

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

## Ультранизкодозная компьютерная томография в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей: обзор литературы

© Лайпан А.Ш.\*, Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Гомболевский В.А.

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва; 109029 Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1, Российская Федерация

**Актуальность.** Заболевания придаточных пазух носа широко распространены в детском возрасте. Рентгенологические исследования, и в том числе рентгеновская компьютерная томография (КТ), являются оптимальным и эффективным методом диагностики. Организм ребенка более чувствителен к радиационной нагрузке, чем взрослых. Порог облучения, который может индуцировать поражение внутренних органов у детей, требует четкого выбора методики рентгенологического исследования с минимальной радиационной нагрузкой. В профессиональном сообществе в настоящее время отсутствует единая позиция по вопросу целесообразности применения ультранизкодозной КТ в педиатрии.

**Цель исследования:** систематизация данных о целесообразности и эффективности применения низкодозной КТ при диагностике заболеваний околоносовых пазух в педиатрии.

**Материал и методы.** Для выполнения поставленной цели проведен анализ 57 релевантных отечественных и зарубежных публикаций за период с января 2001 г. по ноябрь 2019 г. в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed, Scholar.google по ключевым словам: “lowdose CT”, “children”, “paranasalsinus”, “pediatric”, “диагностика”, “дети”, “низкодозная компьютерная томография”, “синусит”, “околоносовые пазухи”.

**Результаты.** Изучение опубликованных в доступной литературе результатов исследований разных авторов позволило обобщить современные данные о лучевой диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей и использовании КТ, а также определить возможные варианты снижения дозы лучевой нагрузки.

**Заключение.** Проведение большого количества рентгенологических исследований у ребенка приводит к риску развития онкологических заболеваний. Вместе с тем именно рентгенологические исследования являются эффективным способом диагностики заболеваний околоносовых пазух, при этом КТ является “золотым стандартом” диагностических исследований. Актуальной задачей является разработка методики КТ со снижением радиационной нагрузки без потери качества изображения. В обзоре изученных научных работ обоснована необходимость пересмотра и оптимизации стандартных протоколов рентгенологических исследований околоносовых пазух для определения эффективности и целесообразности методик лучевых исследований с минимальным риском радиационной нагрузки на ребенка.

**Ключевые слова:** ультранизкодозная компьютерная томография, околоносовые пазухи, синусит, диагностика, педиатрия

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Исследование не имело спонсорской поддержки.**

**Для цитирования:** Лайпан А.Ш., Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Гомболевский В.А. Ультранизкодозная компьютерная томография в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей: обзор литературы. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 109–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

**Поступила в редакцию:** 05.06.2020. **Принята к печати:** 07.04.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.



# Ultra-low-dose computed tomography in the diagnosis of diseases of the paranasal sinuses in pediatric population: literature review

© Albina Sh. Laipan\*, Sergey P. Morozov, Lyudmila A. Nizovtsova, Ivan A. Blokhin, Victor A. Gombolevsky

State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department"; 28-1, Srednyaya Kalitnikovskaya str., Moscow 109029, Russian Federation

**Background.** Sinonasal diseases are widespread in childhood. Radiological studies, including computer tomography, are an optimal and effective method of diagnosis. The child's body is more sensitive to radiation exposure than adults. The threshold of exposure, which may induce internal organs injury in children, requires a precise selection of the radiological method with minimal radiation dose. There is currently no unified position in the professional community on the appropriateness of the use of ultra-low-dose computed tomography in pediatrics.

We reviewed the data on the appropriateness and effectiveness of paranasal low-dose computed tomography in pediatrics.

**Materials.** 57 domestic and foreign publications, for the period from January 2001 to November 2019. In order to achieve the objective, we analyzed relevant domestic and foreign publications in scientific libraries e-LIBRARY, PubMed, Google Scholar per the keywords: "low-dose CT", "children", "paranasal sinus", "pediatric", "diagnosis", "children", "low-dose computed tomography", "sinusitis", "paranasal sinuses".

**Results.** The analysis of the available literature allowed summarizing the current data on pediatric paranasal disease diagnostics and the use of computed tomography, as well as to identify possible options for reducing radiation dose.

**Conclusions.** Conducting many radiological examinations in a child leads to the risk of cancer. However, these examinations are an effective way to diagnose paranasal diseases, and a CT scan is the "gold standard". The actual task is to develop a CT technique with reduced radiation exposure without compromising image quality. The need to review and optimize the standard protocols of radiological studies to determine the efficacy and feasibility of studies with minimal radiation exposure to children is justified.

**Keywords:** ultra-low-dose computer tomography, paranasal sinuses, sinusitis, diagnostics, publications, pediatrics

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Laipan A.S., Morozov S.P., Nizovtsova L.A., Blokhin I.A., Gombolevskiy V.A. Ultra-low-dose computed tomography in the diagnosis of diseases of the paranasal sinuses in pediatric population: literature review. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 109–118. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-908>

**Received:** 05.06.2020.

**Accepted for publication:** 07.04.2021.

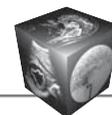
**Published online:** 15.09.2021.

## Введение

Заболевания носа и околоносовых пазух, а также соседних анатомических структур включают различные патологии, особенно воспалительного характера. Врожденные заболевания, такие как пороки развития и структурные отклонения носовой перегородки, редко требуют медикаментозного лечения. Иммунологическая функция слизистой оболочки и генетические факторы играют роль в развитии заболеваний верхних дыхательных путей у детей, особенно из-за меняющейся анатомии во время роста [1]. Наиболее распространенными заболеваниями в педиатрической практике являются синуситы. У детей синусит определяется как внезапное появление двух или более сим-

птомов: заложенность носа, затрудненное носовое дыхание, бесцветные/светлые выделения из носа, кашель (в дневное или ночное время). Симптомы могут сохраняться в течение 12 нед, но могут наблюдаться и бессимптомные промежутки, если заболевание носит рецидивирующий характер [2].

Синусит обусловлен риногенным инфицированием и может иметь инфекционную этиологию (вирусную, бактериальную или грибковую), а также вызываться другими факторами, такими как аллергены, раздражители окружающей среды. Синусит в 2–10% случаев имеет бактериальную этиологию, а в 90–98% случаев вызывается вирусами. Вторичная бактериальная инфекция около-



носовых пазух после перенесенной вирусной инфекции верхних дыхательных путей развивается у 5% детей [3]. В воспалительный процесс может быть вовлечена любая из околоносовых пазух, но на первом месте по частоте поражения стоит верхнечелюстная, затем решетчатая, лобная, клиновидная. Такая последовательность характерна для взрослых и детей старше 7 лет. У детей в возрасте до 3 лет преобладает острое воспаление решетчатых пазух (до 80–90%), а от 3–7 лет – решетчатых и верхнечелюстных пазух [4]. К характерной анатомической особенности пазух в раннем детском возрасте относится относительная узость всех носовых ходов. Нижняя носовая раковина занимает 2/3 полости носа, спускается до дна, что обуславливает быстро наступающее затруднение носового дыхания даже при небольшой отечности слизистой оболочки при катаральном воспалении [4].

Синусит у детей может иногда иметь неспецифические признаки и симптомы. Это и делает медицинскую визуализацию главным этапом диагностики и выбора эффективного лечения. При диагностике синусита, кроме эндоскопического исследования, рекомендовано проведение ультразвукового исследования (УЗИ) околоносовых пазух [5], рентгенографии и компьютерной томографии (КТ) околоносовых пазух [6]. Как известно, КТ является наиболее информативным методом и “золотым стандартом” исследования околоносовых пазух [6]. Учитывая лучевую нагрузку при КТ, некоторые авторы отмечают возможность совершенствования этой методики – использование низкодозной КТ [7–9].

**Цель исследования** – систематизация имеющихся в литературе сведений о целесообразности и результативности применения низкодозной КТ в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей.

### Материал и методы

Материал обзора составили 57 тематических публикаций отечественных и зарубежных авторов за период с января 2001 г. по ноябрь 2019 г.

Дизайн обзора выполнен в соответствии с методологией “The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions” [10]. Проведен анализ релевантных отечественных и зарубежных источников литературы в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed, Scholar.google по ключевым словам: “lowdose CT”, “children”, “paranasalsinus”, “pediatric”, “диагностика”, “дети”, “низкодозная компьютерная томография”, “синусит”, “околоносовые пазухи”.

### Результаты и их обсуждение

Изучены работы 57 отечественных и зарубежных авторов по тематике лучевых исследований в диагностике заболеваний околоносовых пазух у детей. В случаях работ с аналогичными результатами исследований в список использованной литературы включались статьи с большим количеством пациентов или более поздней датой публикации. Таким образом, прилагаемый список литературы составил 42 источника.

#### Ультразвуковое исследование

Проведены исследования, направленные на оценку значения ультразвука в диагностике заболеваний околоносовых пазух носа в детском возрасте. Значение УЗИ было проверено путем сравнения полученных результатов с результатами рентгенографии. Помимо попытки сопоставления результатов, была оценена специфичность и чувствительность УЗИ. Отмечена относительно высокая чувствительность и относительно низкая специфичность УЗИ [11]. Вывод: ультразвуковое обследование может служить методом скрининга у детей. Будучи чувствительным и безопасным, этот метод может быть использован у пациентов, которым требуется частое обследование на предмет хронических заболеваний или рецидивирующего гайморита [12]. Однако полученные результаты должны быть проверены с помощью рентгенографии из-за низкой специфичности УЗИ, особенно до начала терапии пациентов с неясной клинической картиной заболевания [11].

#### Рентгенография

Первостепенное значение при рентгенографии имеют правильная укладка пациента и соблюдение оптимального режима исследования. Обычно исследование выполняется в носоподбородочной проекции. Но за счет суммационной природы изображений интерпретация рентгенограмм может представлять определенные сложности. Например, при наложении окружающих костных структур или гипоплазии пазухи требуются дополнительные снимки для уточнения рентгенологической картины [13]. Дополнительно рентгенография может выполняться в носолобной или боковой проекции для уточнения состояния лобной и клиновидной пазух [14]. Очевидно, что выполнение дополнительных проекций увеличивает радиационную нагрузку на ребенка. Для получения наиболее четкого отображения структуры тканей придаточных пазух назначают КТ [15]. Как показали результаты исследований, проведения рентгенографии достаточно для диагностики патологии верхнечелюстной пазухи у детей. Чувствитель-



ность для диагностики любой патологии в верхнечелюстной пазухе составила 67,7%, специфичность – 87,6%, точность – 78,6%. Чувствительность для диагностики заболеваний в лобной пазухе до 54%, в ячейках решетчатой кости до 58,9%. Чувствительность в отношении заболеваний клиновидной пазухи была очень низкой – до 3,8% [16].

### **Компьютерная томография**

Ввиду определенных ограничений возможностей рентгенографии “золотым стандартом” на сегодняшний день в диагностике синуситов является рентгеновская КТ. КТ околоносовых пазух широко рекомендуют зарубежные стандарты диагностики синуситов, в частности European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps (EPOS) [17].

КТ околоносовых пазух предоставляет собой пространственное отображение внутриносовых структур и околоносовых пазух, тем самым позволяя судить о характере анатомических и морфологических изменений. Некоторые авторы рекомендуют выполнение КТ при подозрении на патологию клиновидной пазухи, при диагностике грибковых заболеваний [18]. КТ является методом выбора при подозрении на патологию орбит, а также позволяет составить планиметрическую схему выполнения хирургического вмешательства [18]. Подход к проведению КТ определяется соотношением риск/польза. В связи с этим очевидна необходимость совершенствования методики КТ с уменьшением радиационной нагрузки. Такая задача актуальна для КТ, ориентированной не только на исследование околоносовых пазух.

### **Магнитно-резонансная томография**

Магнитно-резонансная томография (МРТ) околоносовых пазух применяется в случаях, когда предполагаются обширные или множественные осложнения синусита [18]. Неинвазивное и неионизирующее исследование, МРТ при этом является высокочувствительным методом, позволяющим выявлять изменения мягкотканых структур при синуситах. Кроме того, на магнитно-резонансных томограммах околоносовых пазух визуализируются патологические изменения после перенесенного острого синусита, которые сохраняются в течение длительного времени при отсутствии клинической симптоматики.

### **Стратегия оптимизации дозы лучевой нагрузки**

Известно, что организм ребенка более чувствителен к радиационной нагрузке, чем взрослого человека. Вместе с тем высокая радиационная нагрузка неизбежна при проведении “золотого стандарта” – КТ околоносовых пазух. Порог облу-

чения, который может индуцировать серьезное поражение внутренних органов у детей, определяет возможность более быстрого и серьезного радиационного поражения тканей ребенка при рентгенологических исследованиях [8].

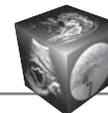
Таким образом, актуальным является поиск альтернативных методов исследования околоносовых пазух, которые удовлетворяли бы требованиям специалистов и могли применяться не только для первичной диагностики, но и в процессе динамического наблюдения. В отношении лучевой диагностики с полным основанием должен применяться принцип ALARA, который утверждает, что лучевая нагрузка должна быть настолько низкая, насколько это возможно в каждом конкретном случае при сохранении диагностического уровня изображений [19].

В 2008 г. Обществом педиатрической радиологии (SPR, Society for Pediatric Radiology), Американским обществом радиологических технологов (American Society for Radiologic Technologists), Американским радиологическим обществом (ACR American College of Radiology) и Американской ассоциацией физиков в медицине (American Association of Physicists in Medicine) была основана организация Image Gently [20–22]. Эта организация успешно развивает национальную программу повышения осведомленности о КТ в педиатрической практике.

Стратегия снижения дозы лучевой нагрузки, несомненно, актуальна, но наиболее эффективным способом снижения лучевой нагрузки является ее отсутствие.

В мире уже сделаны значительные шаги в сторону снижения дозы лучевой нагрузки при КТ-исследованиях. Разработаны различные методы и стратегии, основанные на учете индивидуальных характеристик пациента, изменении параметров протокола сканирования [8, 21, 23–27]. Некоторые производители компьютерных томографов снабжают свои сканеры алгоритмами автоматической регулировки силы тока (mA), тем самым подбирая минимально эффективное воздействие с учетом характеристик затухания излучения в определенных тканях. Члены рабочей группы SPR и Image Gently работают с производителями, чтобы оптимизировать расчет дозы облучения для детей на основе моделей антропоморфного фантома, которые лучше отражают различные размеры, формы и свойства детского тела [9].

Наиболее доступным и эффективным способом снижения лучевой нагрузки у детей являются пересмотр стандартных протоколов КТ-исследования, оптимизация параметров сканирования соответственно поставленной диагностической задаче.



### Радиационная доза

Радиационная доза (доза облучения) измеряется в единицах поглощенной дозы, которая представляет собой количество энергии, поглощенной на единицу массы, и имеет единицы измерения Грей (1 Дж/кг). Поскольку различные ткани по-разному чувствительны к излучению, важно определить эффективную дозу (E), которая измеряется единицами Зиверта (Sv), и оценить стохастический риск от излучения. Эффективная доза для органа оценивается по поглощенной дозе (мГр), умноженной на специфический для органа коэффициент преобразования (k), который зависит от радиочувствительности органа и возраста сканируемого человека [28].

Чтобы получить общую оценку дозы облучения, используется DLP (Dose Length Product), которая является произведением длины излучаемого объема сканирования и среднего индекса дозы (CTDI, Computed Tomography Dose Index), и имеет единицы измерения в миллигрей-сантиметрах (мГр-см). CTDI vol и DLP зависят от анатомии пациента и соответствующих технических факторов для всей области сканирования.

### Параметры КТ-сканирования, влияющие на дозу облучения

Существует несколько параметров, которые влияют на дозу облучения для современных компьютерных томографов: напряжение трубки, ток трубки, конфигурация детектора, шаг, длина сканирования и количество фаз формирования изображения одной анатомической области.

1. Напряжение трубки (единица измерения – киловольты (кВ/kVp) выбирается при настройке протокола сканирования, показывает разность напряжения между катодом и анодом, направляющим электроны через рентгеновскую трубку. Параметр влияет как на качество, так и на количество генерируемых рентгеновских спектров. Связь между напряжением и дозой облучения нелинейная. Доза облучения меняется пропорционально квадрату напряжения. Снижение напряжения трубки при сканировании может снизить дозу облучения и улучшить контраст мягких тканей. Снижение значения напряжения трубки со 120 до 100 кВ может снизить дозу ~ на 23%, что особенно важно для детей [29].

2. Ток трубки определяет количество электронов, протекающих через катод за единицу времени (в секундах) и измеряется в миллиамперах (мА). Параметр пропорционален потоку фотонов, излучаемому из фокального пятна за единицу времени. Ток трубки – наиболее часто настраиваемый параметр сканирования для увеличения

или уменьшения дозы облучения. Его значение линейно дозе облучения. Учет размеров тела пациента позволяет добиться значительного снижения дозы за счет уменьшения мАс [29].

3. Современные КТ-сканеры используют несколько систем детекторов, тем самым значительно сокращают время сканирования, обеспечивая одинаковое разрешение в направлениях X, Y и Z [29].

4. Шаг сканирования – это отношение подачи стола к повороту гентри стола, деленное на ширину луча. Когда стол перемещается на то же расстояние, что и ширина луча, шаг равен единице. Доза обратно пропорциональна шагу, поэтому шаг меньше единицы означает увеличение дозы. Шаг больше единицы означает, что доза будет уменьшаться, но возрастает риск анизотропии вокселей, что может привести к снижению качества изображения [29].

5. Длина сканирования – это длина анатомической области пациента, которая подвергается воздействию рентгеновского луча в направлении Z. Длина сканирования всегда должна быть оптимизирована путем ограничения сканирования интересующей области [29].

Автоматическая модуляция тока в трубке, автоматический выбор напряжения трубки и итеративная реконструкция – все это может снизить дозу облучения пациента, одновременно обеспечивая высококачественные диагностические исследования [30, 31].

### Снижение дозы при КТ в диагностике заболеваний придаточных пазух носа

Одним из способов щадящего применения высокотехнологичных лучевых методов является низкодозная компьютерная томография (НДКТ), позволяющая снизить дозу облучения исследуемого ребенка в несколько раз [32]. Некоторые авторы выделяют новый термин “ультранизкодозная компьютерная томография” (УНДКТ), заключающийся в получении качественного КТ-исследования при дозе лучевой нагрузки ниже 1 мЗв, однако в литературе часто термины НДКТ и УНДКТ используются как тождественные [33]. При КТ околоносовых пазух визуализируются структуры трех плотностных диапазонов: воздух, кости и мягкие ткани. При существенном снижении силы тока до 10–40 мАс (при стандартной силе тока до 150–200 мАс) качество получаемых изображений приемлемо для определения характеристик патологических изменений и решения диагностической задачи. Это позволяет использовать НДКТ как метод диагностики при заболеваниях околоносовых пазух [34–36].



Применение НДКТ стало возможным у детей с использованием алгоритмов шумоподавления при соблюдении главного условия – отсутствия потерь диагностически важной информации [26].

**Итеративная реконструкция** – это алгоритмический метод, который использует статистические и геометрические модели для реконструкции данных изображения со снижением шума при сохранении качества изображения. Применение этой технологии в клинических условиях может привести к снижению дозы на 20–40% по сравнению со стандартной реконструкцией обратной проекции [37].

Проведено исследование для оценки алгоритма итеративной реконструкции MBIR (model-based iterative reconstruction) в клинической практике при проведении НДКТ придаточных пазух носа у детей (J. Sun и соавт., 2018).

Для демонстрации способности MBIR в снижении шума, характерного для протоколов низкодозного КТ-сканирования (80 кВ/64 мАс), исследования реконструированы с использованием MBIR и стандартной реконструкцией FBP (filtered back-projection, отфильтрованная обратная проекция). Изображения MBIR также сравнивали с изображениями исследований околоносовых пазух со стандартным протоколом, реконструированными с помощью итеративной реконструкции ASIR (adaptive statistical iterative reconstruction) [24].

На втором этапе 14 пациентам (изображения с ASIR при первичном сканировании), направленным на динамический контроль, было проведено исследование с низкодозным протоколом и реконструкцией алгоритмом MBIR. На обоих этапах исследования измеряли шум изображения и коэффициент шума (CNR, Carrier to Noise Ratio); CTDIvol и DLP и проводили расчет эффективной дозы (J. Sun и соавт., 2018). Согласно полученному результату, MBIR обеспечил аналогичное качество изображения при значительно уменьшенной дозе облучения при КТ околоносовых пазух у детей по сравнению со стандартным протоколом исследования с алгоритмом ASIR. Значение CTDIvol для 1-й группы было на 63,9% ниже, чем в группе со стандартным протоколом ( $1,09 \pm 0,01$  мГр и  $3,02 \pm 0,35$  мГр соответственно). По сравнению с реконструкцией ASIR и стандартным протоколом исследования изображения с MBIR в группе с ультранизкими дозами имели на 39,9% более низкий уровень шума ( $9,5 \pm 0,8$  HU и  $15,8 \pm 3,3$  HU соответственно) и на 63,6% более высокое значение CNR ( $14,4 \pm 4,7$  и  $8,8 \pm 2,2$  соответственно) с аналогичным субъективным показателем каче-

ства изображения. Для пациентов на втором этапе было достигнуто снижение шума и дозы на 65,5% (J. Sun и соавт., 2018).

Было проведено исследование, где оценивали эффективность различных итеративных реконструкций (3D AIDR и SAFIRE) при исследовании околоносовых пазух с низкодозными протоколами [38]. В реконструированных изображениях оценивалось качество изображения. Шум был значительно ниже после реконструкции с AIDR 3D. Другие показатели (DLP, ED, CTDIvol) были ниже для реконструкции с SAFIRE. Результаты показали, что итеративная реконструкция независимо от производителя даже при самых малых дозах облучения (ниже 0,1 мЗв) обеспечивает диагностическое качество изображения [38].

### Перспективы дальнейших исследований

По результатам обзора публикаций можно сделать выводы о необходимости дальнейших исследований:

- 1) определение ключевых параметров для оптимизации существующих КТ-протоколов;
- 2) сравнение стандартного КТ-протокола и УНДКТ-протокола;
- 3) уточнение возможности использования УНДКТ-протокола при динамическом контроле.

### Заключение

В обзоре представлены современные данные о возможной оптимизации стандартных протоколов КТ околоносовых пазух с целью снижения лучевой нагрузки и улучшения качества полученных изображений. Из вышесказанного следует, что вопрос применения УНДКТ в диагностике околоносовых пазух у детей, несомненно, актуален и обязателен для изучения в дальнейшем.

### Участие авторов

Лайпан А.Ш. – сбор и обработка данных, написание текста, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Морозов С.П. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Низовцова Л.А. – концепция и дизайн исследования, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Блохин И.А. – сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Гомболевский В.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, утверждение окончательного варианта статьи.



### Authors' participation

Laipan A.S. – collection and analysis of data, writing text, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Morozov S.P. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Nizovtsova L.A. – concept and design of the study, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Blokhin I.A. – collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Gomboleviskiy V.A. – concept and design of the study, collection and analysis of data, approval of the final version of the article.

### Список литературы

- Stenner M., Rudack C. Erkrankungen der Nase und der Nasennebenhöhlen im Kindesalter [Diseases of the nose and paranasal sinuses in childhood]. *Laryngorhinootologie*. 2014; 93, Suppl. 1: S24–S48. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363211> (In Germany)
- Крюков А.И., Студеный М.Е., Артемьев М.Е., Чумаков П.Л., Рынков Д.А., Горин Д.С. Лечение пациентов с риносинуситами: возможности консервативного и оперативного воздействия. *Медицинский совет*. 2012; 11; 92–96.
- Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов. Клинические рекомендации “Острый синусит”, Минздрав РФ, 2016.
- Абдулкеримов Х.Т., Рязанцев С.В., Гаращенко Т.А., Гуров А.В., Карнеева О.В. и др. Принципы этиопатогенетической терапии острых синуситов. Клинические рекомендации. 2014.
- Антимикробная терапия по Дж. Сэнфорду / Под ред. Д. Гилберта. М.: Гранат, 2013. 640 с.
- Яковлев В.П., Яковлев С.В. Рациональная антимикробная фармакотерапия: Руководство для практикующих врачей. М., 2003; Т. 2. 1001 с.
- Wuest W., May M., Saake M., Brand M., Uder M., Lell M. Low-Dose CT of the Paranasal Sinuses: Minimizing X-Ray Exposure with Spectral Shaping. *Eur. Radiol*. 2016; 26 (11): 4155–4161. <http://doi.org/10.1007/s00330-016-4263-0>
- Brenner D., Elliston C., Hall E., Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am. J. Roentgenol*. 2001; 176 (2): 289–296. <http://doi.org/10.2214/ajr.176.2.1760289>
- Strauss K.J., Goske M.J., Frush D.P., Butler P.F., Morrison G. Image Gently Vendor Summit: working together for better estimates of pediatric radiation dose from CT. *Am. J. Roentgenol*. 2009; 192 (5): 1169–1175. <http://doi.org/10.2214/AJR.08.2172>
- Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P.A., Clarke M., Devereaux P.J., Kleijnen J., Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *Br. Med. J*. 2009; 339: b2700. <http://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- Soboczyński A., Breborowicz A., Skuratowicz A., Breborowicz G. Ultrasound examination in presentation A for diagnosis of maxillary sinusitis in childhood. *Pol. Tyg Lek*. 1993; 48 (9–10): 226–228.
- Fufezan O., Asavoai C., Cherecheș Panta P., Mișuț G., Bursașiu E., Anca I., Iacob D., Gocan H., Valean C. The role of ultrasonography in the evaluation of maxillary sinusitis in pediatrics. *Med. Ultrason*. 2010; 12 (1): 4–11.
- Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Sinus imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr. Allergy Asthma Rep*. 2012; 12 (2): 136–143. <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0244-9>
- Alokken T., Hagtvedt T., Dalen I., Kolbenstvedt A. Conventional sinus radiography compared with CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32 (1): 60–62. <http://doi.org/10.1259/dmfr/6513909>
- Triulzi F., Zirpoli S. Imaging techniques in the diagnosis and management of rhinosinusitis in children. *Pediatr. Allergy Immunol*. 2007; 18, Suppl. 18: 46–49. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2007.00633.x>
- Konen E., Faibel M., Kleinbaum Y., Wolf M., Lusky A., Hoffman C., Eyal A., Tadmor R. The value of the occipitomeatal (Waters') view in diagnosis of sinusitis: a comparative study with computed tomography. *Clin. Radiol*. 2000; 55 (11): 856–860. <http://doi.org/10.1053/crad.2000.0550>
- Fokkens W.J., Lund V.J., Mullol J. et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. A summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology*. 2012; 50 (1): 1–12. <http://doi.org/10.4193/Rhino50E2>
- Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Diagnosis of chronic rhinosinusitis. *Pediatr. Allergy Immunol*. 2012; 23, Suppl. 22: 20–26. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2012.01320.x>
- The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric CT intelligent dose reduction. Multidisciplinary conference organized by the Society of Pediatric Radiology. August 18–19, 2001. *Pediatr. Radiol*. 2002; 32 (4): 217–313. <http://doi.org/10.1007/s00247-002-0665-z>
- Frush D.P., Donnelly L.F., Rosen N.S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics*. 2003; 112 (4): 951–957. <http://doi.org/10.1542/peds.112.4.951>
- Goske M.J., Applegate K.E., Boylan J., Butler P.F., Callahan M.J., Coley B.D., Farley S., Frush D.P., Hernandez-Schulman M., Jaramillo D., Johnson N.D., Kaste S.C., Morrison G., Strauss K.J., Tuggle N. The Image Gently campaign: working together to change practice. *Am. J. Roentgenol*. 2008; 190 (2): 273–274. <http://doi.org/10.2214/AJR.07.3526>
- Strauss K.J., Goske M.J., Kaste S.C., Bulas D., Frush D.P., Butler P., Morrison G., Callahan M.J., Applegate K.E. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *Am. J. Roentgenol*. 2010; 194 (4): 868–873. <http://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>
- Toth T.L., Cesmeli E., Ikhlef A., Horiuchi T. Image quality and dose optimization using novel x-ray source filters tailored to patient size. Proceedings. Vol. 5745. Medical Imaging 2005: Physics of Medical Imaging; (2005). <https://doi.org/10.1117/12.595465>
- Sun J., Zhang Q., Duan X., Zhang C., Wang P., Jia C., Liu Y., Peng Y. Application of a full model-based iterative reconstruction (MBIR) in 80 kVp ultra-low-dose paranasal



- sinus CT imaging of pediatric patients. *Radiol. Med.* 2018; 123 (2): 117–124. <http://doi.org/10.1007/s11547-017-0812-0>
25. Bodelle B., Wichmann J.L., Klotz N., Lehnert T., Vogl T.J., Luboldt W., Schulz B. Seventy kilovolt ultra- low dose CT of the paranasal sinus: first clinical results. *Clin. Radiol.* 2015; 70 (7): 711–715. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2015.03.002>
26. Schulz B., Beeres M., Bodelle B., Bauer R., Al-Butmeh F., Thalhammer A., Vogl T.J., Kerl J.M. Performance of iterative image reconstruction in CT of the paranasal sinuses: a phantom study. *Am. J. Neuroradiol.* 2013; 34 (5): 1072–1076. <http://doi.org/10.3174/ajnr.A3339>
27. Linton O.W., Mettler F.A. Jr.; National Council on Radiation Protection and Measurements. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (2): 321–329. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.2.1810321>
28. McCollough C.H., Schueler B.A. Calculation of effective dose. *Med. Phys.* 2000; 27 (5): 828–837. <http://doi.org/10.1118/1.598948>
29. Nelson T.R. Practical strategies to reduce pediatric CT radiation dose. *J. Am. Coll. Radiol.* 2014; 11 (3): 292–299. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.10.011>
30. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. American Association of Physicists, College Park, MD, 2012. Available at: <http://www.aapm.org/publicgeneral/BismuthShielding.pdf>
31. Brenner D.J., Hall E.J. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N. Engl. J. Med.* 2007; 357 (22): 2277–2284. <http://doi.org/10.1056/NEJMra072149>
32. Abul-Kasim K., Strömbeck A., Sahlstrand-Johnson P. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: radiation doses and reliability analysis. *Am. J. Otolaryngol.* 2011; 32 (1): 47–51. <http://doi.org/10.1016/j.amjoto.2009.08.004>
33. Московский скрининг рака легкого. <http://ndkt.ru/>
34. Tack D., Widelec J., De Maertelaer V., Bailly J.M., Delcour C., Gevenois P.A. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (4): 939–944. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.4.1810939>
35. Sohaib S.A., Peppercorn P.D., Horrocks J.A., Keene M.H., Kenyon G.S., Reznick R.H. The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. *Br. J. Radiol.* 2001; 74 (878): 157–161. <http://doi.org/10.1259/bjr.74.878.740157>
36. Hagtvedt T., Aaløkken T.M., Nøtthellen J., Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (5): 976–980. <http://doi.org/10.1007/s00330-002-1652-3>
37. Seibert J.A. Iterative reconstruction: how it works, how to apply it. *Pediatr. Radiol.* 2014; 44, Suppl. 3: 431–439. <http://doi.org/10.1007/s00247-014-3102-1>
38. Schaafs L.A., Pfeil J., Köhlitz T., Hamm B., Niehues S.M. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: performance of two different iterative reconstruction algorithms. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2019; 183 (3): 386–392. <http://doi.org/10.1093/rpd/ncy153>

## References

1. Stenner M., Rudack C. Erkrankungen der Nase und der Nasennebenhöhlen im Kindesalter [Diseases of the nose and paranasal sinuses in childhood]. *Laryngorhinootologie.* 2014; 93, Suppl. 1: S24–S48. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363211> (In German)
2. Krjukov A.I., Studenyj M.E., Artem'ev M.E., Chumakov P.L., Rynkov D.A., Gorin D.S. Treatment of patients with rhinosinusitis: conservative and surgical intervention. *Medical Council.* 2012; 11; 92–96. (In Russian)
3. National Medical Association of Otorhinolaryngologists. Clinical guidelines “sinusitis” 2016 г. Ministry of Health of the Russian Federation (In Russian)
4. Abdulkerimov Kh., Ryazantsev S., Garashenko T., Gurov A., Karneeva O. Etiopathogenetic therapy for sinusitis. Clinical guidelines. 2014. (In Russian)
5. The Sanford guide to antimicrobial therapy. Eds D. Gilbert. Moscow: Granat, 2013. 640 p. (In Russian)
6. Yakovlev V., Yakovlev S. Rational antimicrobial pharmacotherapy: A guide for doctors. M., 2003; T. 2. 1001 p. (In Russian)
7. Wuest W., May M., Saake M., Brand M., Uder M., Lell M. Low-Dose CT of the Paranasal Sinuses: Minimizing X-Ray Exposure with Spectral Shaping. *Eur. Radiol.* 2016; 26 (11): 4155–4161. <http://doi.org/10.1007/s00330-016-4263-0>
8. Brenner D., Elliston C., Hall E., Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 176 (2): 289–296. <http://doi.org/10.2214/ajr.176.2.1760289>
9. Strauss K.J., Goske M.J., Frush D.P., Butler P.F., Morrison G. Image Gently Vendor Summit: working together for better estimates of pediatric radiation dose from CT. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (5): 1169–1175. <http://doi.org/10.2214/AJR.08.2172>
10. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P.A., Clarke M., Devereaux P.J., Kleijnen J., Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *Br. Med. J.* 2009; 339: b2700. <http://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
11. Soboczyński A., Breborowicz A., Skuratowicz A., Breborowicz G. Ultrasound examination in presentation A for diagnosis of maxillary sinusitis in childhood. *Pol. Tyg Lek.* 1993; 48 (9–10): 226–228.
12. Fufezan O., Asavoai C., Cherecheș Panta P., Mihuț G., Bursașiu E., Anca I., Iacob D., Gocan H., Valean C. The role of ultrasonography in the evaluation of maxillary sinusitis in pediatrics. *Med. Ultrason.* 2010; 12 (1): 4–11.
13. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Sinus imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr. Allergy Asthma Rep.* 2012; 12 (2): 136–143. <http://doi.org/10.1007/s11882-012-0244-9>
14. Alokken T., Hagtvedt T., Dalen I., Kolbenstvedt A. Conventional sinus radiography compared with CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003; 32 (1): 60–62. <http://doi.org/10.1259/dmfr/6513909>
15. Triulzi F., Zirpoli S. Imaging techniques in the diagnosis and management of rhinosinusitis in children. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2007; 18, Suppl. 18: 46–49. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2007.00633.x>
16. Konen E., Faibel M., Kleinbaum Y., Wolf M., Lusky A., Hoffman C., Eyal A., Tadmor R. The value of the



- occipitomenal (Waters') view in diagnosis of sinusitis: a comparative study with computed tomography. *Clin. Radiol.* 2000; 55 (11): 856–860. <http://doi.org/10.1053/crad.2000.0550>
17. Fokkens W.J., Lund V.J., Mullol J. et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. A summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology.* 2012; 50 (1): 1–12. <http://doi.org/10.4193/Rhino50E2>
  18. Leo G., Triulzi F., Incorvaia C. Diagnosis of chronic rhinosinusitis. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2012; 23, Suppl. 22: 20–26. <http://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2012.01320.x>
  19. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric CT intelligent dose reduction. Multidisciplinary conference organized by the Society of Pediatric Radiology. August 18–19, 2001. *Pediatr. Radiol.* 2002; 32 (4): 217–313. <http://doi.org/10.1007/s00247-002-0665-z>
  20. Frush D.P., Donnelly L.F., Rosen N.S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics.* 2003; 112 (4): 951–957. <http://doi.org/10.1542/peds.112.4.951>
  21. Goske M.J., Applegate K.E., Boylan J., Butler P.F., Callahan M.J., Coley B.D., Farley S., Frush D.P., Hernanz-Schulman M., Jaramillo D., Johnson N.D., Kaste S.C., Morrison G., Strauss K.J., Tuggle N. The Image Gently campaign: working together to change practice. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190 (2): 273–274. <http://doi.org/10.2214/AJR.07.3526>
  22. Strauss K.J., Goske M.J., Kaste S.C., Bulas D., Frush D.P., Butler P., Morrison G., Callahan M.J., Applegate K.E. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (4): 868–873. <http://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>
  23. Toth T.L., Cesmeli E., Ikhlef A., Horiuchi T. Image quality and dose optimization using novel x-ray source filters tailored to patient size. Proceedings. Vol. 5745. Medical Imaging 2005: Physics of Medical Imaging; (2005). <https://doi.org/10.1117/12.595465>
  24. Sun J., Zhang Q., Duan X., Zhang C., Wang P., Jia C., Liu Y., Peng Y. Application of a full model-based iterative reconstruction (MBIR) in 80 kVp ultra-low-dose paranasal sinus CT imaging of pediatric patients. *Radiol. Med.* 2018; 123 (2): 117–124. <http://doi.org/10.1007/s11547-017-0812-0>
  25. Bodelle B., Wichmann J.L., Klotz N., Lehnert T., Vogl T.J., Luboldt W., Schulz B. Seventy kilovolt ultra- low dose CT of the paranasal sinus: first clinical results. *Clin. Radiol.* 2015; 70 (7): 711–715. <http://doi.org/10.1016/j.crad.2015.03.002>
  26. Schulz B., Beeres M., Bodelle B., Bauer R., Al-Butmeh F., Thalhammer A., Vogl T.J., Kerl J.M. Performance of iterative image reconstruction in CT of the paranasal sinuses: a phantom study. *Am. J. Neuroradiol.* 2013; 34 (5): 1072–1076. <http://doi.org/10.3174/ajnr.A3339>
  27. Linton O.W., Mettler F.A. Jr.; National Council on Radiation Protection and Measurements. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (2): 321–329. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.2.1810321>
  28. McCollough C.H., Schueler B.A. Calculation of effective dose. *Med. Phys.* 2000; 27 (5): 828–837. <http://doi.org/10.1118/1.598948>
  29. Nelson T.R. Practical strategies to reduce pediatric CT radiation dose. *J. Am. Coll. Radiol.* 2014; 11 (3): 292–299. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.10.011>
  30. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. American Association of Physicists, College Park, MD, 2012. Available at: <http://www.aapm.org/publicgeneral/BismuthShielding.pdf>
  31. Brenner D.J., Hall E.J. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N. Engl. J. Med.* 2007; 357 (22): 2277–2284. <http://doi.org/10.1056/NEJMra072149>
  32. Abul-Kasim K., Strömbeck A., Sahlstrand-Johnson P. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: radiation doses and reliability analysis. *Am. J. Otolaryngol.* 2011; 32 (1): 47–51. <http://doi.org/10.1016/j.amjoto.2009.08.004>
  33. Moscow lung cancer screening. <http://ndkt.ru> (In Russian)
  34. Tack D., Widelec J., De Maertelaer V., Bailly J.M., Delcour C., Gevenois P.A. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *Am. J. Roentgenol.* 2003; 181 (4): 939–944. <http://doi.org/10.2214/ajr.181.4.1810939>
  35. Sohaib S.A., Peppercorn P.D., Horrocks J.A., Keene M.H., Kenyon G.S., Reznek R.H. The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. *Br. J. Radiol.* 2001; 74 (878): 157–161. <http://doi.org/10.1259/bjr.74.878.740157>
  36. Hagtvedt T., Aaløkken T.M., Nøtthellen J., Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (5): 976–980. <http://doi.org/10.1007/s00330-002-1652-3>
  37. Seibert J.A. Iterative reconstruction: how it works, how to apply it. *Pediatr. Radiol.* 2014; 44, Suppl. 3: 431–439. <http://doi.org/10.1007/s00247-014-3102-1>
  38. Schaafs L.A., Pfeil J., Köhlitz T., Hamm B., Niehues S.M. Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: performance of two different iterative reconstruction algorithms. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2019; 183 (3): 386–392. <http://doi.org/10.1093/rpd/ncy153>

**Для корреспонденции\***: Лайпан Альбина Шурумовна – Тел: +7-926-419-64-44. [Dr.laipan@mail.ru](mailto:Dr.laipan@mail.ru)

**Лайпан Альбина Шурумовна** – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9934-2400>

**Морозов Сергей Павлович** – доктор мед. наук, профессор, директор ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>

**Низовцова Людмила Арсеньевна** – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>



**Блохин Иван Андреевич** – младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>

**Гомболевский Виктор Александрович** – канд. мед. наук, руководитель отдела развития качества радиологии ГБУЗ “НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>

**Contact\*:** Albina Sh. Laipan – Phone: +7-926-419-64-44. E-mail: dr.laipan@mail.ru

**Albina Sh. Laipan** – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9934-2400>

**Sergey P. Morozov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, CEO, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>

**Lyudmila A. Nizovtsova** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

**Ivan A. Blokhin** – researcher of Department of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>

**Victor A. Gombolevisky** – Cand. of Sci. (Med.), Head of Department of development of quality of radiology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>