



Проректор по научной работе и цифровому

УТВЕРЖДАЮ

развитию

ФГБОУ ВО «СГУ имени

Н. Г. Чернышевского»

д. ф.-м. н., профессор

Алексей Александрович Короновский

«11» сентября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Брянской Екатерины Олеговны** «Метод и устройство цифровой диафаноскопии для диагностики патологий верхнечелюстных пазух», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) в диссертационный совет 99.2.029.03, созданный на базе Юго-Западного государственного университета, Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, Белгородского государственного национального исследовательского университета.

1 Актуальность темы выполненной работы и ее связь с научными программами

Разработка новых методов диагностики патологий верхнечелюстных пазух (ВЧП) является востребованной задачей в медицинском приборостроении ввиду постоянного роста заболеваемости населения, а также отсутствия экономически доступного инструментария для одновременно быстрой, безопасной и качественной диагностики патологий ВЧП.

Представленная диссертационная работа направлена на разработку метода и устройства цифровой диафаноскопии, базирующихся на визуализации и анализе картин рассеяния света (диафаногамм) за счёт просвечивания ВЧП низкоинтенсивным излучением и регистрации изображений цифровой камерой. Предлагаемые метод и устройство позволяют осуществлять диагностику патологий ВЧП и могут быть использована как одна из технологий мобильного телемедицинского комплекса, что позволит дистанционно проводить диагностику и осуществлять обмен специализированной информацией.

На сегодняшний день применение данного метода в оториноларингологии ограничивается отсутствием информативных признаков и моделей классификации, при этом вывод о наличии или отсутствии патологии ВЧП

делается ЛОР-врачом визуально. Стоит отметить, что существующие инструментальные реализации данного метода не учитывают пол и анатомические особенности пациентов. Таким образом, перспективным направлением исследований является усовершенствование технологии цифровой диафаноскопии, алгоритмов обработки зарегистрированных диафаногамм, построение биотехнических систем, а также создание новых диагностических критериев и разработка модели классификации состояния тканей ВЧП.

2 Структура диссертации и ее краткое содержание

Диссертационная работа изложена на 186 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка использованных источников, включающего 198 наименований. Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Стиль изложения в целом чёткий и ясный. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

Во **введении**, автором подчёркивается актуальность диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, представлены научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** приводится обширный обзор патологий ВЧП и существующих инструментальных методов их диагностики. Автор также подробно рассматривает текущее состояние метода диафаноскопии в оториноларингологии и существующие варианты его приборной реализации, указывая недостатки, не позволяющие широко применять технологию в клинической практике. На основании проведённого экспертного опроса соискатель обосновывает необходимость модернизации метода и устройства цифровой диафаноскопии с целью проведения диагностики патологий ВЧП с наименьшей вероятностью ложноотрицательного диагноза.

Вторая глава посвящена разработке устройства цифровой диафаноскопии для диагностики патологий ВЧП. Для решения поставленной задачи соискатель приводит результаты проведённого численного моделирования методом Монте-Карло ослабления оптического сигнала в области исследования, представленной мягкими и костными тканями головы, с учетом влияния патологий ВЧП. Построенная 3Д модель тканей ВЧП учитывает анатомические особенности пациентов (возраст, пол), а также оптические характеристики слоев биологических тканей, в том числе с учетом различных типов патологий. Основные результаты позволили сформировать специализированные медико-технические требования, предъявляемые к устройству цифровой диафаноскопии, которые легли в основу разработанного блока регулировки яркости светодиодного аппликатора, позволяющего выбирать необходимые значения оптической мощности, исходя из пола пациента. Соискатель приводит структурную схему устройства диагностики, а также внешний вид и описание экспериментальной установки.

В **третьей главе** обосновывается протокол исследований, описаны группы условно-здоровых добровольцев и пациентов с патологиями ВЧП. Приведено подробное описание алгоритма работы с разработанным устройством и программным обеспечением. Соискатель приводит примеры зарегистрированных диафаногамм и их подробное сравнение с результатами референтных методов диагностики (КТ и МРТ). Особый интерес вызывает предложенный автором алгоритм количественной оценки зарегистрированных диафаногамм для дифференцирования патологического и нормального состояний ВЧП. Производится отбор количественных параметров для разработки модели классификации на основе линейного дискриминантного анализа.

В **четвёртой главе** представлены результаты построения моделей классификации на основе линейного дискриминантного анализа и свёрточных нейронных сетей, их сравнение, и обоснование наиболее оптимального. Соискатель приводит алгоритм метода цифровой диафаноскопии для диагностики патологий ВЧП на основе регистрации и количественной оценки диафаногамм, а также применении модели классификации, базирующейся на линейном дискриминантном анализе. Стоит отметить дополнительно проведённые исследования, направленные на оценку возможности применения канала флуоресцентной спектроскопии в качестве дополнительного для выявления патологий тканей ротовой полости. Автором предложена биотехническая система диагностики патологий ВЧП с помощью цифровой диафаноскопии, реализующая предложенный метод.

По результатам исследования сделаны **основные выводы**.

Название темы диссертации соответствует тексту и паспорту специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки). В целом диссертационное исследование соответствует пункту 2 области исследования паспорта специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) – «Приборы, системы и аппаратно-программные комплексы для оценки текущего состояния, скринингового обследования, мониторинга, прогнозирования и диагностики состояния здоровья человека». Автореферат соответствует тексту диссертации, а его структура отражает логику проведённого исследования и основные полученные результаты. Задачи исследования соответствуют поставленной цели, а также полученным результатам и выводам.

3 Научная новизна результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна работы заключается в том, что при решении задач диагностики патологий ВЧП предложены:

1) Модель распространения оптического излучения в тканях ВЧП, *базирующаяся* на применении численного метода Монте-Карло, заключающегося в многократном моделировании случайных траекторий фотонов в тканях ВЧП,

отличающаяся учётом пола исследуемого, многослойной структуры биотканей ВЧП, определяемой анатомическими особенностями области исследования (структурой кожи, толщиной костной ткани лицевой части черепа, размером пазух и их асимметрией) и их изменениями при наличии патологии в ВЧП, и *позволяющая* обосновать специализированные медико-технические требования к устройству цифровой диафаноскопии (длины волн и оптические мощности зондирования), обеспечивающие соответствие требованиям безопасности при необходимом уровне сигнала на детекторе камеры для регистрации диафаногамм;

2) Устройство цифровой диафаноскопии для диагностики патологий ВЧП, *включающее* светодиодный аппликатор анатомической формы, помещаемый в ротовую полость исследуемого, для трансиллюминации тканей ВЧП с длинами волн 650 нм и 850 нм, блок управления светодиодным аппликатором, КМОП-камеру для регистрации диафаногамм, имеющую максимальную световую чувствительность в выбранном спектральном диапазоне, блок регулировки значения оптической мощности от 25 мВт до 85 мВт на основе пола и анатомических особенностей исследуемых, а также персональный компьютер со специализированным программным обеспечением для псевдоокрашивания зарегистрированных диафаногамм, *позволяющее* рассчитать новые диагностические критерии для выявления патологий ВЧП с повышенным качеством диагностики, уменьшая влияние субъективности и квалификации врача на достоверность диагноза;

3) Модель классификации диафаногамм для выявления патологий ВЧП, *базирующаяся* на количественном анализе величины параметра интенсивности, построенного по радиометрическому принципу на основании пространственного распределения интенсивности излучения, детектируемого камерой после поглощения слоями биотканей и патологическими очагами ВЧП, и коэффициента асимметрии, вычисляемого в виде корреляции между пространственным распределением интенсивности в левой и правой частях диафаногаммы относительно центральной линии, *отличающаяся* улучшенными показателями чувствительности и специфичности классификации состояния ВЧП на классы отсутствия или наличия патологии в сравнении с традиционно применяемыми экономически доступными методами диагностики;

4) Метод цифровой диафаноскопии для диагностики патологий ВЧП, *базирующийся* на зондировании тканей ВЧП низкоинтенсивным излучением путём размещения в ротовой полости исследуемого светодиодного аппликатора разработанного устройства цифровой диафаноскопии, удовлетворяющего обоснованным специализированным медико-техническим требованиям, закреплении лица исследуемого в блоке позиционирования под защитным от внешнего освещения экраном с регистрацией диафаногамм с помощью камеры, их последующим количественным анализом, и применением предложенной модели классификации, *отличающийся* меньшей вероятностью ложноотрицательного результата диагностики и сокращённой длительностью исследования (до 5 мин) в сравнении с традиционно применяемыми методами бюджетной диагностики (назальная эндоскопия, УЗИ).

4 Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов диссертационной работы обоснована апробацией на базе оториноларингологического отделения Клинического центра челюстно-лицевой, реконструктивно-восстановительной и пластической хирургии Университетской клиники Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (г. Москва) и в клинике «Медискан» (ООО «Диагностический медицинский центр», г. Орёл), а также на предприятии art photonics GmbH (Берлин, Германия).

Все основные положения диссертации в достаточной степени отражены в 24 публикациях, 5 из которых в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, и 9 статей, индексируемых в БД Web of Science/Scopus. Соискателем получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы обсуждались на 19 международных и 8 всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях. Количество и качество опубликованных по теме диссертации трудов подтверждает достаточную глубину проведённых соискателем исследований и необходимый уровень апробации результатов работы.

Отдельно стоит отметить, что результаты диссертационной работы применены соискателем при выполнении грантов Президента РФ, РФФИ, ФСИ, а также гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих учёных в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах РФ.

5 Значимость результатов для науки и практики

Представленная диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне. Из результатов исследований *значимость для науки и практики* представляет метод цифровой диафаноскопии для диагностики патологий ВЧП, базирующийся на разработанном устройстве для диагностики, позволяющий выявлять наличие патологии с повышенным качеством диагностики в сравнении с существующими экономически доступными методами.

6 Рекомендации по дальнейшему использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в диссертационной работе метод и устройство цифровой диафаноскопии могут быть применены в условиях телемедицины, а также для скрининга населения. На основании проведённых предварительных экспериментальных исследований автора и с целью разработки мультимодального подхода перспективно в разработанную технологию добавить дополнительный диагностический канал флуоресцентной спектроскопии для выявления патологических процессов в тканях ротовой полости на основе измерения интенсивности автофлуоресценции в сине-зеленом спектре.

Общие замечания по диссертационной работе

1) Предложенный в качестве диагностического критерия коэффициент асимметрии, отражающий корреляцию между средними интенсивностями в левой и правой частях диафаногамм, позволяет учесть наличие патологии в одной из ВЧП, однако не ясно учитывает ли данный параметр наличие двустороннего поражения ВЧП.

2) Влияет ли на результат диагностики наличие изменений, вызванных аномалией анатомического строения скуловой кости или искривление носовой перегородки?

3) Предложенная 3Д модель тканей ВЧП предусматривает вертикальный путь фотонов от источника излучения до приёмника, однако в реальных условиях диагностики излучение проходит через ткани ВЧП под прямым углом. Можно ли в таком случае говорить об адекватности результатов численного моделирования?

4) В главе 3 при описании протокола исследования соискатель указывает, что обработка светодиодного аппликатора производится перед каждым применением с помощью дезинфицирующих салфеток, однако стоит также отметить частоту и способ осуществления дезинфицирующей обработки защитного от внешнего освещения экрана.

5) В работе присутствует ряд недочётов оформления, опiski, стилистические погрешности.

Указанные замечания и недостатки не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования и не ставят под сомнение достоверность и обоснованность полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Брянской Екатерины Олеговны является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Диссертация обладает научной новизной и практической значимостью, содержит решение важной научной задачи повышения качества диагностики патологий ВЧП за счёт разработки усовершенствованного метода, устройства и программного обеспечения цифровой диафаноскопии, имеющих существенное значение для отрасли здравоохранения РФ. Результаты работы достаточно полно отражены в научных публикациях. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

По своему научному содержанию, объёму исследований, полученным результатам и выводам диссертационная работа «Метод и устройство цифровой диафаноскопии для диагностики патологий верхнечелюстных пазух» соответствует паспорту специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) и удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

№ 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Брянская Екатерина Олеговна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация обсуждена на расширенном заседании кафедры оптики и биофотоники ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Протокол № 11/23 от «11» сентября 2023 г.

Заведующий кафедрой оптики и биофотоники
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
доктор физико-математических наук по специальности 01.04.03 - Радиоп физика,
член-корреспондент РАН,
заслуженный деятель науки РФ,
профессор

Валерий Викторович Тучин



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Почтовый адрес: 410012, Саратовская область, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Телефон: +7(8452)261696

www.sgu.ru

e-mail: rector@sgu.ru