

Агеев Артем Никифорович

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЭНДОСКОПИЯ В ПЛАНИРОВАНИИ
ЭНДОНАЗАЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ
ДАКРИОЦИСТОРИНОСТОМИИ**

14.01.13 – лучевая диагностика, лучевая терапия

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Дергилев Александр Петрович

Официальные оппоненты:

Петровская Виктория

Васильевна

доктор медицинских наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра лучевой диагностики стоматологического факультета, доцент

Павлова Ольга Юрьевна

кандидат медицинских наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Института клинической медицины им. Н.В.Склифосовского, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии, доцент

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «__» _____ 2021 года в __:__ часов на заседании диссертационного совета Д 002.279.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» по адресу г. Томск, ул. Киевская 111а Научно-исследовательский институт кардиологии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», адрес сайта <http://tnimc.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ 2021 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор медицинских наук



Гракова Елена Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Дакриостенозы и сопровождающие их дакриоциститы составляют от 7 до 12 % всех причин хронического слезотечения.

Несмотря на отсутствие угрозы жизни, хроническое слезотечение, встречающееся в 6–25 % офтальмологической патологии, и сопровождающее хронический дакриоцистит при наличии дакриостеноза способно не только приносить эстетический дискомфорт, значительно снижать качество жизни пациентов и в значительном количестве случаев – ограничивать их трудоспособность. С учетом распространенности данного заболевания среди пациентов в возрастной группе 20–60 лет ограничение трудоспособности, вызванное заболеванием и рецидивами в случае неадекватной хирургической коррекции, определяет социальную значимость дакриоцистита и дакриостеноза. Кроме того осложнения, такие, как воспалительная язва роговицы, рубцовое помутнение роговицы (бельмо), эндофтальмит и субатрофия глазного яблока, флегмона слёзного мешка, чаще развивающиеся у иммунокомпрометированных лиц, определяют необходимость своевременного и полного лечения, в частности ввиду наличия риска интракраниальных гнойных осложнений, уже способных выливаться в жизнеугрожающие последствия.

Степень разработанности темы диссертации. В ходе исследования автором были изучены труды отечественных и зарубежных ученых, внесших значительный вклад в развитие лучевой диагностики в дакриологии.

До недавнего времени не было представлено исследований, непосредственно посвященных интраоперационной визуализации слезоотводящих путей (СОП), равно как и не было описано применение виртуальной риноэндоскопии для предоперационного планирования и интраоперационной навигации. Кроме того, до настоящего времени не были определены границы определения дилатации слёзного мешка при воспалительных заболеваниях и обструкции СОП, а предложенная классификация вариантов расположения дилатированного мешка продемонстрировала ряд недостатков при её практическом применении.

Таким образом, в данном диссертационном исследовании впервые в отечественной медицинской литературе рассматривается практика применения технологий виртуализации данных мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в виде виртуальной эндоскопии для целей дакриохирургии.

Цель исследования. Разработка и апробация методики виртуальной дакриоцисториноскопии по данным мультиспиральной компьютерной томографии, полученным в предоперационном периоде, предназначенной для планирования

эндоскопической эндоназальной дакриоцисториностомии и интраоперационной навигации при её выполнении.

Задачи исследования

1. Разработать рентгенологические критерии расширения слёзного мешка при дакриоцистите.
2. Определить диагностическую ценность рентгенологических симптомов расширения и смещения слёзного мешка относительно эндоназальных ориентиров при дакриоцистите.
3. Определить диагностическую ценность описательной картины расположения слёзного мешка по данным мультиспиральной компьютерной томографии при дакриоцистите.
4. Повысить диагностическую ценность предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии в отношении расположения слёзного мешка за счёт разработки методики визуализации данных с применением виртуальной эндоскопии, дополняющей текстовое описание результатов предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии.

Научная новизна. Впервые исследована информативность различных способов представления данных МСКТ и виртуализации ее данных путем виртуальной эндоскопической реконструкции полости носа у больных хроническим дакриоциститом.

Впервые предложены критерии дилатации слёзного мешка в сопоставлении с клиническими признаками дакриоцистита, позволяющие объективизировать их диагностику посредством МСКТ.

Разработана новая методика с использованием данных рутинно выполняемой предоперационной МСКТ.

Впервые предложена и в дальнейшем модифицирована собственная методика визуализации данных МСКТ – виртуальная дакриоцисториноскопия, позволяющая избежать ошибок при выборе места формирования дакриоцисториностомы во время эндоназальной дакриоцисториностомии (патент РФ № 2499581 «Способ виртуальной эндоскопической диагностики при дакриоциститах»; подача заявки: 04.09.2012, публикация патента 27.11.2013).

Показаны преимущества виртуальной эндоскопии с сегментацией СОП в сравнении с данными текстового описания при различных вариантах расположения слезного мешка по отношению к структурам полости носа.

Впервые представлены диагностическая ценность виртуальной дакриоцисториноскопии для предоперационного планирования и интраоперационной

навигации при выполнении эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии (чувствительность 98,3 %, специфичность 94,4 %, положительная прогностическая ценность 96,7 %, отрицательная прогностическая ценность 97,1 %, общая точность 96,8 %).

Теоретическая и практическая значимость работы. Работа направлена на совершенствование предоперационной подготовки, планирования оперативного вмешательства и интраоперационной навигации у пациентов с хроническим нарушением проходимости СОП посредством предоставления хирургам-офтальмологам полученных видеозаписей виртуальной эндоскопии, построенных на основе данных предоперационной МСКТ и способных объективизировать информацию о расположении слёзного мешка невидимого для хирурга во время эндоскопической операции сквозь непрозрачную латеральную стенку полости носа.

Это значительно расширяет возможности выбора места формирования дакриоцисториностомы при выполнении эндоназальной дакриоцисториностомии и обеспечивает как сокращение времени выполнения оперативного вмешательства, так и состоятельность полученной дакриоцисториностомы.

Предложенная методика визуализации позволяет оптимизировать эндоскопическое хирургическое вмешательство при патологии СОП, вследствие чего достигается ускорение выздоровления пациентов, сокращение риска неэффективности либо неполной эффективности оперативного вмешательства и рецидива эпифоры вследствие несостоятельности и последующего заращения дакриоцисториностомы, а также повышение качества жизни пациентов.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологической основой диссертационного исследования послужили работы отечественных и зарубежных авторов в области лучевой диагностики и офтальмологии. Для решения поставленных задач были изучены пациенты офтальмологического, в частности, дакриологического, профиля, направленные на операцию эндоскопической эндоназальной дакриоцисториностомии. Были проведены клинические и инструментальные обследования пациентов хирургического отделения № 1 ЗАО «Микрохирургия глаза» г. Екатеринбург. Полученные результаты подверглись статистической обработке.

Положения, выносимые на защиту

1. Предлагается методика виртуализации данных рутинно выполняемой на предоперационном этапе мультиспиральной компьютерной томографии посредством виртуальной эндоскопии, позволяющая избежать неоднозначности трактовки локализации слезоотводящих путей у пациентов с дилатацией слёзного мешка вследствие хронического дакриоцистита.

2. Диагностическая ценность виртуальной эндоскопии достаточна для предоперационного планирования и интраоперационной навигации и имеет преимущества перед традиционным представлением данных предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии в виде текстового описания расположения слёзного мешка.

Степень достоверности. Достоверность полученных результатов подтверждают достаточный объем выборки (102 пациента, 204 объема изображений слёзных мешков и слезоотводящих путей), использование современных инструментальных исследований, непосредственное участие автора в сборе данных и их анализе, а также применение соответствующих поставленным задачам дизайна исследования методов статистического анализа.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на российских конференциях, конференциях с международным участием и зарубежных международных конференциях: 6-й Евро-азиатской конференции по офтальмохирургии (Екатеринбург, 2012); 20-й научно-практической конференции Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза» (Екатеринбург, 2012); офтальмологическом конгрессе с международным участием «Инновационные технологии в повседневной офтальмологической практике» (Алматы, 2013); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Федоровские чтения-2013» (Москва, 2013); научно-практической конференции офтальмологов Уральского федерального округа «Актуальные проблемы офтальмологии-2013» (Екатеринбург, 2013); на конгрессе Европейского радиологического общества ECR (в виде электронного постерного доклада) (Вена, 2014); конференции «Избранные вопросы и информационные технологии в лучевой диагностике» (Екатеринбург, 2014); 7-й Евро-азиатской конференции по офтальмохирургии (Екатеринбург, 2015); конгрессе Европейского радиологического общества ECR (доклад на научной секции) (Вена, 2016); 10-м всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов Радиология-2016 (в виде стендового доклада) (Москва, 2016); конгрессе Европейского радиологического общества ECR 2017 (в виде доклада на национальной секции Voice of EPOS); конгрессе Европейского радиологического общества ECR в виде стендового доклада) (Вена, 2018); международном конгрессе «X Невский радиологический форум – 2018» (Санкт-Петербург, 2018).

Диссертационная работа апробирована на заседании проблемной комиссии «Актуальные проблемы хирургических методов лечения заболеваний» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Новосибирск, 2021).

Диссертационная работа выполнена в соответствии с утвержденным направлением

научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России по теме: «Разработка и совершенствование методов профилактики, раннего выявления и хирургического лечения повреждений и заболеваний органов грудной и брюшной полости, органов головы, шеи и опорно-двигательного аппарата», номер государственной регистрации АААА-А15-115120910167-4.

Внедрение результатов исследования. Виртуальная дакриоцисториноскопия как методика виртуализации данных МСКТ и интраоперационной виртуализированной навигации при эндоскопической дакриоцисториностомии, а также включающий их применение способ послеоперационного ведения больных дакриоциститом, внедрены в повседневную практику в ЗАО «Микрохирургия глаза» г. Екатеринбург.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 26 научных работ, в том числе 7 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав (аналитического обзора литературы, описания материала и методов исследования, результатов собственных исследований и их обсуждения), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и списка иллюстративного материала. Список литературы представлен 135 источниками, из которых 103 в зарубежных изданиях. Полученные результаты проиллюстрированы с помощью 9 таблиц и 17 рисунков.

Личный вклад автора. Разработка дизайна исследования и определение методологии исследования, анализ МСКТ-изображений пациентов и интерпретация результатов обследования всех пациентов, визуализационная постпроцессорная обработка данных МСКТ всех обследованных пациентов, анализ и обобщение полученных данных, анализ данных литературы по теме диссертации, статистическая обработка материала и написание всех глав диссертации выполнены лично автором.

В соавторстве автором выполнены разработка методики виртуальной дакриоцисториноскопии на основе данных МСКТ и принципа представления полученных данных, получены инновационные патенты РФ № 2499581 «Способ виртуальной эндоскопической диагностики при дакриоциститах», № 2604401 «Способ виртуальной эндоскопии орбиты».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования. В исследование включены 102 взрослых пациента, страдающих слезотечением с эпифирой и клиническим диагнозом «хронический дакриоцистит» (204 слёзных мешка и слезоотводящих путей), подвергшихся МСКТ в порядке стандартного протокола предоперационного обследования в порядке планирования операции эндоназальной дакриоцисториностомии.

Участники исследования были отобраны слепым рандомизированным методом из пациентов, которым была запланирована эндоскопическая эндоназальная дакриоцисториностомия в условиях хирургического отделения № 1 Закрытого акционерного общества «Микрохирургия глаза» г. Екатеринбург и назначена МСКТ в порядке выполнения стандарта предоперационной подготовки. Все пациенты дали информированное согласие на свое участие в исследовании.

В исследование были включены пациенты со следующими нозологическими формами поражений вертикального отдела СОП:

- рецидивирующий оперированный дакриоцистит взрослых – 2 пациента (1,96 %);
- хронический дакриоцистит с дилатацией слёзного мешка – 27 пациентов (26,47 %);
- хронический дакриоцистит с дислокациями слёзного мешка – 60 пациентов (58,82 %);
- посттравматическая деформация внутреннего угла глазной щели с непроходимостью слёзных канальцев и носослёзного протока 13 пациентов (12,74 %).

Демографический состав: 27 мужчин и 75 женщин в возрасте от 20 до 87 лет, средний возраст составил ($57 \pm 1,6$) лет.

Из них клинические проявления двустороннего дакриоцистита наблюдались у 29 пациентов, у прочих 73 пациентов клиническая симптоматика позволяла определить односторонний хронический дакриоцистит.

Все пациенты подвергались стандартному обследованию, включавшему в себя анализ жалоб, сбор анамнеза, анализ крови на маркеры вирусных гепатитов, ВИЧ, уровень глюкозы сыворотки крови, общий анализ мочи и общий анализ крови. Для изучения анамнестических данных проводился стандартный клинический расспрос пациентов и анализ предоставленной медицинской документации.

Комплексное офтальмологическое обследование включало в себя визиометрию, автокератометрию, авторефрактометрию, бесконтактную тонометрию, офтальмоскопию, эластометрию роговиц, прицельную биомикроскопию век с подробной оценкой положения ресничного края век, состояния выводных протоков мейбомиевых желез, слёзного ручья,

наличия или отсутствия конъюнктивальных связок, наличие и выраженность инъекции сосудов конъюнктивы. Используемые методы оценки функционального состояния слезоотводящих путей включали в себя оценку стабильности прекорнеальной слёзной пленки (проба Норна), осмометрии слёзной жидкости (осмометр TearLab, США), слёзно-носовую пробу с 1 % раствором флюоресцина натрия. В случае выявления нарушения лакримального дренажа после капельной местной анестезии выполнялось механическое расширение слёзной точки коническими зондами Зихеля № 1 и № 2 с оценкой проходимости верхнего отдела СОП путем продвижения их в направлении слёзного мешка и последующим промыванием СОП физиологическим раствором для оценки пассивной их проходимости.

Компьютерная томография выполнялась на мультиспиральных компьютерных томографах Aquilon-64 (Toshiba, Япония), Bright Speed-16 (General Electric, США), Brilliance-64 (Philips, Нидерланды).

Фрагментация оборудования, применявшегося для сканирования в данном исследовании, была использована умышленно для подтверждения возможности выполнения постпроцессинга негомогенных данных, получаемых при помощи различного оборудования при использовании единой конечной рабочей станции постобработки.

Требованиями, предъявляемыми к диагностической модальности (компьютерным томографам) являлись:

- 1) полная совместимость с форматом данных и протоколом передачи DICOM 3.0;
- 2) реконструктивная матрица не менее 512×512 ;
- 3) возможность получения изометрического объема данных с шагом и толщиной реконструктивного слоя не более 0,625 мм;
- 4) возможность получения двух объемов данных с различными ядрами конволюции.

При этом строго контролировалась планируемая эффективная доза для каждого пациента с целью исключения её увеличения по сравнению с рутинно выполняемой для исключения новообразований и грубых аномалий строения лицевого скелета МСКТ.

Таким способом достигалось полное отсутствие влияния факта включения пациента в основную группу на рутинный диагностический процесс и лучевую нагрузку, которой подвергался пациент.

Все связанные с данным исследованием дополнения к диагностическому процессу касались исключительно постобработки и выполнялись в качестве расширения рутинного протокола предоперационного обследования, что полностью исключало отрицательное влияние данного исследования на процесс рутинной предоперационной диагностики.

Сканирование производилось в режиме спирального сбора данных при 64 активных

линейках детекторов на компьютерных томографах Aquilon-64 (Toshiba, Япония) и Brilliance-64 (Philips, Нидерланды) и 16 активных линейках детекторов на компьютерном томографе Bright Speed-16 (General Electric, США) при узком поле обзора (< 240 мм), анодном напряжении 120 кВ, токе 250 мА, питч 41,0 при времени оборота трубки 0,5 с, при коллимации 5 мм, и шаге первичной реконструкции 5 мм. Индивидуальная эффективная доза составила от 1,7 мЗв до 2,1 мЗв. Реконструкция производилась с шагом 0,5 мм на компьютерном томографе Aquilon-64 (Toshiba, Япония) и 0,625 мм на компьютерных томографах BrightSpeed-16 (General Electric, США) и Brilliance-64 (Philips, Нидерланды) с формированием двух объемов, отличающихся значениями ядра конволюции: для анализа костных структур применялись высокие значения ядра конволюции (75), для анализа мягкотканых структур и использования для трехмерных реконструкций – низкие значения ядра конволюции (30).

Постпроцессинг осуществлялся при помощи рабочих станций Vitrea (Vital, Toshiba, Япония) и Phillips Extended Brilliance Workspace (Philips, Нидерланды).

Данное программное обеспечение было выбрано в соответствии со следующими предъявляемыми требованиями:

- 1) полная совместимость с форматом данных и протоколом передачи DICOM 3.0;
- 2) возможность одновременной работы в режиме мультипланарной реконструкции, объемного рендеринга (volumetric rendering techniques, VRT), виртуальной эндоскопии с сохранением единой системы маркеров, привязанных к объему данных
- 3) возможность управления уровнями прозрачности структур при отображении объемных реконструкций и виртуальных эндоскопических моделей.

В режиме мультипланарных реконструкций производились изменения слезных мешков по наружным их контурам в аксиальной коронарной и сагиттальной проекциях при параметрах окна W/L 340/40 HU (электронное окно для визуализации мягких тканей, Soft Tissue), для чего использовался объем данных, реконструированных с низким значением ядра конволюции, с последующей коррекцией контуров слезных мешков в коронарной и сагиттальной проекциях с выбором максимальных значений по длинной и перпендикулярным ей коротким осям. В качестве нижней точки для измерения длинной оси слезного мешка использовалась плоскость входа в костный носослезный канал.

Гологическая проекция центрального отдела слезного мешка на латеральную стенку полости носа выполнялась следующим образом: в режиме мультипланарной реконструкции вручную выполнялась точная стереотаксическая ориентировка полученного массива данных с приведением межскуловой линии в коронарную проекцию и хиатомеатальной плоскости черепа в аксиальную проекцию, что позволяло гарантировать

горизонтальное расположение осей оснований средних носовых раковин.

Таким образом, вне зависимости от дефектов укладки восстанавливалась нормальная анатомическая позиция орбит, что позволило использовать перпендикулярные маркеры (референсные линии пересечения перпендикулярных проекций) в качестве аксиальной, сагиттальной и корональной плоскостей для проецирования центральной точки слёзного мешка на боковую стенку полости носа. В качестве центральной точки выбиралось место пересечения измеряемых по представленной выше методике перпендикулярных осей слёзного мешка.

Далее выполнялось позиционирование точки пересечения перпендикулярных проекций в выбранную центральную точку слёзного мешка, после чего производилось изменение по восстановленным перпендикулярам от референсной линии корональной плоскости до переднего края ипсилатеральной средней носовой раковины с указанием расположения плоскости кпереди или кзади от него и последующим измерением расстояния от референсной линии корональной плоскости до переднего края средней носовой раковины, при этом дорсальное смещение указывалось в виде отрицательных значений.

Далее производилось измерение расстояния от референсной линии горизонтальной плоскости до основания средней носовой раковины и до нижнего её края, при этом смещение нижнего края средней носовой раковины выше референсной линии горизонтальной плоскости указывалось в виде отрицательных значений.

Описанным способом, в каждом случае визуализации СОП были получены значения смещения центральной точки слёзного мешка относительно наиболее крупных видимых интраназальных ориентиров в перпендикулярной системе координат.

Рутинное протоколирование результатов исследования выполнялось в виде стандартного текстового описания, составляемого в не регламентированной форме, жёсткой копии изображений на плёночном носителе и цифровой копии изображений на CD с данными мультипланарной реконструкции в формате DICOM. При описании расположения слёзного мешка применялся традиционно используемый порядок текстового описания локализации слёзного мешка, предполагающий следующую градацию:

- 1) «типичное расположение» – на уровне переднего конца средней носовой раковины;
- 2) «переднее расположение» – кпереди от переднего конца средней носовой раковины;
- 3) «заднее расположение» – кзади от переднего конца средней носовой раковины.

Правильность выбора плоскостей контролировалась на основании трехмерных виртуальных реконструкций костей лицевого скелета.

Описанным способом количественно были оценены линейные смещения проекции геометрических центров слёзных мешков на латеральную стенку полости носа относительно переднего и нижнего края средней носовой раковины.

Далее дополнительно к рутинному протоколу выполнялась сегментация слезоотводящих путей следующими способами: на раннем этапе при использовании программного обеспечения Virtea (Vital, Toshiba, Япония) выполнялось построение трёхмерных моделей полости носа (автоматически) и отдельно вручную послойно при помощи инструмента зоны интереса свободной формы с последующим построением поверхности путем объёмной интерполяции последовательно выделенных зон интереса создавались трехмерные модели поверхностей наиболее крупных структур слезоотводящих путей – слезного мешка и носослезного канала. Затем выполнялось цветовое маркирование моделей этих поверхностей и отметка этих моделей СОП с помощью видимых на трехмерных реконструкциях со стороны полости носа цветовых маркеров контрастного по отношению к слизистой оболочке цвета.

Маркирование полученного на предыдущем этапе геометрического центра слезного мешка выполнялось с использованием в качестве референсной системы навигации осмотра по мультипланарным плоскостным реконструкциям. Далее полученная трёхмерная модель поверхности мешка и носослезного канала встраивалась в трёхмерную эндоскопическую модель полости носа, при этом применялся трехмерный рендеринг объёма с оптимальными для визуализации полостных структур параметрами, предназначенный производителями программного обеспечения для трехмерной реконструкции дыхательных путей. Производился последовательный осмотр полости виртуальной эндоскопической модели носа и модели СОП с углом обзора 90–120°, наиболее соответствующим оптической риноэндоскопии по визуальной картине. Выбиралась степень прозрачности костных структур 25–30 %, что позволяло визуализировать выделенную поверхность слезоотводящего пути сквозь полупрозрачное изображение латеральной стенки полости носа. В процессе осмотра выполнялась регистрация видеозаписи виртуальной риноэндоскопии.

Затем производили сопоставление полученного протокола виртуальной риноэндоскопии с протоколом реальной оптической риноэндоскопии с записью результата на цифровой носитель. Окончательный результат в виде видеоряда для удобства просмотра дополнялся «реверсивной» фазой и закольцовывался. Формат вывода видеозаписи выбирался таким образом, чтобы быть доступным для воспроизведения на любых, в том числе мобильных устройствах, в также на видеоэндоскопическом оборудовании, используемом в эндоскопической операционной. Таким образом, хирург мог многократно просматривать объёмную динамическую трёхмерную модель, полученную в ходе

постпроцессинга и представляющую собой четырёхмерную за счёт динамической фазы видеозапись риноэндоскопии, но необходимости возвращаться к интересующей зоне во время просмотра и исследовать её дополнительно. Визуально оценив положение, размеры слёзного мешка, носослезного канала, окружающих структур полости носа, хирург планировал оптимальную тактику хирургического вмешательства. Кроме того, возможность вывода записи виртуальной эндоскопии в виде второго видеоканала на видеоэндоскопическом оборудовании во время оперативного вмешательства позволяла использовать запись виртуальной эндоскопии в целях интраоперационной навигации за счёт непосредственного и постоянного сравнения предварительно записанных виртуальных эндоскопических изображений с маркированными изображениями СОП на одной части экрана с получаемыми в режиме реального времени операционными видеоэндоскопическими изображениями на второй части экрана.

Данный способ формирования эндоскопической модели был использован при постпроцессинге результатов 12 пациентов и продемонстрировал ряд недостатков. Среди них наиболее значимыми оказалось технологическое отсутствие возможности управлять видимостью контуров визуализируемых эндоназальных структур отдельно от их прозрачности. Таким образом, при повышении прозрачности стенок полости носа с целью более четкой визуализации построенной поверхности слезоотводящих путей одновременно и неизбежно снижалась чёткость контуров и видимость эндоназальных костных ориентиров. Поэтому выбиралась прозрачность стенок полости носа 25–30 %, что позволяло одновременно визуализировать построенную поверхность слезоотводящих путей и эндоназальные ориентиры для оценки синтопии, однако, визуализация и первой, и последних представлялась неоптимальной, а технологическая возможность одновременно визуально представлять их в оптимальном виде полностью отсутствовала.

Вторым значительным недостатком программного обеспечения выступило отсутствие возможности выделения в трехмерном объеме более одной поверхности, отражающей регион интереса, а также отсутствие возможности использования уровней КТ-плотности (thresholds) для выделения тканей интересующей исследователя плотности в полуавтоматическом режиме.

Для исключения перечисленных технических проблем было принято решение использовать альтернативное программное обеспечение рабочей станции Extended Brilliance Workspace (Philips, Нидерланды).

Перечень описанных особенностей позволил использовать модифицированный способ сегментации для всех нормальных и патологических интраорбитальных структур, визуализируя их отдельно и демонстрируя с отдельным цветовым маркированием.

Построение трехмерной модели слезоотводящих путей в дальнейшем выполнялось с использованием модифицированной таким образом методики при помощи рабочей станции Phillips Extended Brilliance Workspace описанным ниже способом.

При помощи пакета «Сегментация тканей» инструментом «Slice-by-Slice» на мультипланарных реконструкциях в трех проекциях выполнялось последовательное послойное выделение контуров СОП, соответствующих визуально наружным контурам слезных мешков в аксиальной проекции при параметрах окна W/L 340/40 HU (окно для мягких тканей, Soft Tissue), в реконструкции с меньшим ядром конволюции, с последующей коррекцией контуров в корональной и сагиттальной проекциях.

Для сокращения степени влияния субъективного решения на выбор маркируемого объема слезного мешка перед маркированием устанавливался верхний и нижний порог плотности выделяемых тканей. Выделяемый диапазон составил от -15 HU до +50 HU, что позволило исключить из маркируемого объема слезоотводящих путей как костные структуры, так и окружающую пребульбарную клетчатку, а также клетчатку век, области переносицы. Попадающие в данный диапазон плотности, но не относящиеся к СОП мягкие ткани удалялись во время корректировки их контуров под визуальным контролем на мультипланарных реконструкциях в трех проекциях.

При помощи инструмента построения поверхностей (Surface) были получены трехмерные модели одновременно слезных мешков и носослезных каналов, которые демонстрировались на изометрических трехмерных реконструкциях для визуальной оценки типа расположения мешка с учетом расположения модели мешка относительно переднего слезного гребешка.

Для наибольшей контрастности визуализации к полученным моделям применялась предустановка трехмерной визуализации, предназначенная для трехмерного отображения очагов низкой плотности (субсолидных очагов в легких), что позволило окрашивать каждую модель с высокой интенсивностью вне зависимости от фактической её плотности, с сохранением высокого уровня детализации визуализации неровностей поверхности объекта. Далее при помощи пакета эндоскопической визуализации формировалась модель «виртуальной эндоскопии»: использовался стандартный угол обзора 60°, по геометрическим искажениям совпадающий с видеорядом записанных ранее эндоскопических вмешательств, выполнявшихся при помощи оптических эндоскопов. В качестве исходной настройки визуализации выбиралась предустановка трехмерной визуализации, предназначенная для отображения дыхательных путей, степень непрозрачности структур устанавливалась на уровень 2 %, после чего корректировкой параметров «электронного окна» модели достигалась визуализация стенок полости носа как прозрачных при сохранении четко

прослеживающихся границ, напоминающих «стеклянные стенки».

Подключение визуализации моделей слёзных мешков позволяло отчетливо видеть их границы сквозь латеральную стенку полости носа.

Последовательность осмотра трёхмерной модели среднего носового хода полностью повторяла протокол осмотра при оптической риноэндоскопии во время эндоскопической дакриоцистостомии. Передвижение регистрировалось при помощи встроенного пакета регистрации видеоданных с экрана с настройкой высокого качества рендеринга изображения, при этом во время оптимальной визуализации средней носовой раковины и предположительной голотопической проекции слёзного мешка на латеральную стенку полости носа вручную динамически изменялась степень непрозрачности модели стенок полости носа от 35 % до 1 %. При этом достигалась визуализация латеральной стенки в виде «стеклянной стенки», позволявшей отчетливо видеть модель слёзного мешка сквозь нее с сохранением четкого контура стенки и средней носовой раковины, что сохраняло возможность во время осмотра слёзного мешка оценивать соотношение слёзного мешка и внутриносовых ориентиров в сопоставимом с эндоскопическими изображениями виде.

Полученные данные ВЭ для 89 исследований в дополнение к протоколам описаний и заключениям, составленным по данным МСКТ, выдавали на руки пациентам для передачи оперирующим хирургам-эндоскопистам.

Для оценки наличия и выраженности расхождений между данными описаний выполненных МСКТ, виртуальной эндоскопии и результатами оценки во время оперативного вмешательства было проведено сопоставление протоколов описания данных МСКТ и протоколов выполненных оперативных вмешательств.

Всем пациентам выполнялась стандартная оптическая риноэндоскопия на видеоэндоскопическом комплексе скомплектованном на подвижной приборной стойке TRUMPF (Германия), включающей цифровую эндоскопическую аппаратуру, ксеноновый осветитель, ригидные эндоскопы и риноскопы Karl Storz Endoscope, с диаметром 1,9, 2,1, 2,7,3,0 и 4,0 мм с торцевой оптикой в 0° и боковой оптикой в 30° и наконечниками INTRA для боров и фрез с шейверными рукоятками для режущих и агрессивных насадок, роликовую помпу Endomat с аспиратором-ирригатором, радиоволновой хирургический и коагуляционный прибор Surgitron, эвакуатор дыма Surgevac, DVD-рекордер и в цветных LED-монитора. Впоследствии этот же комплекс использовался для выполнения оперативных вмешательств с применением эндохирургических технологий.

Применялась следующая последовательность эндоскопической оценки: в начале без предварительной подготовки полости носа выполнялась обзорная риноскопия с оценкой состояния носового клапана (пространства между перегородкой носа и каудальным краем

верхнего латерального хряща), определением цвета слизистой оболочки, выявлением и оценкой отделяемого и признаков ринита при введении эндоскопа в преддверие носа. Далее выполняли анестезию и анемизацию полости носа 0,1% раствором галазолина и 2 % раствором лидокаина в соотношении 1 : 1, после чего эндоскоп вводился в средний носовой ход и выполнялся осмотр области голотопической проекции СОП на боковую стенку полости носа при помощи эндоскопов диаметром 3,0 и 4,0 мм. Завершающим этапом эндоскопической оценки СОП выступал осмотр нижнего носового хода и области выходного отверстия носослёзного протока с оценкой анатомических особенностей строения выводного отверстия носослёзного протока и нижней носовой раковины.

Последовательность осмотра записывалась на DVD и использовалась для планирования оперативного вмешательства и для установления соответствия между оптической и виртуальной эндоскопической картиной.

Была создана электронная база данных, в которую были внесены данные об особенностях клинической картины, анамнеза заболевания и предшествующих травмах и операциях в области средней зоны лица, а также формализованные результаты оценки данных МСКТ после конвенциональной постобработки и составления неформализованного текстового заключения по результатам исследования.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась с использованием прикладных программ Microsoft Excel 2007 для Windows, MedCalc версии 19.0.1 для Windows. На первом этапе рассчитывался объем слёзных мешков по формуле для эллипсоида на основании полученных описанным выше способом линейных размеров.

Для исключения принадлежности значений размеров и объёма слёзных мешков в основной группе и контрольной группе к единой генеральной совокупности использовался двухвыборочный z-тест для средних, как применимый при достаточном объеме независимых выборок (> 30 наблюдений) для случаев как нормального, так и отличного от нормального распределения.

Для формирования критериев ассоциированной с дакриоциститом дилатации слёзных мешков и для оценки значимости различия средних величин смещения слёзного мешка вперед и вверх применялся метод «операционных характеристических кривых наблюдателя» – Receiver Operating Characteristic curve (ROC-анализ) с применением индекса Юдена.

Применение данного метода анализа данных позволило получить граничные значения объёма и линейных размеров слёзных мешков, связанные с уровнями специфичности и чувствительности для каждого из заданных критериев, а также осуществить сравнение диагностической ценности критериев на основании количественного признака площади под характеристической кривой (Area under curve, AUC).

Оценка диагностической ценности предложенной методики виртуальной эндоскопической визуализации для оценки голотопической проекции СОП выполнялась посредством вычисления чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической значимости, общей точности метода по общепринятой методике.

В качестве референтного метода оценки локализации слёзного мешка были выбраны протоколированные интраоперационные данные, оценка диагностической ценности предложенной методики виртуальной эндоскопической визуализации выполнялась в сравнении с применяемым в настоящее время текстовым описанием получаемых данных.

Для сравнительной оценки диагностической ценности перечисленных рентгенологических симптомов дакриоцистита, а также для сравнения диагностической ценности применявшихся способов представления данных МСКТ (текстовых описаний и ВЭ) также применялся ROC-анализ, выполнялось сравнение площадей под ROC-кривой.

Поскольку оценка расположения слёзных мешков по данным описательной картины и ВЭ являются качественными показателями, для получения статистического доказательства достоверности различий между ними применялся критерий χ^2 (Хи-квадрат Пирсона) для таблиц сопряжённости 2×2 , предполагающий, что при уровне вероятности случайного проявления ошибки менее уровня значимости ($P < 0,05$), нулевая гипотеза, предполагающая отсутствие статистически значимых различий в выборках отклонялась, что демонстрирует наличие статистически достоверных различий между ними.

Результаты исследования. Глубина мешка преобладала над шириной в 82,8 % случаев ($n = 169$), в 8,8 % случаев была равна ей ($n = 18$), в 8,3 % случаев наблюдалось преобладание ширины над глубиной ($n = 17$).

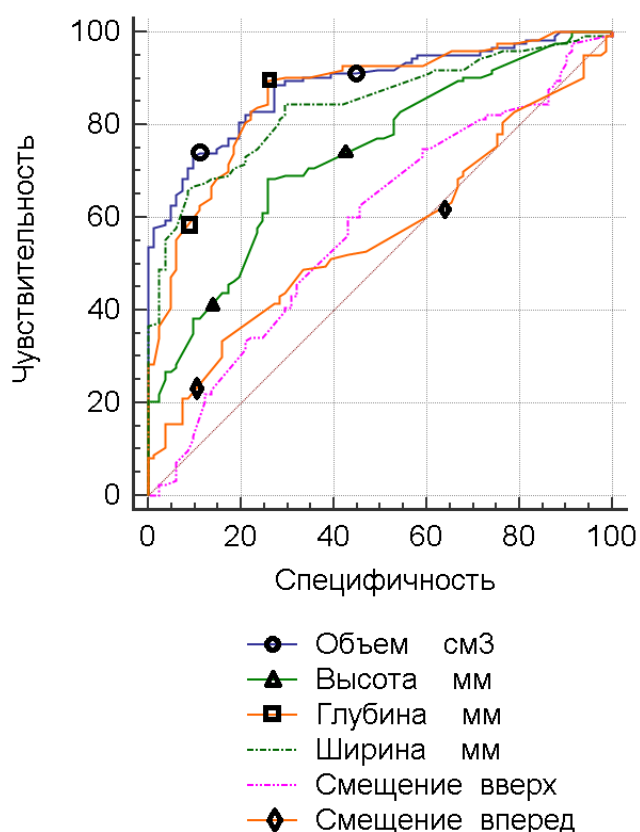
Средний объём слёзного мешка составил в основной группе ($0,65 \pm 0,12$) см³, с дисперсией 0,48 ($P = 0,05$), в контрольной группе ($0,15 \pm 0,02$) см³ с дисперсией 0,01 ($P = 0,05$).

Были получены следующие рентгенологические морфометрические критерии дилатации слёзного мешка для каждого из его размеров и объёма:

Параметр	Граничное значение	Чувствительность критерия, %	Специфичность критерия, %	Площадь под ROC-кривой
Объём, см ³	$0,29 \pm 0,1$	73,17	90,12	0,886
Высота, мм	$13,9 \pm 1,3$	68,29	74,07	0,734
Ширина, мм	$5,9 \pm 0,2$	65,85	91,36	0,841
Глубина, мм	$6,55 \pm 0,4$	89,43	74,07	0,865

Обусловленные высокой вариабельностью расположения и формы средних носовых раковин высокие значения стандартного отклонения и дисперсии, более выраженные в основной группе, демонстрируют высокую степень неоднородности линейных значений смещения геометрического центра слёзного мешка, что определяет низкую диагностическую ценность этого симптома.

По результатам ROC-анализа продемонстрировано, что диагностическая ценность рентгенологических симптомов убывает в ряду объем (площадь под ROC-кривой 0,886) – глубина (площадь под ROC-кривой 0,865) – ширина (площадь под ROC-кривой 0,841) – высота (площадь под ROC-кривой 0,734) – смещение вверх (площадь под ROC-кривой 0,586) – смещение вперед (площадь под ROC-кривой 0,564).



Графическое представление результатов ROC-анализа специфичности и чувствительности линейных размеров, объёмов и смещений слёзных мешков

По данным ретроспективного сравнительного анализа протоколов описаний МСКТ и протоколов 106 оперативных вмешательств методом эндоназальной эндоскопической дакриоцистиностомии, выполненных 93 пациентам в 66,7 % случаев ($n = 62$) были выявлены разночтения при классификационной оценке смещений слезного мешка по данным МСКТ и интраоперационным данным, в 106 описаниях расположения слёзного мешка подвергшихся ДЦР пациентов смещения слёзного мешка были описаны в 66 случаях

(62,2 %), при этом в 11 случаях (10,4 %) описанное смещенное положение слёзного мешка было оценено верно, в 47 случаях (44,3 %) описанное смещенное положение слёзного мешка не соответствовало операционным данным. В прочих 40 случаях (37,7 %) смещение слёзного мешка при описании не было указано, в том числе в 13 случаях (12,3 %) при МСКТ не было описано выявленное в ходе операции смещение, и в 35 случаях (33,0 %) – наблюдалось совпадение с операционными данными.

Таким образом, для методики описательной визуальной оценки расположения слёзного мешка: чувствительность составила 45,8 %, специфичность 42,7 %, положительная прогностическая значимость 19,0 %, отрицательная прогностическая значимость 72,9 %, общая точность 43,4 %.

По 95 видеозаписям ВРЭС расположения слёзного мешка подвергшихся ДЦР пациентов смещения слёзного мешка были описаны в 60 случаях (63,2 %), при этом в 58 случаях (61,1 %) описанное смещенное положение слёзного мешка было оценено верно, в 2 случаях (2,1 %) описанное смещенное положение слёзного мешка не соответствовало операционным данным. В прочих 35 случаях (51,7 %) смещение положение слёзного мешка при ВРЭС было расценено как не смещенное, в том числе в 1 случае (0,8 %) не было выявлено определенное в ходе операции смещение, и в 61 случае (50,1 %) – наблюдалось совпадение с операционными данными.

Таким образом, для методики виртуализации данных МСКТ посредством ВЭ: чувствительность составила 98,3 %, специфичность 94,4 %, положительная прогностическая значимость 96,7 %, отрицательная прогностическая значимость 97,1 %, общая точность 96,8 %. Видеозаписи, полученные во всех проанализированных случаях по модифицированной методике виртуальной 4D-эндоскопии с сегментацией и цветовым маркированием слезоотводящих путей, были построены с максимальным соблюдением последовательности, порядка и визуального соответствия данным интраоперационной оптической риноэндоскопии.

Достоверное представление индивидуальных особенностей анатомии и рельефа слизистой оболочки пациентов позволило эффективно использовать данные виртуальной 4D-эндоскопии для целей интраоперационной навигации.

Возможность демонстрации слезоотводящих путей через частично прозрачную латеральную стенку полости носа дополнительно расширила возможности интраоперационной навигации, поскольку визуализация расположения и конфигурации СОП через латеральную стенку полости носа при оптической эндоскопии полностью невозможна вплоть до момента формирования дакриоцисториностомы.

В результате дополнения протоколов описания данных МСКТ видеоданными

виртуальной 4D-эндоскопии во всех случаях интраоперационная навигация была успешной, поскольку в случае наличия разночтений с текстовым протоколом во всех случаях хирурги ориентировались за визуальные данные виртуальной 4D-эндоскопии.

В то же время эта визуальная информация была более комплексной, поскольку наглядно демонстрировала фактическое взаиморасположение видимых через частично прозрачную латеральную стенку полости носа слезоотводящих путей с не имеющими названий в анатомической номенклатуре, непостоянно встречающимися и недоступными вследствие этого традиционному повторяемому текстовому описанию индивидуальными эндоназальными ориентирами, такими как выступы слизистой оболочки, деформации перегородки носа и крючковидные разрастания и поперечные ламели в области перехода хрящевой и костной части перегородки носа, костные выступы и углубления латеральной стенки полости носа и т. д.

Для сопоставления диагностической ценности предложенной методики виртуальной дакриоцисториноскопии и диагностической ценности текстовых описаний результатов предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии был применен парный ROC анализ с последующим сравнением значений площади под ROC-кривой. Для текстовых описаний результатов площадь под ROC-кривой составила $(0,574 \pm 0,1)$, что соответствует неудовлетворительной прогностической ценности методики. Для предложенной методики виртуальной дакриоцисториноскопии площадь под ROC-кривой составила $0,992 \pm 0,01$, что соответствует отличной прогностической ценности методики. Разность площадей под ROC-кривой составила $0,418 \pm 0,03$ ($P < 0,0001$), z-критерий 15,71, что наглядно демонстрирует преимущество прогностической ценности методики ВЭ. Для оценки статистической значимости различий между методикой текстовых описаний расположения слёзного мешка и методикой ВЭ было выполнено вычисление критерия χ^2 для таблиц сопряжённости 2×2 . Его значение составило 52,61, что соответствует уровню статистической значимости $P < 0,0001$ и демонстрирует наличие статистически достоверных различий между результатами методик.

ВЫВОДЫ

1. Определены пределы нормальных значений и диагностическая ценность симптомов расширения слёзного мешка:

объём $\leq (0,29 \pm 0,1)$ см³, (чувствительность 73,17 %, специфичность 90,12 %),
высота $\leq (13,9 \pm 1,3)$ мм, (чувствительность 68,29 %, специфичность 74,07 %),
ширина $\leq (5,9 \pm 0,2)$ мм, (чувствительность 65,85 %, специфичность 91,36 %),
глубина $\leq (6,55 \pm 0,4)$ мм, (чувствительность 89,43 %, специфичность 74,07 %).

2. Увеличение объёма слёзного мешка является наиболее диагностически ценным симптомом его расширения при дакриоцистите (площадь под ROC-кривой 0,886) в

сравнении с увеличением линейных размеров (ширины, высоты и глубины), а также в сравнении с симптомами смещения слёзного мешка относительно переднего края (площадь под ROC-кривой 0,564) и нижнего края (площадь под ROC-кривой 0,586) средней носовой раковины.

3. Существует значительный потенциал повышения ценности бесконтрастной мультиспиральной компьютерной томографии как метода предоперационного планирования и интраоперационной навигации за счёт доработки способа представления результатов, поскольку самостоятельная диагностическая ценность текстовых описаний оценивается как низкая (площадь под ROC-кривой 0,574 соответствует неудовлетворительной прогностической ценности метода исследования).

4. Разработана и опробована на практике предоперационного планирования и интраоперационной навигации методика виртуализации данных предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии – виртуальная дакриоцисториноскопия с сегментацией и цветовым маркированием слезоотводящих путей, продемонстрировавшая высокие показатели диагностической ценности:

чувствительность (98,3 %),

специфичность (94,4 %),

положительную прогностическую значимость (96,7 %),

отрицательную прогностическую значимость (97,1 %),

общую точность (96,8 %),

а также высокое значение площади под ROC-кривой при ROC-анализе – 0,992, что соответствует отличной прогностической ценности методики.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В качестве наиболее точного и повторяемого рентгенологического критерия расширения слёзного мешка при дакриоцистите следует использовать объем слёзного мешка, рассчитываемый по описанной методике, считая нормальным объём $\leq 0,29 \text{ см}^3$, смещение слёзного мешка не следует считать признаком его расширения.

2. Для виртуальной эндоскопической реконструкции данных мультиспиральной компьютерной томографии следует применять данные в формате DICOM с шагом и толщиной слоя не более 3 мм.

3. Следует дополнять результаты предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии видеозаписями виртуальной эндоскопии, получаемой путём сегментации данных бесконтрастной компьютерной томографии орбит в полуавтоматическом режиме сегментации на основании уровней КТ-плотности (в диапазоне выбора тканей $-15 \div +50 \text{ HU}$) с послойным выделением слезоотводящих путей с

удалением не относящихся к ним выделенным на основании уровней плотности мягких тканей и корректировкой контуров слезоотводящих путей под визуальным контролем на мультипланарных реконструкциях в трех проекциях, с последующим построением трёхмерной модели поверхности слезоотводящих путей, окрашиванием её аналогично маркированию очагов низкой плотности (субсолидных очагов в лёгких) и встраиванием полученной сегментированной и маркированной модели в виртуальную эндоскопическую модель полости носа с углом обзора 60^0 , с установкой уровня непрозрачности стенок полости носа в 2 % с последующей корректировкой параметров предустановки реконструкции эндоскопической модели с получением картины «стеклянных стенок» полости носа.

4. Следует регистрировать видеозапись виртуального эндоскопического исследования, повторяющего последовательность эндоскопического осмотра виртуальной эндоскопической модели среднего носового хода при оптической риноэндоскопии во время эндоскопической дакриоцисториностомии, при этом во время оптимальной визуализации средней носовой раковины и предположительной голотопической проекции слёзного мешка на латеральную стенку полости носа следует вручную динамически изменять степень непрозрачности модели стенок полости носа от 35 % до 1 %, отображая изменения на видеозаписи.

5. Для планирования эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии и навигации во время неё следует использовать полученные видеозаписи виртуальных эндоскопических исследований посредством обеспечения воспроизведения полученных видеозаписей виртуальной эндоскопии как на этапе предоперационного планирования, так и непосредственно во время выполнения эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Ободов, В. А. Возможности виртуальной эндоскопии носовой полости в планировании технологии эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, М. И. Шляхтов // **Вестник Оренбургского государственного университета**. – 2012. – № 12. – С. 138–150.

2. Возможности виртуальной эндоскопии при экзентерации орбиты / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков, А. В. Ободов // **Практическая медицина**. – 2015. – № 2. – С. 116–119.

3. **Агеев, А. Н.** Вариантная лучевая анатомия слезного мешка при визуализации методом бесконтрастной компьютерной томографии / **А. Н. Агеев**, А. П. Дергилев, В. А. Ободов // **Вестник рентгенологии и радиологии**. – 2016. – № 97 (1). – С. 14–19.

4. Диагностическая значимость вербальной и визуальной оценки расположения дилатированного слезного мешка при планировании эндоскопической дакриоцисториностомии / **А. Н. Агеев**, А. П. Дергилев, В. А. Ободов, А. В. Ободов // **Медицинская визуализация**. – 2016. – № 1. – С. 8–17.
5. Диагностическая ценность виртуальной эндоскопии для визуализации индивидуальных особенностей синтопии системы слезоотведения и внутриносовых ориентиров для эндоскопической навигации / **А. Н. Агеев**, А. П. Дергилев, В. А. Ободов, А. В. Ободов // **Лучевая диагностика и терапия**. – 2018. – № 1 (9). – С. 51–52.
6. Ободов, В. А. Особенности дакриоцисториностомии в детском возрасте / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев** // **Практическая медицина**. – 2018. – № 3. – С. 141–145.
7. Развитие эндоскопических технологий лечения дакриоцистита с позиции офтальмолога / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков, А. В. Ободов // **Дневник казанской медицинской школы**. – 2016. – № 2. – С. 94–95.
8. Ободов, В. А. Метод виртуальной риноэндоскопии в планировании эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, М. И. Шляхов // **Российский журнал Лучевой диагностики: электронный журнал**. – 2014. – Т. 3, № 2. – С. 21–22.
9. Виртуальная эндоскопия орбит – новый метод неинвазивной диагностики орбитальной патологии / А. В. Ободов, **А. Н. Агеев**, В. А. Ободов, О. А. Зыков // **Современные технологии в офтальмологии**. 2015. – № 3. – С. 127–128.
10. Диагностическая значимость бесконтрастной томографии слезного мешка при вербальной и виртуальной оценке слезоотводящих путей / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, А. П. Дергилев, О. А. Зыков // **Отражение**. – 2017. – № 2. – С. 39–42.
11. Ободов, В. А. 4D-гибридная технология эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии с виртуальной навигацией слезного мешка / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев** // **Отражение**. – 2018. – № 2. – С. 36–40.
12. Ободов, В. А. Телемедицинские технологии в дакриохирургии / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков [и др.] // **Отражение**. – 2018. – № 2. – С. 40–43.
13. Ободов, В. А. Возможности виртуальной эндоскопии носовой полости в планировании технологии эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии. / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, М. И. Шляхтов // **XX Научно-практическая конференция Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза» : сборник статей**. – Екатеринбург, 2012. – С. 78–82.
14. Эндоназальная эндоскопическая дакриоцисториностомия с использованием навигационной системы / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, А. В. Крушинин [и др.] // **IX**

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Федоровские чтения – 2012» : сб. тезисов. – Москва, 2012. – С. 82–83.

15. Виртуальная эндоскопическая диагностика при дакриоциститах / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков, М. И. Шляхтов // VI Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии : материалы конф. – Екатеринбург, 2012. – С. 230–232.

16. Эндоназальная эндоскопическая дакриоцисториностомия с использованием навигационной системы / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, А. В. Крушинин [и др.] // VI Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии : материалы конф. – 2012. – С. 230–232.

17. Ободов, В. А. Новые возможности в хирургии дакриоциститов / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев** // Офтальмологический конгресс с международным участием «Инновационные технологии в повседневной офтальмологической практике» : сб. материалов. – Алматы, 2013. – С. 398–400.

18. Роль виртуальной эндоскопии носовой полости и слёзного мешка в эндоназальной хирургии дакриоциститов / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, М. И. Шляхтов, О. А. Зыков // XI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Федоровские чтения – 2013» : сб. тезисов. – Москва, 2013. – С. 102–103.

19. Ободов, В. А. Новые возможности лечения дакриоциститов с атипичными положениями слёзных мешков / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев** // Научно-практическая конференция офтальмологов УрФО «Актуальные проблемы офтальмологии – 2013» : сб. материалов. – Екатеринбург, 2013. – С. 59–60.

20. Ободов, В. А. Метод виртуальной риноэндоскопии в планировании эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, М. И. Шляхов // Невский радиологический форум : сборник научных работ. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 41–42.

21. Гибридная технология в эндоскопической ДЦРС / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков, А. В. Ободов // VII Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии : материалы конф. – Екатеринбург, 2015. – С. 121–122.

22. Виртуальная эндоскопия в диагностике некоторой орбитальной патологии / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков, А. В. Ободов // VII Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии : материалы конф. – Екатеринбург, 2015. – С. 120–121.

23. Ободов, В. А. Виртуальная эндоскопия орбиты при меланоме хориоидеи с экстаокулярным компонентом (клинический случай) / В. А. Ободов, **А. Н. Агеев**, О. А. Зыков // XXII Научно-практическая конференция Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза» : сборник статей. – Екатеринбург, 2018. – С. 54–57.

24. **Ageev, A.** Nasal cavity virtual endoscopy options in planning endoscopic endonasal

endoscopic endonasal dacryocystorhinostomy techniques / **A. Ageev**, V. Obodov, M. Shlyakhtov // . – 2014. – С. 0074.

25. Virtual dacryocystorhinoscopy in intraoperative navigation in the hybrid technology of endonasal endoscopic dacryocystorhinostomy / **A. Ageev**, A. Dergilev, V. Obodov [et al.] // ECR 2017. – 2017. – С. 1141

26. Diagnostic value of virtual endoscopy for reporting individual nasolacrimal system syntopic anatomy / **A. Ageev**, V. Obodov, A. Dergilev, A. Obodov // ECR 2018. – 2018. – С. 193.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВР	высокое разрешение
ВЭ	виртуальная эндоскопия
ДЦР	дакриоцисториностомия
ИП	истинно положительный результат
ИО	истинно отрицательный результат
КЛКТ	конусно-лучевая компьютерная томография
ЛП	ложно положительный результат
ЛО	ложно отрицательный результат
МДЭ	малоинвазивная дакриоэндоскопия
МРТ	магниторезонансная томография
МСКТ	мультиспиральная компьютерная томография
СОП	слезоотводящие пути
УЗИ	ультразвуковое исследование
AUC	area under curve
HU	Hounsfield unit
DICOM	digital imaging and communications in medicine
FISP	fast imaging with steady state processing
FLASH	fast low angle shot
FOV	field of view
HU	Hounsfield unit
PANDO	primary acquired nasolacrimal duct obstruction
ROC	receiver operating characteristic curve
SALDO	secondary acquired lacrimal duct obstruction
SSD	shaded surface display
TALT	tear duct-associated lymphoid tissue
VR	volume rendering
VRT	volume rendering technique