исследованиях МЦК при ринологических операциях и в послеоперационном периоде. При этом большинству ринологов хорошо известны такие проблемы, как избыточное образование корок, своеобразные локальные скопления слизи на слизистой полости носа, выявляемые локально, при эндоскопическом осмотре, в определенных зонах, у ряда больных после вмешательств на полости носа и околоносовых пазухах [7]. Вопросы формирования МЦК в послеоперационном периоде в полости носа изучены недостаточно [8, 9].

Таким образом, изучение мукоцилиарного клиренса при помощи современных методик у послеоперационных ринологических больных представляется весьма актуальным и насущным вопросом оториноларингологии [10, 11]. Учитывая многообразие ринологической патологии, темой исследования будет являться состояние МЦК полости носа (среднего носового хода) в норме и

при инородных телах верхнечелюстных пазух, а также после различных видов оперативного доступа к верхнечелюстной пазухе по поводу инородных тел [12]. Решение именно этого вопроса представляет особый интерес в современной оториноларингологии ввиду постоянно увеличивающейся частоты возникновения этой патологии и ее явно искусственного, вторичного, характера (то есть она возникает на фоне заведомого отсутствия каких-либо патологических изменений МЦК). В дискуссии о различных вариантах хирургического доступа к верхнечелюстной пазухе и их приоритете до сих пор нет полноценного практического ответа, обоснованного с точки зрения мукоцилиарного клиренса и его изменений.

### ■ ЦЕЛЬ

Исследование значений локального МЦК среднего носового хода в норме и у больных с инородными телами верхнечелюстных пазух.

### ■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проведения работы использован метод оценки МЦК с использованием современной высокоскоростной цифровой видеозаписи микроскопической картины препарата с последующей ее математической обработкой [13]. Полученный в ходе обработки цифрового видеосигнала результат спектрального анализа – первая гармоника  $F$ , частота которой выражена в Гц и является характеристикой частоты биения ресничек (локального МЦК). Для исследования локальной функции МЦК под контролем эндоскопа брали браш-биопсию из области естественного соустья. Использовались прямые и изогнутые щетки (кисточки) Storz, а также Olympus, «Биолайн» и др. Подобные методы исследования локального МЦК описаны в современной литературе [14, 15]. За несколько часов до исследования исключался прием вазоактивных препаратов и курение.

Нами использовалась компьютерная томография (КТ) высокого разрешения, полученная с помощью конусно-лучевых томографов. Анализ томограмм и измерения по ним проводились в свободно распространяемой программе Sante DICOM Viewer. По результатам компьютерной томографии все больные разделены на 3 подгруппы:

первая – практическое отсутствие изменений в пазухах или незначительные изменения в виде локальных утолщений слизистой на стенках пазухи без изменений области соустья и среднего носового хода, передних клеток решетчатого лабиринта (КТ1);

вторая – значительное утолщение стенок пазух без изменений области соустья и отсутствием значительной реакции со стороны среднего носового хода и передних клеток решетчатого лабиринта (КТ2);

третья – выраженный продуктивно-пролиферативный процесс, обтурация соустья пазухи, сопутствующие поражения клеток решетчатого лабиринта или лобной пазухи, наличие полипозных изменений слизистой оболочки в среднем носовом ходе (КТ3).

Работа проводилась на базе клиники оториноларингологии им. Н.П. Симановского Клинической больницы №1 им. С.Р. Миротворцева ФГБОУ ВО

«Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». Исследование разрешено этической комиссией ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», протокол №3 от 05.11.2019, на основании информированного согласия об участии в исследовании, подписываемого 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.

Исследование проведено у 90 больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи. В группу исследования включались больные от 18 до 50 лет, инородные тела верхнечелюстных пазух у которых являлись исключительно результатом предшествующих эндодонтических вмешательств на зубах верхней челюсти. Всем больным диагноз был установлен на основании данных конусно-лучевого КТ-исследования высокого разрешения. Из исследования нами исключались больные, имевшие ранее анамнез хронических заболеваний околоносовых пазух; отягощенный аллергоанамнез; признаки аллергического или вазомоторного ринита в анамнезе; наследственные заболевания, сопровождающиеся дефектами мукоцилиарного клиренса. Анамнез заболевания – от 1 месяца до 9 лет.

Результаты обрабатывались статистически с использованием пакетов программного обеспечения Microsoft Excel, Statistica, а также статистических онлайн-калькуляторов. Статистические расчеты проводились при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

### ■ РЕЗУЛЬТАТЫ

При исследовании нормативных значений МЦК в группе клинически здоровых лиц установлено, что нормативный средний показатель МЦК (частота первой гармоники спектра) составил  $11,76 \pm 3,01$  Гц ( $\pm \sigma$ , среднее квадратичное отклонение). Следует отметить, что указанное распределение в выборке является нормальным биномиальным распределением, значения среднего и медианы приблизительно равны; при этом значения МЦК в норме являются высоко вариабельным параметром – размах (интервал изменения) в выборке составляет 10,18; минимальное значение МЦК составило 6,72 Гц, максимальное – 16,90 Гц. Выборка фактически симметрична около среднего значения.

Определенный интерес представляет исследование зависимости значения МЦК от возраста. Однако при вычислении коэффициента линейной корреляции между возрастом и значениями МЦК оказалось, что связи между этими параметрами нет ( $-0,05$ ). Проведение регрессионного анализа в группе также показывает отсутствие связи между возрастом и значением МЦК ( $R$ -квадрат = 0,002; коэффициент при  $X_1 = -0,013$ ).

В группе больных с инородными телами верхнечелюстных пазух нормативный средний показатель локального МЦК (частота первой гармоники спектра)

Группа исследования	Средние значения локального МЦК, Гц	Среднее квадратичное отклонение, Б
Контрольная группа	11,62	3,01
Больные с инородным телом верхнечелюстной пазухи		
КТ1	13,53	2,46
КТ2	11,71	2,02
КТ3	6,84	3,48

**Таблица 1.** Средние значения локального МЦК среднего носового хода в различных группах исследования  
**Table 1.** Average values of the local MCC of the middle nasal meatus in different study groups

составил  $10,84 \pm 3,80$  Гц ( $\pm$  Б, среднее квадратичное отклонение). Следует отметить, что указанное распределение в выборке является нормальным биномиальным распределением, значения среднего и медианы приблизительно равны; при этом значения МЦК в норме являются высоко вариабельным параметром – размах (интервал изменения) в выборке составляет 17,00; минимальное значение МЦК составило 1,64 Гц, максимальное – 18,64 Гц. Выборка фактически симметрична около среднего значения.

Если сравнить всю выборку данных исходных значений локального МЦК среднего носового хода у больных с инородными телами верхнечелюстных пазух с аналогичным показателем, измеренным в контрольной группе, то окажется, что различия статистически незначимы ( $t_{набл}=0,19$ ,  $df=148$ ,  $t_{табл}=1,98$ , при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ). То есть в общей массе измеренный показатель исходного МЦК среднего носового хода у больных с инородными телами статистически значимо не отличается от такового у лиц с отсутствием патологии околоносовых пазух и близок к нормативным значениям, хотя и проявляет высочайшую вариабельность (размах изменения показателя в 1,7 раза больше его среднего).

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости сравнения этого показателя между основными группами исследования, а также их разделения на соответствующие подгруппы по стадиям изменений, выявляемых на КТ-исследовании околоносовых пазух. Это позволит выявить основные причины, влияющие на исходный МЦК среднего носового хода.

По данным КТ-исследования, нами были обнаружены следующие изменения в верхнечелюстной пазухе. У 24 (30,0%) больных изменения в пазухах носили минимальный характер в виде незначительной инфильтрации прилежащей к месту расположения инородного тела слизистой оболочки пазухи (КТ1). У 39 (26,7%) пациентов наблюдались изменения в пазухах в виде значительного утолщения слизистой оболочки как в месте расположения инородного тела, так и у других стенок верхнечелюстной пазухи (КТ2). У 37 (43,3%) обследованных отмечены значительные изменения верхнечелюстной пазухи с выраженным полипозом, инфильтрацией, утолщением слизистой оболочки вплоть до полной облитерации ею просвета верхнечелюстной пазухи. Также у них отмечались изменения в области решетчатого лабиринта, лобной пазухи, среднего носового хода (КТ3). Мицетомы в верхнечелюстной пазухе (слоистые структуры переменной плотности,

	Контрольная группа	КТ1	КТ2
КТ1	<b>0,01442*</b> $p(x \leq Z) = 0,007208$		
КТ2	0,7679 $p(x \leq Z) = 0,616$	<b>0,003097*</b> $p(x \leq Z) = 0,9985$	
КТ3	<b>0,0000038*</b> $p(x \leq Z) = 1$	<b>0,0000069*</b> $p(x \leq Z) = 1$	<b>0,000076*</b> $p(x \leq Z) = 1$

**Таблица 2.** Статистическая значимость различий между основными группами исследования по критерию Манна – Уитни (значения  $p$  и  $p_{крит}$ ), значимые отмечены \*  
**Table 2.** The statistically significant differences between the main study groups according to the Mann – Whitney criterion (values of  $p$  and  $p_{crit}$ ), significant values marked with \*

заполняющие ее просвет целиком или частично) наблюдалась в 67 случаях (74,4%) и обнаруживалась в ходе хирургического вмешательства.

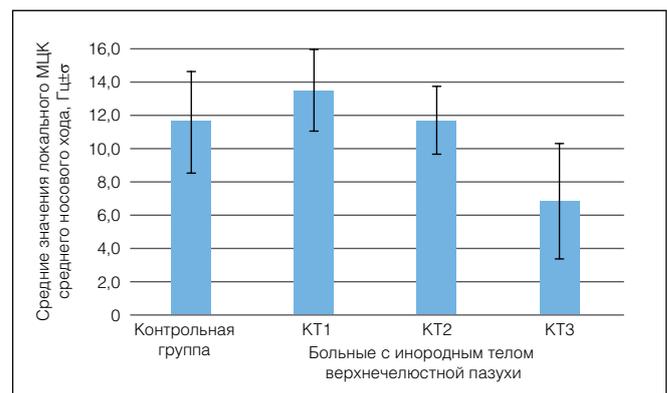
Результаты исходных значений локального МЦК при распределении по группам в зависимости от стадии процесса, регистрируемой по данным КТ-исследования, приведены в **таблице 1**.

Хорошо заметно, что при такой группировке данные локального МЦК среднего носового хода в значительной мере отличаются. Графическое изображение распределения по уровню исходного значения локального МЦК по группам дано на **рисунке 1**.

Такое изображение данных позволяет наглядно увидеть разницу в исходных значениях локального МЦК среднего носового хода у больных с инородными телами и ее зависимость от изменений, регистрируемых на КТ. Статистический анализ значимости различий полученных данных исходного уровня локального МЦК среднего носового хода в зависимости от КТ стадии процесса проводился нами с использованием критерия Манна – Уитни (**таблица 2**).

Хорошо заметно, что в большинстве случаев различия между контрольной группой и группами исследования больных с инородными телами верхнечелюстных пазух в зависимости от КТ стадии процесса статистически значимо различаются. Наибольшие различия отмечаются во всех группах с подгруппой КТ3.

Зависимость исходного уровня локального МЦК среднего носового хода от наличия в верхнечелюстной пазухе мицетомы, регистрируемой по данным КТ, приведена на **рисунке 2**.



**Рисунок 1.** Средний уровень локального МЦК среднего носового хода в основных группах исследования ( $M \pm \sigma$ , Гц).  
**Figure 1.** The average level of local MCC of the middle nasal meatus in the main study groups ( $M \pm \sigma$ , Hz).

Возрастные группы	< 30	30–39	40–49	50–59	60 >
Количество обследованных	19	19	25	21	5
Частота основной гармоники спектра, Гц	11,43	11,10	10,26	11,12	9,28
± σ	3,25	3,85	4,08	4,15	3,16

**Таблица 3.** Средние исходные значения локального МЦК при распределении больных с инородными телами верхнечелюстных пазух по возрастным группам

**Table 3.** Mean initial values of local MCC in the distribution of patients with foreign bodies in the maxillary sinuses by age

Средние значения локального МЦК среднего носового хода у больных без мицетомы верхнечелюстной пазухи составили  $13,30 \pm 2,91$  Гц, с мицетомой верхнечелюстной пазухи –  $10,74 \pm 3,69$  Гц. По критерию Манна – Уитни  $p=0,00004113$ , различия в уровне локального МЦК среднего носового хода при наличии в верхнечелюстной пазухе мицетомы значимо отличаются от значений МЦК при ее отсутствии ( $p(x \leq Z) = 0,00002057$ ).

При рассмотрении зависимости от возраста исходных значений локального МЦК среднего носового хода в контрольной группе коэффициент линейной корреляции составил  $-0,12$ , что свидетельствует об отсутствии взаимосвязи между возрастом и показателями локального МЦК среднего носового хода. Проведение однофакторного регрессионного анализа в группе также показывает отсутствие связи между возрастом и значением МЦК ( $R$ -квадрат =  $0,015$ ; коэффициент при  $X_1 = -0,396$ ).

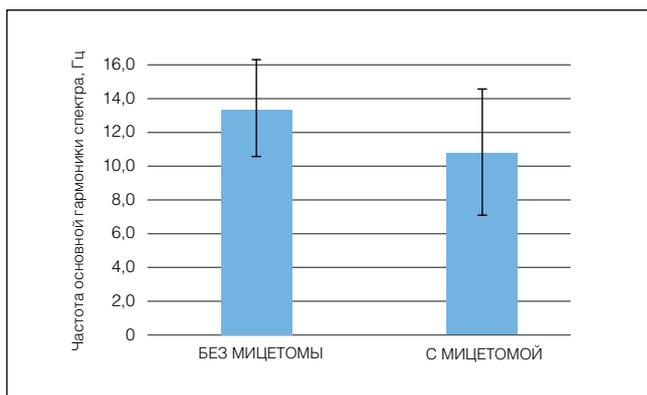
Средние значения при распределении исходных значений локального МЦК среднего носового хода по возрастным группам у больных с инородными телами верхнечелюстной пазухи приведены в **таблице 3**.

Графически уровень среднего значения исходного МЦК среднего носового хода в группе обследованных приведен на **рисунке 3**.

Кажущееся снижение уровня МЦК среднего носового хода у лиц в старшей возрастной группе объясняется ее немногочисленностью (5 человек); при этом из этих 5 человек у 3 обследованных констатирована КТ2 стадия процесса и у 2 – КТ3. Как мы показали ранее, именно изменения слизистой оболочки, регистрируемые по данным КТ, оказывают наибольшее влияние на полученные в ходе измерений значения локального МЦК среднего носового хода. Отсутствие в этой возрастной группе больных с незначительными изменениями (КТ1) и наличие больных с выраженными изменениями (КТ3) приводят к низкому среднему значению показателя локального МЦК среднего носового хода.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Нормативный средний показатель локального МЦК (частота первой гармоники спектра  $F$ ) в наших исследованиях составил  $11,76 \pm 3,01$  Гц ( $\pm \sigma$ , среднее квадратичное отклонение). Интересно, что значения локального МЦК в норме являются высоко вариабельным параметром – размах (интервал изменения) в выборке составляет  $10,18$ ; минимальное значение МЦК составило  $6,72$  Гц, максимальное –  $16,90$  Гц. Согласно данным литературы [4, 5, 7, 9, 13, 14, 15], частота

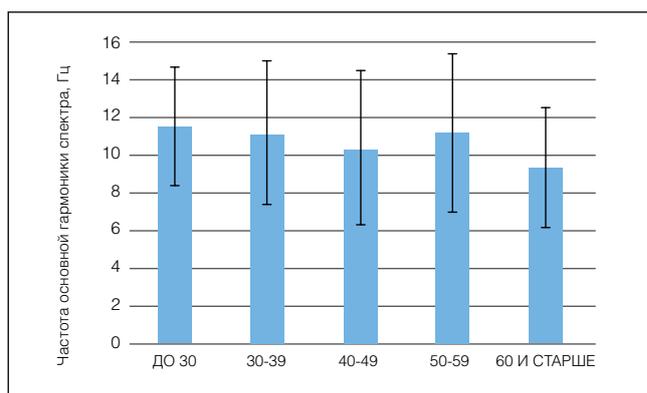


**Рисунок 2.** Средние исходные значения локального МЦК при распределении больных с инородными телами верхнечелюстных пазух по группам в зависимости от наличия в верхнечелюстной пазухе мицетомы по данным КТ ( $M \pm \sigma$ , Гц).  
**Figure 2.** Mean initial values of local MCC in the distribution of patients with foreign bodies in the maxillary sinuses into groups, depending on the presence of mycetoma in the maxillary sinus according to CT ( $M \pm \sigma$ , Hz).

биений ресничек (ciliary beat frequency – CBF) имеет нормальный диапазон:  $7–12$  Гц. Несмотря на то что ряд авторов считает МЦК зависимым от возраста, нами не обнаружено какой-либо связи нормативных показателей МЦК у клинически здоровых лиц с возрастом.

Благодаря данным литературы, в которой отмечено статистически значимое снижение МЦК у курящих, курящие лица из нормативной группы исследования нами были исключены.

Поскольку в литературе имеются различные сведения о нарушении МЦК при тех или иных заболеваниях [7, 10, 11], для исследования нами были выбраны больные с инородными телами верхнечелюстных пазух. У этих больных изначально нет предпосылок для нарушения функции МЦК, все развившиеся у них нарушения произошли из-за воспалительного процесса в верхнечелюстной пазухе в результате попадания в нее инородного тела при стоматологических манипуляциях на зубах верхней челюсти. Именно у таких пациентов можно наблюдать динамику изменения локального МЦК и других явлений, связанных исключительно с



**Рисунок 3.** Средние исходные значения локального МЦК при распределении больных с инородными телами верхнечелюстных пазух по возрастным группам ( $M \pm \sigma$ , Гц).  
**Figure 3.** Mean initial values of local MCC in the distribution of patients with foreign bodies in the maxillary sinuses by age ( $M \pm \sigma$ , Hz).

верхнечелюстным синуситом, оперативным вмешательством и хирургической травмой в ходе формирования доступа к верхнечелюстной пазухе.

В группах исследования оказалось приблизительно равное количество больных с различными стадиями морфологических изменений среднего носового хода и околоносовых пазух по данным КТ. С этой точки зрения группы, сформированные нами для клинического исследования, являются достаточно однородными и репрезентативными.

При группировке данных в основных группах исследования было установлено, что наибольшее влияние на исходный уровень локального МЦК оказывают изменения воспалительного характера в области среднего носового хода и передней группы околоносовых пазух. Они возникают обычно при длительной персистенции инородного тела, сопровождаются появлением четких стабильных морфологических изменений слизистой оболочки этой области (значительные утолщения, воспалительно-полипозные разрастания), регистрируемых на КТ-исследовании. Эти различия в значениях исходного локального МЦК при группировке, по

данным КТ-исследования, статистически значимы. Нами также выявлено, что наличие такого фактора, как мицетома в верхнечелюстной пазухе, отрицательно влияет на исходный уровень локального МЦК среднего носового хода.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольшее влияние на исходный уровень локального МЦК оказывают изменения в области среднего носового хода и передней группы околоносовых пазух воспалительного характера, возникающие обычно при длительной персистенции инородного тела. Изменения сопровождаются появлением четких стабильных морфологических изменений слизистой оболочки этой области (значительного утолщения, воспалительно-полипозных разрастаний), регистрируемых на КТ-исследовании. Наличие мицетома в верхнечелюстной пазухе также отрицательно влияет на исходный уровень локального МЦК среднего носового хода. ■

**Конфликт интересов:** все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Sedaghat MH, Shahmardan MM, Norouzi M, et al. Effect of cilia beat frequency on mucociliary clearance. *J Biomed Phys Eng.* 2016;6 (4):265-278.
- Kempeneers C, Seaton C, Chilvers MA. Variation of ciliary beat pattern in three different beating planes in healthy subjects. *Chest.* 2017;151(5):993-1001. doi: 10.1016/j.chest.2016.09.015
- Jiao J, Meng N, Wang H, et al. The effects of vitamins C and B12 on human nasal ciliary beat frequency. *BMC Complement Altern Med.* 2013;13(1):1-6. doi: 10.1186/1472-6882-13-11
- Workman AD, Cohen NA. The Effect of Drugs and Other Compounds on the Ciliary Beat Frequency of Human Respiratory Epithelium. *American Journal of Rhinology & Allergy.* 2014;28(6):454-464. doi: 10.2500/ajra.2014.28.4092
- Chernykh NM. The mucociliary system with changes in the hormonal status. *Russian Rhinology.* 2014;4:57-60. (In Russ.). [Черных Н.М. Состояние мукоцилиарной системы слизистой оболочки полости носа при изменениях гормонального статуса. *Российская ринология.* 2014;4:57-60]. doi: 10.17116/rosrino201422457-60
- Zaharova GP, Janov JuK, Shabalin VV. Mucociliar system of upper airways. SPb., 2010. (In Russ.). [Захарова Г.П., Янов Ю.К., Шабалин В.В. Мукоцилиарная система верхних дыхательных путей. СПб., 2010].
- Magomedov MM, Zeinalova DF, Magomedova NM, et al. Functional state of the mucous membrane of the nasal cavity and paranasal sinuses after radical and minimally invasive surgical interventions. *Bulletin of Otorhinolaryngology.* 2016;81(2):88-92. (In Russ.). [Магомедов М.М., Зейналова Д.Ф., Магомедова Н.М., и др. Функциональное состояние слизистой оболочки полости носа и околоносовых пазух после радикальных и малоинвазивных хирургических вмешательств. *Вестник оториноларингологии.* 2016;81(2):88-92].
- Myller JP, Luukkainen AT, Huhtala HS, et al. Satisfaction with maxillary sinus surgery might be influenced by risk factors. *Allergy Rhinol (Providence).* 2013;4(1):6-12. doi: 10.2500/ar.2013.4.0039
- Luukkainen A, Myller J, Torkkeli T, et al. Endoscopic sinus surgery with antrostomy has better early endoscopic recovery in comparison to the ostium-preserving technique. *ISRN Otolaryngol.* 2012;2012:189383. doi: 10.5402/2012/189383
- Koskinen A, Salo R, Huhtala H, et al. Factors affecting revision rate of chronic rhinosinusitis. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2016;1(4):96-105. doi: 10.1002/lio2.27
- Tint D, Kubala S, Toskala E. Risk Factors and Comorbidities in Chronic Rhinosinusitis. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2016;16(2):16. doi: 10.1007/s11882-015-0589-y
- Venetis G, Bourlidou E, Liokatis PG, et al. Endoscopic assistance in the diagnosis and treatment of odontogenic maxillary sinus disease. *Oral Maxillofac Surg.* 2014;18(2):207-212. doi: 10.1007/s10006-013-0413-6
- Mareev OV, Mareev GO, Fedosov IV, et al. Evaluation of mucociliary clearance in the postoperative period after a maxillary sinus surgery. *Science and Innovations in Medicine* 2020;5(1):23-27. (In Russ.). [Мареев О.В., Мареев Г.О., Федосов И.В., и др. Исследование мукоцилиарного клиренса в послеоперационном периоде при различных вмешательствах на верхнечелюстной пазухе. *Наука и инновации в медицине.* 2020;5(1):23-27]. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-1-23-27
- Smith CM, Djakow J, Free RC, et al. CiliaFA: a research tool for automated, high-throughput measurement of ciliary beat frequency using freely available software. *Cilia.* 2012;1:14. doi: 10.1186/2046-2530-1-14
- Zhang L, Han DM, Wang H, et al. Measurement of respiratory ciliary beat frequency quantified with high-speed digital microscopy. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi.* 2004;39(7):433-437.