

УДК 616 – 079.2

Е.О. БРЯНСКАЯ, И.Н. МАКОВИК, О.А. БИБИКОВА, А.В. ДУНАЕВ,
О. МИНЭ, У. ЗАБАРИЛО, Е.Г. ФЕЛИКСБЕРГЕР, В.Г. АРТЮШЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦИФРОВОЙ ДИАФАНОСКОПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ

Аннотация. *Диагностика воспалительных заболеваний околоносовых пазух (ОНП) является одной из актуальных проблем в современной оториноларингологии. Работа посвящена изучению и анализу существующих методов диагностики воспалительных заболеваний ОНП. На основе проведённого обзора и предварительных исследований сделан вывод о перспективности применения метода цифровой диафаноскопии, что позволяет преодолеть недостатки, свойственные применению рассмотренных методов.*

Ключевые слова: *оптическая диагностика, диафаноскопия, околоносовые пазухи, воспалительные заболевания.*

Введение

В настоящее время патологии околоносовых пазух (ОНП) занимают ведущее место среди всех ЛОР-заболеваний. Согласно статистике, на долю данных патологий, а также патологий полости носа приходится более 50 % от общего числа госпитализированных больных с заболеваниями ЛОР-органов, при этом их количество ежегодно увеличивается [1]. В большей степени эта тенденция характерна для женщин, для мужчин увеличение характеризуется слабopоложительной динамикой. Наибольшее количество случаев патологий ОНП и носа в их остром и хроническом течении в независимости от гендерных особенностей приходится на возраст 18-29 лет и остается постоянным до 70 лет [2].

Околоносовые пазухи представляют собой костные полости в черепе, покрытые изнутри слизистой оболочкой. Соединяясь с полостью носа через соустья, ОНП образуют воздухоносные карманы [10], которые обеспечивают согревание и увлажнение вдыхаемого воздуха, благодаря чему выполняется защита верхних дыхательных путей от переохлаждения. Кроме того, выстилающие внутреннюю оболочку ОНП реснички задерживают частички пыли и болезнетворных бактерий, тем самым реализуя защитную функцию. Выделяют четыре пары ОНП, а именно: верхнечелюстные (гайморовы), лобные, пазухи решетчатой кости и клиновидные [13]. В зависимости от локализации воспалительного процесса в околоносовых пазухах, для описания которого в отоларингологии применяется термин «синусит», выделяют гайморит, фронтит, этмоидальный синусит, сфеноидальный синусит [11].

Особенностью патологий ОНП является высокая вероятность одновременного воспаления нескольких пазух, что провоцирует возникновение полисинусита (сочетанное воспаление нескольких пазух), гемисинусита (поражение всех пазух с одной стороны) и пансинусита (поражение всех пазух с обеих сторон) [13]. Кроме этого, протекающий воспалительный процесс ОНП может приводить к формированию кистовидных растяжений пазух гнойным, слизистым, кровяным содержимым, а также воздухом. При длительном течении воспалительного процесса (более 12 месяцев) заболевание приобретает хроническую форму.

Обеспечение достоверной и безболезненной диагностики воспалительных заболеваний ОНП является одной из актуальных проблем современной оториноларингологии, в связи с этим целью данной работы является изучение и анализ существующих методов диагностики воспалительных заболеваний ОНП, а также оценка перспективности применения для проведения исследования метода цифровой диафаноскопии.

Обзор существующих методов диагностики

Для выявления патологий ОНП и полости носа наиболее широко применяют методы визуальной диагностики, а именно: рентгенографию, компьютерную томографию (КТ),

магнитно-резонансную томографию (МРТ), эндоскопию (риноскопию), ультразвуковое исследование (УЗИ). Выбор подхода к исследованию определяется его задачами, а также особенностями (преимуществами и недостатками) применяемого подхода.

Так, метод рентгенографии, базирующийся на большой проникающей способности рентгеновского излучения, а также на его способности к поглощению, позволяет оценивать общее состояние ОНП, выявлять наличие в них жидкостного содержимого, в том числе образовавшиеся кисты или полипы, и изменений слизистой оболочки. При патологическом изменении пневматизации ОНП на получаемом изображении будет обнаруживаться значительное затемнение по верхнему горизонтальному уровню [12], а также асимметричность воспаленных пазух, сужение носовых проходов и утолщение стенок слизистых оболочек. При этом сравнение диагностируемой области с симметричной ей областью и с воздушностью орбитальной области, которая считается эталоном, позволяет повысить точность определения уровня интенсивности. Несмотря на явные преимущества данного подхода, его применение в клинической практике ограничивается случаями оценки степени развития уже имеющего выраженные признаки патологического процесса для определения дальнейшей тактики лечения и необходимости проведения хирургического вмешательства. Кроме того, большая лучевая нагрузка на пациента делает невозможным исследование детей и беременных женщин в связи с риском гипертензии, замедления роста плода и снижения показателей здоровья новорождённых [3].

Значительному повышению информативности способствует применение КТ. Как и в случае рентгенографии, метод КТ базируется на применении рентгеновского излучения и его распределения в тканях в зависимости от их плотности. Благодаря возможности анализа изображений послойных срезов сканируемого пространства, получаемых с применением данного подхода, появляется возможность дифференцировать мягкие ткани и различать структуры с разницей в плотности не более 0,1 %. Так же, как и в случае рентгенографии, применение КТ характеризуется радиационным облучением [4].

В этих случаях в качестве альтернативных методов используют МРТ, эндоскопию (риноскопию) или УЗИ. Метод МРТ заключается в регистрации возбуждения ядер атомов водорода определённым сочетанием электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряжённости [12]. Благодаря разрешающей способности до 1 мм МРТ позволяет диагностировать болезнь костей носа, воспалительные процессы в придаточных пазухах, образовавшиеся кисты или полипы, болезни, находящиеся в хронической форме, а также неправильное строение после перенесённых травм. Однако данный метод характеризуется высоким уровнем ложноположительных результатов, плохой визуализацией костных тканей и противопоказан при наличии имплантатов, протезов и ожирении. Также к недостаткам данного метода можно отнести его дороговизну и высокую СВЧ-нагрузку на пациента.

Метод эндоскопии (риноскопия), заключающийся во введении гибкой волоконно-оптической трубки в носовой проход, позволяет оценить цвет слизистой оболочки, её влажность, форму перегородки носа и сосудистой сети в её передних отделах, калибр сосудов, состояние носовых раковин, размеры и содержимое носовых ходов. Несмотря на достаточную информативность, метод характеризуется болезненностью.

УЗИ делает возможным диагностику воспалительных процессов в пазухах, кист, полипов, травматических повреждений стенок околоносовых синусов, а также выявление инородных тел. В норме в околоносовых синусах содержится воздух, который и служит препятствием для распространения ультразвуковых волн. При отсутствии патологических изменений эхо-сигнал от пазухи не улавливается ввиду полного его отражения от содержащегося в ней воздуха. Если стенки ОНП утолщены, например, за счет отека слизистой, или в них находится патологическое содержимое, то это создает условия для распространения ультразвуковых волн. При прохождении через пазуху они отражаются от ее задних отделов и фиксируются аппаратом УЗИ. Результаты ультразвукового сканирования не всегда соответствуют действительности, что может быть связано с техническим несовершенством аппаратуры, неправильной интерпретацией результатов.

Предварительные экспериментальные исследования с помощью цифровой диафаноскопии

Перспективным для исследования воспалительных заболеваний ОНП видится применение цифровой диафаноскопии [6,7]. Данный метод основан на просветлении пазух низкоинтенсивным излучением видимого и ближнего инфракрасного диапазонов и визуализации картины его рассеяния [5]. Последующая цифровая обработка и анализ полученных изображений делает возможным выявление кист, опухолей и мест локализации воспалений, а также заполненных воздухом полостей с возможностью определения чётких границ нарушений. Благодаря применению для просветления ОНП источников света низкой интенсивности метод цифровой диафаноскопии по сравнению с существующими диагностическими методами является полностью безопасным и безболезненным, а реализующее его оборудование характеризуется портативностью и более низкой стоимостью.

Подход, основанный на просвечивании исследуемой области и анализе картины рассеяния света, хорошо зарекомендовал себя в урологии [9], офтальмологии [8] и стоматологии [14]. Однако, несмотря на указанные преимущества и потенциал данной технологии, в силу слабой приборной и методологической проработанности цифровая диафаноскопия до сих не нашла широкого применения в клинической практике для диагностики воспалительных заболеваний ОНП.

Для развития данного подхода и более интенсивного его применения в отоларингологии art photonics GmbH (Германия) совместно с Charité – Berlin University of Medicine (Германия) была спроектирована и собрана экспериментальная установка для проведения цифровой диафаноскопии. Экспериментальная установка включала светодиодный аппликатор анатомической формы для просветления ОНП на длинах волн 650 нм и 860 нм, ПЗС камеру для записи изображений, электронный блок и ПК со встроенным программным обеспечением графического интерфейса пользователя (ГИП) (Рисунок 1) [5].

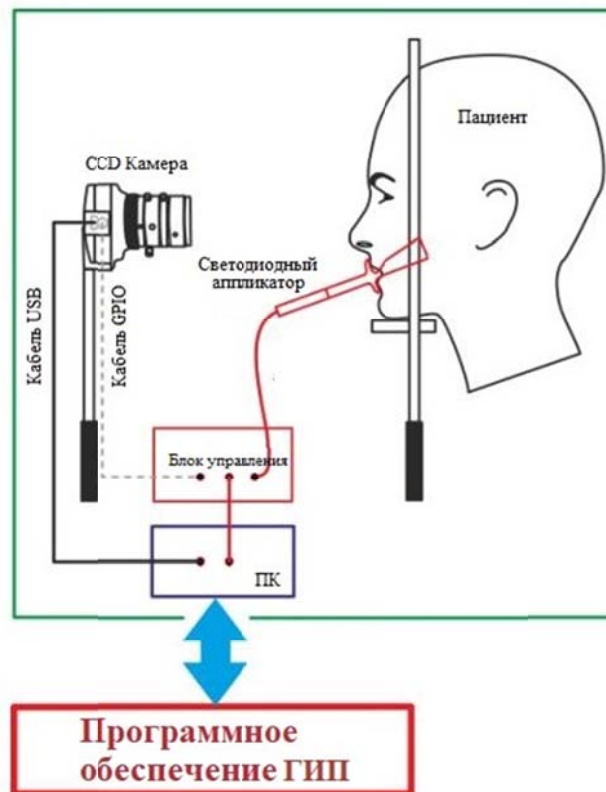


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для проведения цифровой диафаноскопии

Как видно из представленной на рисунке 1 схемы экспериментальной установки при проведении диагностической процедуры излучение от помещенного в ротовую полость

оптического аппликатора проходит через верхнечелюстные пазухи, а также прилегающие к ним ткани и фиксируется камерой. Регистрация картины рассеяния осуществляется последовательно при включенном и выключенном состоянии источников излучения, а также при одновременном их включении и выключении. Далее сигнал, регистрируемый камерой, обрабатывается с помощью электронного блока и передается в ПК. Пример зарегистрированного изображения отображен на рисунке 2.

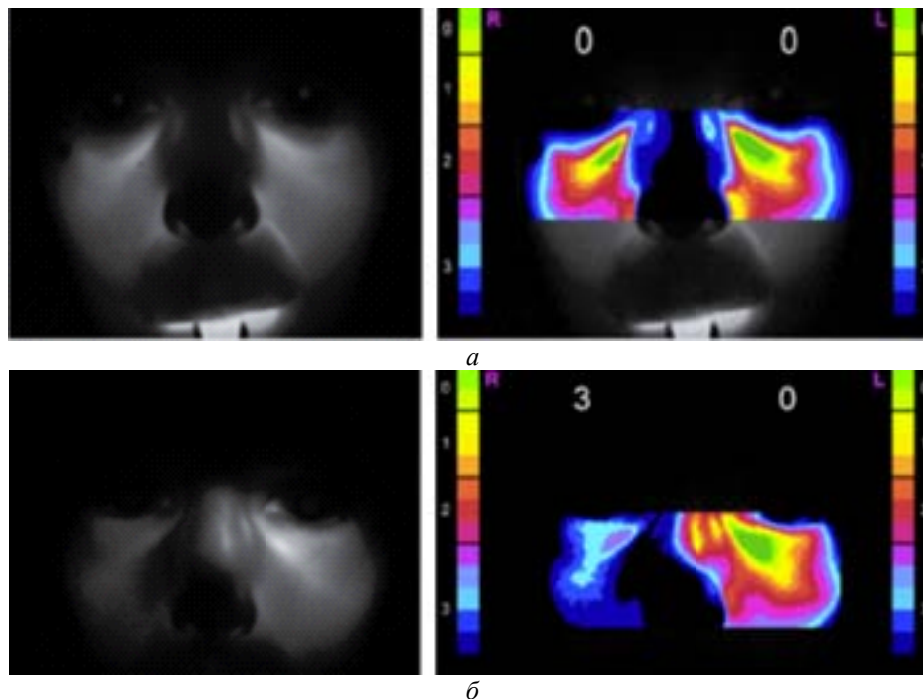


Рисунок 2 – Результат сегментации изображения условно-здорового добровольца (а) и пациента с синуситом справа (б)

В процессе проведения экспериментальных исследований было установлено, что результат визуализации характеризуется высокой чувствительностью к степени освещённости области исследования, а также значению экспозиции применяемой ПЗС-камеры.

Для минимизации влияния внешнего освещения на результат диагностики сконструирован защитный экран, показанный на рисунке 3.

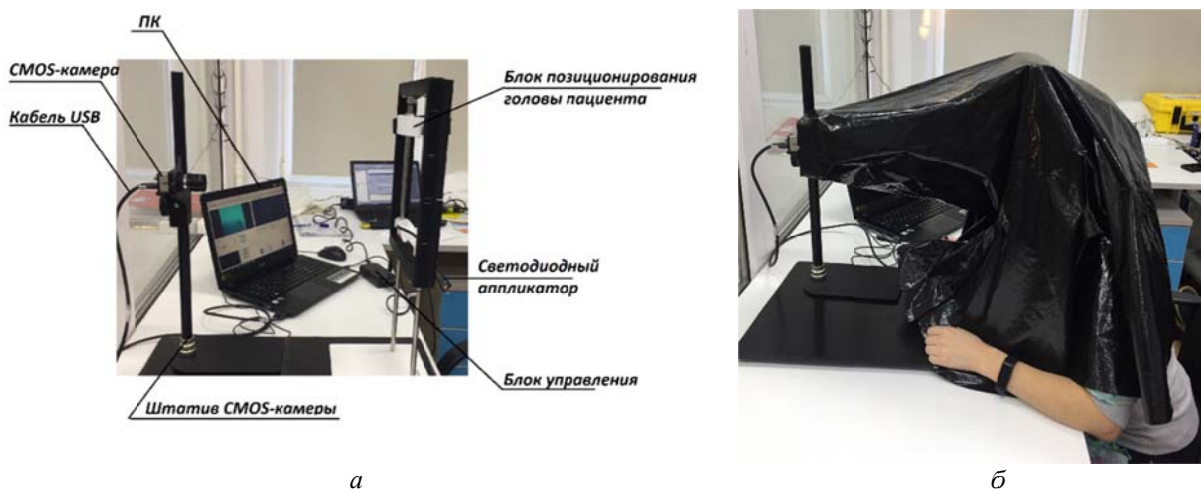


Рисунок 3 – Экспериментальная установка без (а) и с защитным экраном (б) для минимизации влияния внешнего освещения на результат диагностики

Тестирование защитного экрана показало полное исключение влияния на результат диагностики внешнего освещения (рисунок 4).

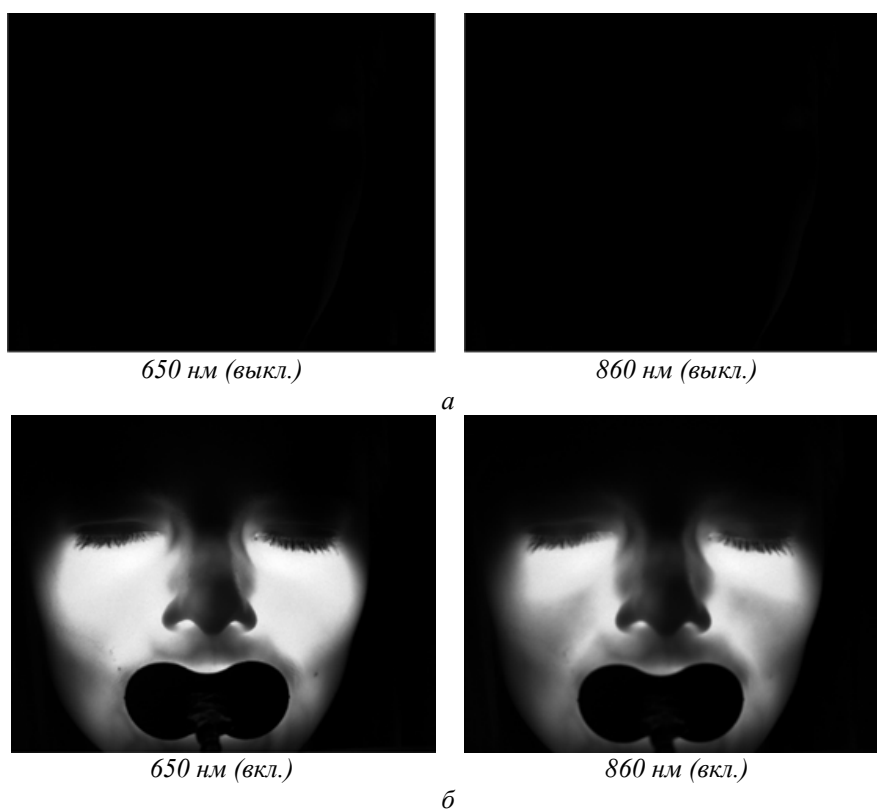


Рисунок 4 – Результаты тестирования защитного экрана: регистрируемое изображение при выключенном (а) и включенном (б) состоянии источников излучения оптического аппликатора

Для определения диапазона значений экспозиции, характеризующегося наибольшей чувствительностью к выявлению патологических изменений, разработан протокол и проведены тестовые исследования ОНП с участием условно здоровых добровольцев при различных значениях экспозиции. В процессе экспериментальных исследований просветление ОНП осуществлялось при значении экспозиции в диапазоне от 0 до 39,7 мс с шагом 1 мс.

На рисунках 5 – 6 представлены примеры зарегистрированных изображений.

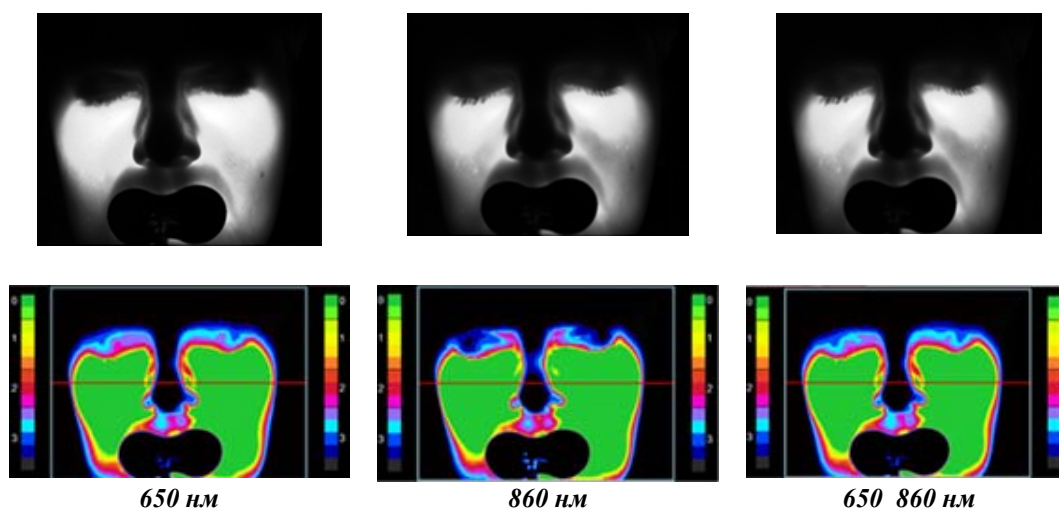


Рисунок 5 – Пример полученных изображений (условно-здоровый доброволец 1)

Результаты исследований показали различия в характере рассеяния у разных добровольцев с одинаковой величиной воздействия. Это можно объяснить такими анатомическими особенностями, как структура кожи, толщина костной ткани черепа, размеры пазух и их асимметрия.

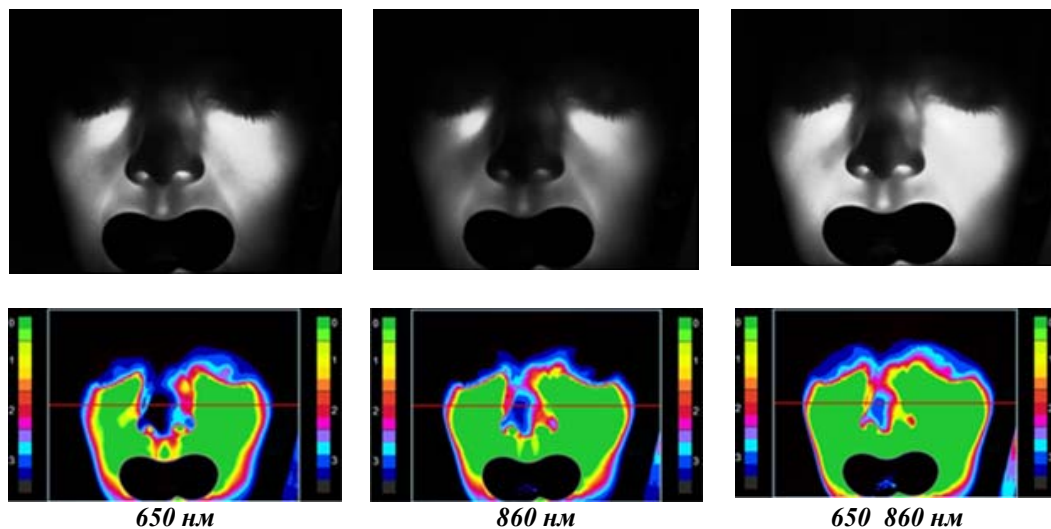


Рисунок 6 – Пример полученных изображений (условно-здоровый доброволец 2)

Также были получены результаты, когда при исследовании условно-здорового добровольца при разных значениях экспозиции (от минимального значения (б) $E=0,7$ мс до максимального значения (а) $E=39,7$ мс) свет не проникал выше скуловой кости (рисунок 7). Это может быть связано с толщиной костной ткани.

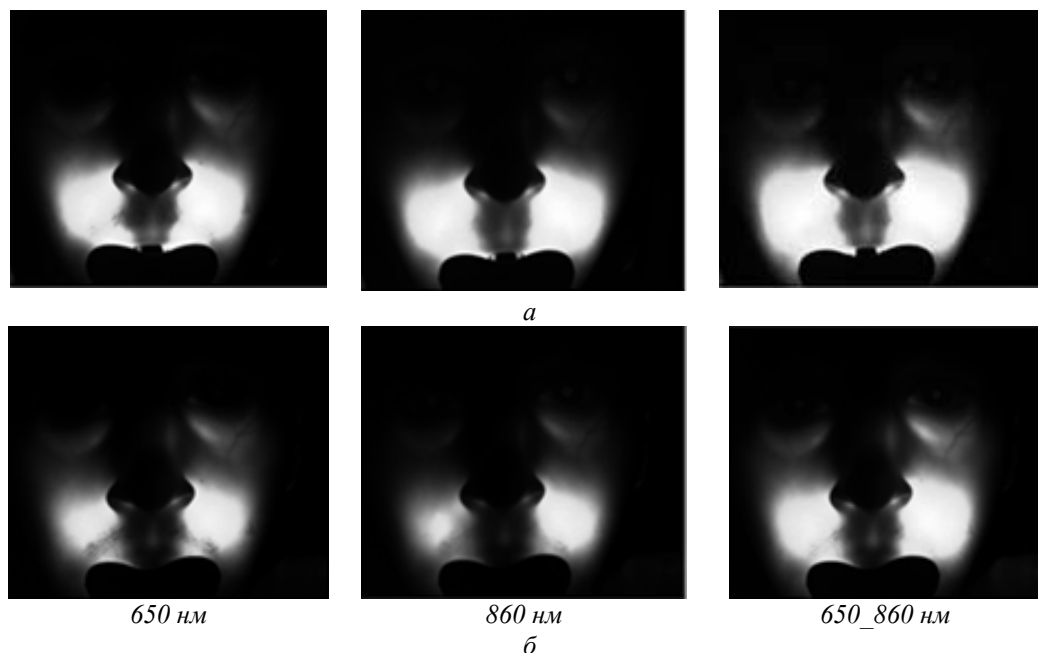


Рисунок 7 – Пример полученных изображений (условно-здоровый доброволец 5) на максимальной экспозиции 39,7 мс (а) и на минимальной экспозиции 0,7 мс (б)

Кроме того, имеются результаты исследования добровольца с ринитом (рисунок 8). На полученных изображениях выявлены различия в ОНП правой и левой частей (количественное значение в % говорит об асимметрии между правыми и левыми пазухами). Стоит отметить, что при различных значениях экспозиции были получены изображения с различной степенью асимметрии. Так, например, при включении источника излучения с

длинной волны 650 нм, при значении экспозиции, равном 0,7 мс, выявлена асимметрия левой и правой частей 32%-100%, при значении экспозиции, равном 20,7 мс, асимметрия составила 30%-100%. При включении источника излучения с длиной волны 860 нм, при значении экспозиции, равном 0,7 мс, выявлена асимметрия левой и правой частей 85%-100%, при значении экспозиции, равном 20,7 мс, асимметрия составила 77%-100%. То есть, в данном случае с увеличением экспозиции, отмечается уменьшение степени асимметрии левой и правой частей ОНП. Поэтому для исключения ложноположительных результатов, важно правильно выбирать данный параметр.

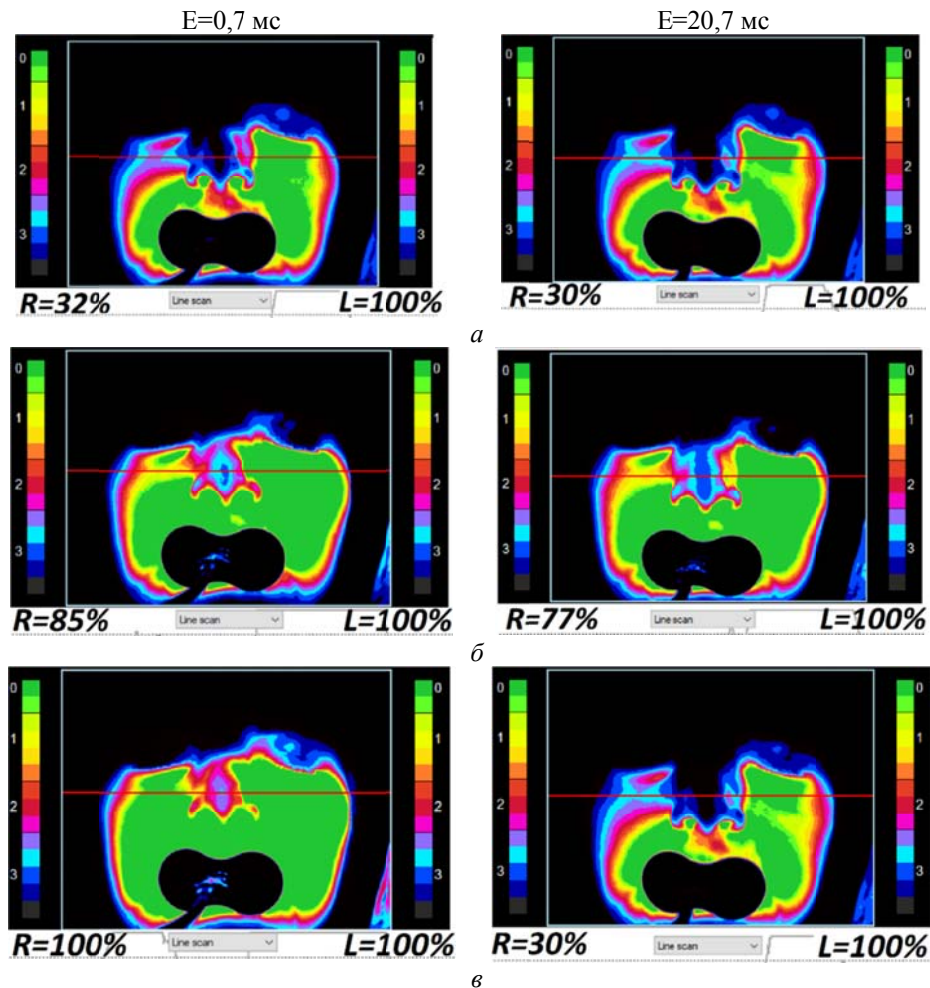


Рисунок 8 – Условно-здоровый доброволец с ринитом при включенных источниках излучения 650 нм (а), 860 нм (б) и комбинированное включение (в)

С целью выявления совокупности всех признаков, влияющих на получаемое изображение (наличие или отсутствие патологии, её этиология и морфологические особенности), планируется проведение исследований с участием условно здоровых добровольцев и пациентов с воспалительными заболеваниями ОНП с последующим сравнением результатов диафаноскопии после цифровой обработки изображений и результатов МРТ.

Вывод

Проведенный обзор и анализ существующих методов диагностики воспалительных заболеваний ОНП показал, что в современной отоларингологии имеется ряд стандартных методов. Несмотря на своё широкое применение, данные методы характеризуются недостатками, которые ограничивают либо повторное проведение исследований из-за радиационного или СВЧ-облучения, либо проведение исследований в принципе, например, в случае с беременными женщинами или детьми. Это такие методы, как рентгенография, КТ и МРТ. Также в отоларингологии стандартными методами диагностики заболеваний ОНП

являются методы УЗИ и риноскопия, которые характеризуются либо ложноположительными результатами в связи со сложностью интерпретации результатов, либо своей травматичностью. В сравнении с рассмотренными методами, метод цифровой диафаноскопии позволяет исключить вышеуказанные недостатки, что в свою очередь показывает перспективность дальнейшего развития методологической и приборной реализации. В связи с этим планируется разработка технологии диагностики патологий ОНП на основе цифровой диафаноскопии, а также формирование с применением устройства вектора информативных признаков и разработка алгоритмов, которые в совокупности позволят обеспечить достоверную и безболезненную диагностику состояния ОНП и своевременное выявление патологических изменений (наличие кист, опухолей, мест локализации воспалений, а также заполненных воздухом полостей с возможностью определения их чётких границ) с приемлемыми для врачебной практики чувствительностью и специфичностью.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-2634.2019.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бицаева, А.В. Анализ госпитализированной заболеваемости и оценка деятельности ЛОР-отделения многопрофильного стационара / А.В. Бицаева, В.И. Попадюк, А.В. Фомина // Вестник РУДН, серия Медицина. – 2012. – № 4. – С. 110-114.
- 2 Сергеев, С.В. Особенности заболеваний околоносовых пазух среди взрослого населения Пензенской области за период 2008-2012 годы / С.В. Сергеев, Е.С. Григорькина, Т.Н. Юдина // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7-2. – С. 399-402.
- 3 Волков, А.Г. Заболевания носа и околоносовых пазух у беременных. Особенности диагностики (Обзор литературы) / А.Г. Волков, Н.В. Бойко, И.В. Стагниева // Российская оториноларингология. Медицинский научно-практический журнал. – 2017. – №2 (87). – С. 113-119.
- 4 Kanwar, S.S. Evaluation of paranasal sinus diseases by computed tomography and its histopathological correlation / S.S. Kanwar, M. Mital, P.K. Gupta, S. Saran, N. Parashar, A. Singh // Journal of Oral and Maxillofacial Radiology. – 2017. – 5 (2). – P. 46-52.
- 5 Пат. 2657940 Российская Федерация, МПК А61В 5/01 (2006.01) А61В 1/04 (2006.01). Способ диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух пациента и устройство для его осуществления / В.Г. Артюшенко, В.Г. Агеев, Г.Л. Даниелян, О. Минэ, У. Забарило; заявитель и патентообладатель Арт фотоникс ГмбХ (DE). – № 2017115320; заявл. 02.05.2017; опубл. 18.06.2018, Бюл. № 17. – 8 с.: ил.
- 6 Волков, А.Г. Цифровая диафанографическая диагностика фронтита / А.Г. Волков, К.К. Грошков // Вестник оториноларингологии. – 2010. – № 4. – С. 58-62.
- 7 Digitale Diaphanoskopie der Nasennebenhöhlen / Arbeitsgruppe Medizinische Physik und Optische Diagnostik Charité – Universitätsmedizin Berlin // Technologiereport Medizinische Bildgebung Berlin-Brandenburg 2012-2013. – 2013. – P. 30-31.
- 8 Zadorozhnyy, O.S. Infrared thermography of external ocular surface in patients with absolute glaucoma in transscleral cyclophotocoagulation: a pilot study / O.S. Zadorozhnyy, O.V. Guzun, A.Iu. Bratishko, T.B. Kustryn, I.O. Nasinnyk, A.R. Korol // Journal of Ophthalmology. – 2018. – №2 (481). – P. 23-28.
- 9 Bennett, A. Breast cancer early detection via tracking of skin back-scattered secondary speckle patterns / A. Bennett, T. Sirkis, Y. Beiderman, S. Agdarov, Y. Beiderman, Z. Zalevsky // Proc. SPIE 10506, Nanoscale Imaging, Sensing, and Actuation for Biomedical Applications XV, 1050603.
- 10 Márquez, S. Anatomy of the Nose and Paranasal Sinuses / S. Márquez, W. Lawson, S.D. Schaefer, A.S. Pagano, M. Papaxanthos, B.N. Delman, J.T. Laitman // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 3-44.
- 11 Incaudo, G.A. Immunobiology of Chronic Rhinosinusitis / G.A. Incaudo, C.C. Chang // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 57-72.
- 12 Mafee, M.F. Imaging of the paranasal sinuses: plain-film radiography, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Imaging / M.F. Mafee, N. Farid, W.Y. Lim // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 295-323.
- 13 Пальчун, В.Т. Оториноларингология: Учебник/ В.Т. Пальчун, М.М. Магомедов, Л.А. Лучихин. – М.: Медицина, 2002. – 576 с.
- 14 Колпаков, А.В. Использование метода инфракрасной диафаноскопии для оценки состояния мягких тканей ротовой полости в стоматологии / А.В. Колпаков, А.Л. Макаров, И.Н. Спиридонов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, (12). – 2013. – С. 297-306.

Брянская Екатерина Олеговна
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел,
аспирант кафедры
«Приборостроение, метрология и
сертификация»
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел.: (4862) 41 98 76
E-mail: bryanskaya@mail.ru

Маковик Ирина Николаевна
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел
кандидат технических наук,
научный сотрудник
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел.: (4862) 41 98 76
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Бибикова Ольга Александровна
art photonics GmbH, г. Берлин,
Германия
кандидат технических наук
руководитель отдела исследований
и разработок
E-mail: olyabibikova@gmail.com

Дунаев Андрей Валерьевич
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел,
кандидат технических наук в.н.с.
научно-технологического центра
биомедицинской фотоники, доцент
кафедры «Приборостроение,
метрология и сертификация»
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел: (4862) 41 98 76
E-mail: dunaev@bmecenter.ru

Минэ Олаф
Charité Universitätsmedizin Berlin, г.
Берлин, Германия
кандидат технических наук
научный сотрудник
E-mail: olaf.minet@charite.de

Забарило Урсулла Йоанна
Charité – Berlin University of
Medicine, г. Берлин, Германия
Научный сотрудник
E-mail: urszula.zabarylo@charite.de

Феликсбергер Елена
art photonics GmbH, г. Берлин,
Германия
инженер
E-mail: ef@artphotonics.de

Артюшенко Вячеслав Григорьевич
art photonics GmbH, г. Берлин, Германия
кандидат технических наук президент
E-mail: sa@artphotonics.com

E.O. BRYANSKAYA, I.N. MAKOVIK, O.A. BIBIKOVA, A.V. DUNAEV,
O. MINET, U. ZABARYLO, E. FELIKSBERGER, V.G. ARTYUSHENKO

APPLICATION OF THE METHOD OF DIGITAL DIAFANOSCOPY FOR THE DIAGNOSTICS OF INFLAMMATORY DISEASES OF THE PARANASAL SINUS

Abstract. *Diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses is one of the actual problems in modern otorhinolaryngology. The work is devoted to the study and analysis of existing methods of diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses. Based on the review, it was concluded that the application of the digital diaphanoscopy method is perspective, which makes it possible to overcome the shortcomings inherent in the application of the considered methods.*

Keywords: *optical diagnostics, diaphanoscopy, paranasal sinuses, inflammatory diseases.*

BIBLIOGRAPHY

- 1 Bicaeva, A.V. Analiz gosospitalizirovannoi zaboлеваemosti I ochenka deyatelnosti LOR-otdeleniya mnogoprofilnogo stacionara / A.V. Bicaeva, V.I. Popaduk, A.V. Fomina // Vestnik RUDN, seriya Medicina. – 2012. – №4. – S. 110-114.
- 2 Sergeev, S.V. Osobennosti zabolevanii okolonosovih pazuh sredi vzroslogo naseleniya penzenskoi oblasti za period 2008-2012 godi / S.V. Sergeev, E.S. Grigorkina, T.N. Yudina // Fundamentalnie isledovaniya. – 2013. – №7-2. – S. 399-402.
- 3 Volkov, A.G. Zabolevaniy z nosa I okolonosovih pazuh u beremennih. Osobennosti dignostiki (Obzor literaturi) / A.G. Volkov, N.V. Boiko, I.V. Stagnieva // Rossiiskaya otorinolaringologiya. Medicinskii nuchno-prakticheskii jurnal. – 2017. – №2 (87). – S. 113-119.
- 4 Kanwar, S. Evaluation of paranasal sinus diseases by computed tomography and its histopathological correlation / S.S. Kanwar, M. Mital, P.K. Gupta, S. Saran, N. Parashar, A. Singh // Journal pf Oral and Maxillofacial Radiology. – 2017. – 5 (2). – P. 46-52.
- 5 Pat. 2657940 Rossiiskaya Federaciya, MPK A61B 5/01 (2006.01) A61B 1/04 (2006.01). Sposob diagnostiki zabolevanii verhnichelustnih pazuh pacienta I ustroistvo dlya ego osushchestvleniya / V.G. Artushenko, V.G. Ageev,

G.L. Danielyan, Mine Olaf, Zabarilo Ursulla Ioanna; zayavitel I patentoobladatel Art Photonics GMB (DE) – № zayavka; №2017115320; zayavl. 02.05.2017; opubl. 18.06.2018, Byul. № 17. – 8 s.: il.

6 Volkov, A.G. Cifrovaya diafanograficheskaya diagnostika frontita / A.G. Volkov, K.K. Groshkov // Vestnik otorinolaringologii. – 2010. – №4. – S. 58-62.

7 Digitale Diaphanoskopie der Nasennebenhöhlen / Arbeitsgruppe Medizinische Physik und Optische Diagnostik Charité – Universitätsmedizin Berlin // Technologiereport Medizinische Bildgebung Berlin-Brandenburg 2012-2013. – 2013. – P. 30-31.

8 Zadorozhnyy, O.S. Infrared thermography of external ocular surface in patients with absolute glaucoma in transscleral cyclophotocoagulation: a pilot study / O.S. Zadorozhnyy, O.V. Guzun, A.Iu. Bratishko, T.B. Kustryn, I.O. Nasinnyk, A.R. Korol // Journal of Ophthalmology.– 2018. – №2 (481). – P. 23-28.

9 Bennett, A. Breast cancer early detection via tracking of skin back-scattered secondary speckle patterns / A. Bennett, T. Sirkis, Y. Beiderman, S. Agdarov, Y. Beiderman, Z. Zalevsky // Proc. SPIE 10506, Nanoscale Imaging, Sensing, and Actuation for Biomedical Applications XV, 1050603.

10 Márquez, S. Anatomy of the Nose and Paranasal Sinuses / S. Márquez, W. Lawson, S.D. Schaefer, A.S. Pagano, M. Papaxanthos, B.N. Delman, J.T. Laitman // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 3-44.

11 Incaudo, G.A. Immunobiology of Chronic Rhinosinusitis / G.A. Incaudo, C.C. Chang // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 57-72.

12 Mafee, M.F. Imaging of the paranasal sinuses: plain-film radiography, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Imaging / M.F. Mafee, N. Farid, W.Y. Lim // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 295-323.

13 Palchun, V.T. Otorinolaringologia: Uchebnik / V.T. Palchun, M.M. Magomedov, L.A. Luchihin. – M.: Medicina, 2002. – 576 c.

14 Kolpakov, A.V. Ispolzovanie metoda infrakrasnoi diafanoskopii dlya ocenki sostoyaniya myagkih tkanei rotovoi polosti v stomatologii / A.V. Kolpakov, A.V. Makarov, I.N. Spiridonov // Nauka I obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana, (12). – 2013. – S.297-306.

Bryanskaya Ekaterina Olegovna
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Postgraduate Student of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: bryanskaya@mail.ru

Makovik Irina Nikolaevna
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Ph.D., postdoctoral researcher
Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Bibikova Olga Aleksandrovna
art photonics GmbH, Berlin, Germany
Ph.D., Head of Research and Development
E-mail: olyabibikova@gmail.com

Dunaev Andrey Valerevich
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Ph.D., assistant professor
«Instrument engineering, metrology and certification»,
Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: dunaev@bmccenter.ru

Olaf Mine
Charité Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Germany
Dr., postdoctoral researcher
E-mail: olaf.minet@charite.de

Ursulla Zabarilo
Charité – Berlin University of Medicine, Berlin, Germany
Postdoctoral researcher
E-mail: urszula.zabarylo@charite.de

Feliksberger Elena
art photonics GmbH, Berlin, Germany
Engineer
E-mail: ef@artphotonics.de

Artyushenko Vyacheslav Grigorievich
art photonics GmbH, Berlin, Germany
Ph.D., president
E-mail: sa@artphotonics.com