



Неинвазивная диагностика неопухолевой патологии с использованием оптической когерентной томографии

Меллер А.Е.¹ • Мотовилова Т.М.² • Пантелеева О.Г.³ • Кузнецов С.С.² • Стройкова К.И.² • Кондратьева О.А.⁴ • Кириллин М.Ю.⁵ • Шахова Н.М.⁵

Актуальность. Отличительными чертами современных воспалительных заболеваний являются латентное течение и склонность к хронизации. Хроническое воспаление лежит в основе развития тяжелых заболеваний, в том числе аутоиммунных и онкологических, и выступает причиной нарушения основных функций человеческого организма. Диагностика хронических воспалений сопряжена с рядом проблем, которые обусловлены, с одной стороны, многообразием клинических вариантов и морфологических форм, а с другой – преобладанием в последнее время латентного течения заболеваний. В свою очередь, правильный выбор тактики лечения может быть основан на понимании и четком распознавании этиологических и морфологических типов заболевания. Это определяет актуальность развития новых методов диагностики, одним из которых может стать оптическая когерентная томография (ОКТ). **Цель** – показать принципиальную возможность ОКТ в распознавании морфологических изменений, сопровождающих хронические воспалительные заболевания различной локализации. **Материал и методы.** ОКТ-исследование выполнено комплексно стандартным диагностическим процедурам у 225 пациентов с хроническими воспалительными

заболеваниями различной локализации: хроническим рецидивирующим ринитом, хроническим латентным сальпингитом и хроническим эндометритом. Для ОКТ использована установка «ОКТ-1300У» (длина волны излучения 1280 нм, разрешение 15–20 мкм, время получения ОКТ-изображений 8 кадров в секунду, глубина зондирования – 1,4 мм, диаметр зонда 2,4 мм). Используются методы численной обработки ОКТ-изображений: численная характеристика гистограмм и текстуры ОКТ-изображений с последующим определением значений, характерных для различных групп изображений, соответствующих определенным состояниям биоткани, и нейронная сеть, входными параметрами которой служили гистограммы и двумерные Фурье-образы ОКТ-изображений. **Результаты.** При ОКТ-лапароскопии получено 3 типа изображений маточных труб с ОКТ-признаками, характерными для нормы и воспаления. Появление неоднородности в структуре ОКТ-изображения свидетельствовало о морфологической неоднородности мышечного слоя маточной трубы, что позволяло нам делать заключение о хроническом сальпингите. При ОКТ-гистероскопии нами показано, что ОКТ способна визуализировать патоморфологические особенности хронических эндометритов.

Полученные при ОКТ-риноскопии данные дают основание сделать предварительные выводы о возможности детектировать специфические черты различных вариантов хронического ринита. Применение численной обработки ОКТ-изображений позволило повысить диагностическую точность метода и объективизировать его. **Заключение.** ОКТ способна детектировать морфологические изменения, вызванные хроническим воспалительным процессом. ОКТ-критерии воспалительных процессов достаточно универсальны для разных органов. Продемонстрирована возможность неинвазивной диагностики патоморфологических вариантов заболеваний. Показаны трудности в развитии ОКТ для диагностики неопухолевой патологии и некоторые пути их преодоления, в частности, применение численной обработки изображений. Аргументирована целесообразность дальнейших исследований.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография, гистероскопия, лапароскопия, риноскопия, воспалительные заболевания органов малого таза, хронический эндометрит, хронический сальпингит, хронический ринит

doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-2-203-212



Отличительными чертами современных воспалительных заболеваний считаются латентное течение и склонность к хронизации. Известно, что хроническое воспаление лежит в основе развития таких тяжелых заболеваний, как аутоиммунные и онкологические [1]. Осложнения воспалительных заболеваний наносят ущерб основным функциям человеческого организма, в том числе поддержания гомеостаза и репродуктивной. С этой точки зрения особое место занимают воспалительные заболевания ЛОР-органов, прежде всего риниты, отличающиеся высокой распространенностью и существенным влиянием на качество жизни за счет системных симптомов (усталость, головная боль, нарушение сна и когнитивных функций), что приводит к значительным экономическим затратам [2]. Диагностика хронического ринита сопряжена с рядом проблем, которые, с одной стороны, обусловлены многообразием клинических вариантов и морфологических форм, а с другой стороны, преобладанием в последнее время латентного течения заболевания [3, 4]. В свою очередь, выбор тактики лечения может быть основан на понимании и четком распознавании этиологических и морфологических типов заболевания [3–6]. Например, очень важно дифференцировать аллергический и неаллергический ринит, так как тактика лечения при этих формах различается драматически [2, 3, 6]. Предпринимаются попытки найти оптимальные способы диагностики, предлагаются различные подходы, в частности, цитологическое исследование мазков из полости носа и даже гистологическое исследование биоптатов слизистой оболочки [7]. Наиболее информативным признан тест на локальную эозинофилию, чувствительность которого составляет всего 74% [8]. Очевидно, что существует потребность в дальнейшем совершенствовании диагностических технологий.

Одним из перспективных подходов для диагностики и дифференциальной диагностики воспалительных заболеваний ЛОР-органов представляется оптическая когерентная томография (ОКТ). Сегодня ОКТ чаще применяется для обследования гортани с целью диагностики опухолей [9–11]. Однако предпринимались попытки использовать ОКТ для диагностики неопухолевой воспалительной патологии при изучении внутренней структуры слизистой оболочки полости носа и носоглотки [12–15]. Этот интерес обусловлен морфологической гетерогенностью ринитов и потребностью неинвазивно изучать морфологию слизистой оболочки носа для

Меллер Алина Ефимовна – врач¹

Мотовилова Татьяна Михайловна – канд. мед. наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии²

Пантелеева Ольга Геннадиевна – канд. мед. наук, врач³

Кузнецов Сергей Станиславович – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии²

Стройкова Ксения Ивановна – студент²

эффективной диагностики формы хронического ринита.

В последние десятилетия весьма актуальными стали вопросы сохранения и восстановления репродуктивной функции женского организма [16]. Это связано со значительным ростом заболеваний, угрожающих репродуктивному потенциалу. Среди них воспалительные заболевания органов малого таза – наиболее частый патогенетический фактор развития бесплодия и невынашивания беременности [17–19]. Они характеризуются преобладанием латентных форм, вызывающих минимальные морфологические и функциональные изменения [17, 20]. Это приводит к тому, что при несовершенстве диагностических методов в 28% случаев причины бесплодия остаются невыясненными [16, 21, 22]. Так, «золотым стандартом» завершающего этапа диагностики женского бесплодия и невынашивания считаются эндоскопические методы (лапароскопия и гистероскопия) [23, 24]. Сейчас значение и возможности этих методов дискутируются [23, 25, 26]. Установлено, что в распознавании хронических воспалительных заболеваний органов малого таза лапароскопия демонстрирует очень низкую чувствительность (27%), хотя диагностическая точность остается удовлетворительной (78%) за счет высокой специфичности (92%) [27]. В этой связи целесообразно и весьма актуально усовершенствование эндоскопических методов. Это может быть реализовано за счет использования дополнительных методов, например ОКТ, возможности которой при комPLEMENTАРНОМ использовании с лапароскопией изучаются [28–30].

Цель исследования – показать принципиальную возможность ОКТ в распознавании морфологических изменений, сопровождающих хронические воспалительные заболевания разной локализации.

Материал и методы

ОКТ-исследование выполнено комPLEMENTАРНО стандартным диагностическим процедурам у пациентов с хроническими воспалительными заболеваниями разной локализации. В данной работе представлен анализ исследований 225 пациентов. У 150 женщин репродуктивного возраста (от 25 до 45 лет, средний возраст – 28,5 года) с бесплодием неясного генеза ОКТ выполнена при лапароскопии (зонд вводился через троакар лапароскопа в полость малого таза) с целью визуализации маточных труб. У 20 пациенток репродуктивного возраста (от 25 до 44 лет, средний возраст – 29,75 года) с невынашиванием беременности ОКТ

¹ ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России; 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, 2, Российская Федерация

² ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России; 603005, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Российская Федерация

³ НУЗ «Дорожная клиническая больница» на ст. Горький ОАО «РЖД»; 603140, г. Нижний Новгород, просп. Ленина, 18, Российская Федерация



Рис. 1. Общий вид ОКТ-установки (А); процедура ОКТ-лапароскопии (Б); схема ОКТ-изображения с характерным масштабом кадра (В)

проведена при гистероскопии (зонд вводился через рабочий канал гистероскопа в полость матки) для визуализации эндометрия. Пятидесяти пяти пациентам обоих полов (женщин – 35, мужчин – 20, от 19 до 72 лет, средний возраст – 42,5 года) с хроническим часто рецидивирующим ринитом ОКТ проведена при риноскопии с целью визуализации слизистой оболочки полости носа.

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации, разрешено Этической комиссией по проведению научных исследований с участием человека в качестве объекта исследования (Протокол № 8 от 03.11.2009). Все пациенты подписывали протокол добровольного информированного согласия.

Для ОКТ использована установка «ОКТ-1300У» (ИПФ РАН, ООО «Биомедтех», Н. Новгород, Россия) со следующими техническими параметрами: длина волны излучения – 1280 нм, разрешение по глубине – 15 мкм, латеральное – 20 мкм, время получения ОКТ-изображения – 8 кадров в секунду, глубина зондирования – 1,4 мм, диаметр эндоскопического сменного зонда – 2,4 мм. Режим видеокadra позволяет получать информацию не только о морфологических, но и функциональных особенностях биотканей (рис. 1А).

Для получения ОКТ-изображений зонд подвигался к зоне интереса и фиксировался легким прижатием на 1–2 секунды (рис. 1Б). Сбор и отображение данных на мониторе компьютера осуществлялись в режиме реального времени с использованием программы, входящей в комплект ОКТ-установки. Характерный масштаб ОКТ-изображения показан на схеме (рис. 1В).

Интерпретация ОКТ-изображений проводилась по критериям, разработанным ранее в соответствии с морфологическими данными [31, 32].

Мы использовали ОКТ в качестве дополнительного метода в ходе стандартной лапароскопии у пациенток с диагнозом «бесплодие неясного генеза». По данным анамнеза, этиопатогенетическим фактором бесплодия

предполагались хронические воспалительные заболевания органов малого таза. Однако клинические проявления и лабораторные изменения были минимальными. При проведении стандартной лапароскопии в большинстве случаев явных отклонений выявлено не было либо имелись косвенные данные о хроническом воспалительном процессе. Зондирование маточной трубы проводилось со стороны серозной оболочки, зонд подводился к перешейку, наиболее прямому отделу маточной трубы, и фиксировался к серозной оболочке легким прижатием. Серозная оболочка, имеющая толщину около 80 мкм, является прозрачной для ОКТ. Таким образом, при информативной глубине зондирования 1,4 мм предметом исследования фактически был только мышечный слой маточной трубы. Известно, что для хронического сальпингита наиболее характерным с точки зрения морфологических изменений является вовлечение в процесс мышечного слоя [26].

Мы также использовали ОКТ как дополнительный метод во время стандартной гистероскопии у пациенток с диагнозом «привычное невынашивание беременности», причем в обследованной группе основным этиопатогенетическим фактором рассматривался хронический эндометрит. Гистероскопия проводилась в соответствии со стандартом на 5-й день менструального цикла, когда функциональный слой не выражен и эндометрий в основном представлен базальным слоем. Для получения ОКТ-изображения зонд, введенный через рабочий канал гистероскопа, подводился к эндометрию в области дна матки, что позволяло достаточно хорошо фиксировать его прижатием к слизистой оболочке. После гистероскопии проводилась биопсия эндометрия. Таким образом, мы имели возможность сопоставить ОКТ-изображения с гистологическими результатами и иммуногистохимическими данными.

ОКТ-исследование слизистой оболочки полости носа проведено при стандартной риноскопии с использованием носового зеркала. ОКТ-зонд подводился к носовой раковине и фиксировался легким прижатием к слизистой оболочке. Для разработки критериев ОКТ-изображений слизистой оболочки носа на данном этапе исследования мы выделили три морфологически различающихся варианта: неизменную слизистую оболочку, гипертрофический ринит и атрофический ринит.

Для объективизации данных использованы методы численной обработки ОКТ-изображений. Применяемые подходы заключаются в численной характеристике гистограмм и текстуры

Кондратьева Ольга Алексеевна – студент⁴

Кириллин Михаил Юрьевич – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., лаборатория биофотоники⁵

Шахова Наталия Михайловна – д-р мед. наук, вед. науч. сотр., лаборатория биофотоники⁵
 ✉ 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, Российская Федерация.
 Тел.: +7 (831) 436 80 10.
 E-mail: natalia.shakhova@gmail.com

⁴ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»; 603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, Российская Федерация

⁵ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»; 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, Российская Федерация

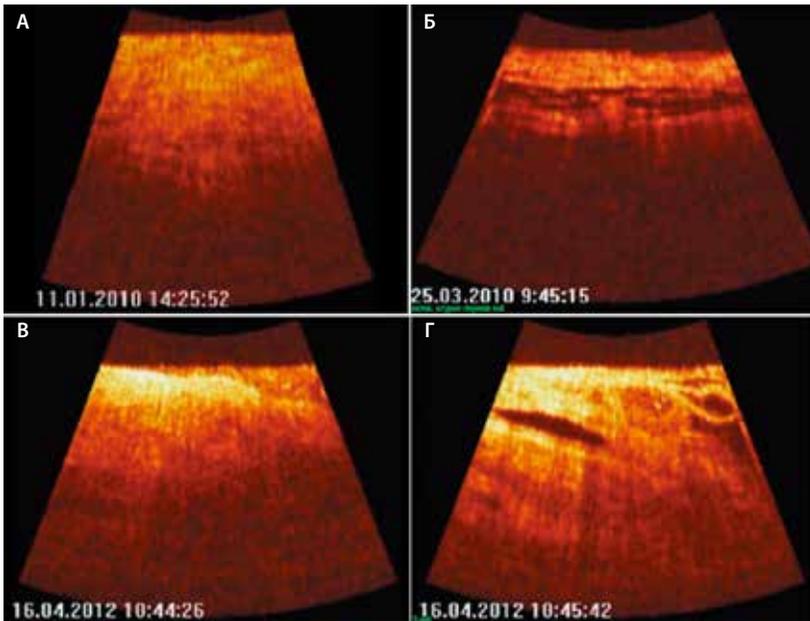


Рис. 2. ОКТ-изображения маточной трубы, полученные при лапароскопии: **А** – неизменная маточная труба; **Б** – ОКТ-признаки экссудативного воспалительного процесса; **В** – ОКТ-признаки выраженного фибрирования маточной трубы; **Г** – смешанный вариант ОКТ-визуализации маточной трубы, признаки отека и склерозирования

ОКТ-изображений с последующим определением значений, характерных для различных групп изображений, соответствующих определенным состояниям биоткани [29]. Для дифференциации ОКТ-изображений применялась также нейронная сеть, входными параметрами которой служили гистограммы и двумерные Фурье-образы ОКТ-изображений [33].

Результаты

ОКТ-лапароскопия

В ходе работы при ОКТ-лапароскопии маточных труб нами получено 3 типа изображений (рис. 2). В отсутствие патологии маточных труб ОКТ-изображение было бесструктурным, интенсивность сигнала – умеренная с равномерным снижением по глубине кадра (рис. 2А). Появление неоднородности в структуре ОКТ-изображения свидетельствовало о морфологической неоднородности мышечного слоя маточной трубы, что позволяло нам делать заключение о хроническом сальпингите (рис. 2Б–Г). Преобладание зон с низким уровнем сигнала (см. рис. 2Б) указывало на преимущественно экссудативный патоморфологический вариант процесса. Наличие в изображении участков повышенной интенсивности сигнала говорило в пользу процессов склерозирования и фибрирования мышечного слоя (см. рис. 2В). Достаточно часто встречались ОКТ-изображения с чередованием гипо- и гиперинтенсивных неоднородностей, что, по нашему мнению, свидетельствует о смешанном характере патоморфологических изменений маточной трубы (см. рис. 2Г). В ранее проведенных исследованиях мы показали, что ОКТ-критерии соответствуют морфологическим данным [31].

ОКТ-гистероскопия

На рис. 3А приведено ОКТ-изображение практически неизмененного эндометрия, когда эндоскопически визуализируются минимальные признаки хронического эндометрита. При гистологии отмечаются минимальные морфологические

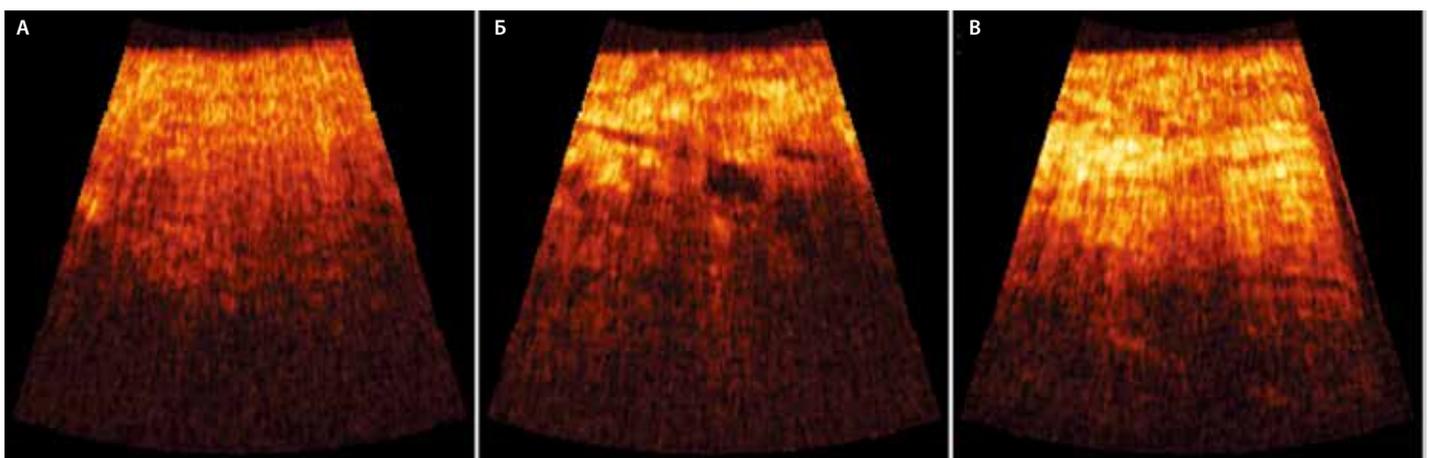


Рис. 3. ОКТ-изображения эндометрия, полученные при гистероскопии: **А** – хронический неспецифический эндометрит в стадии ремиссии, нормопластический вариант; **Б** – хронический неспецифический эндометрит в стадии обострения, нормопластический вариант; **В** – хронический неспецифический эндометрит в стадии обострения, гиперпластический вариант

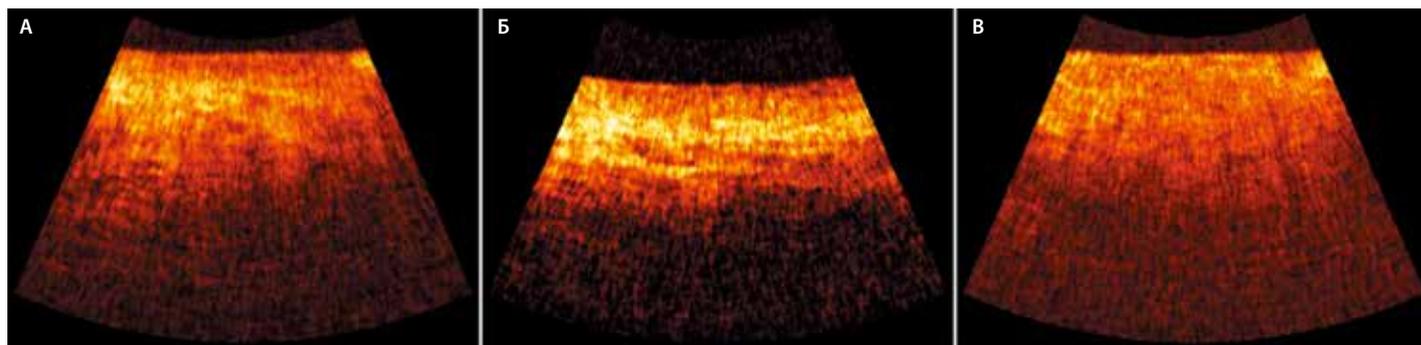


Рис. 4. ОКТ-изображения слизистой оболочки носа: **А** – норма; **Б** – гипертрофический ринит; **В** – атрофический ринит

изменения эндометрия, связанные с перенесенным воспалительным процессом, и отсутствие обострения на момент исследования. Данные иммуногистохимии указывают на незначительное снижение рецепторов эстрогенов и прогестерона при равномерном распределении их и в железах, и в строме. Иными словами, можно говорить о практически неизменном эндометрии и морфологически, и функционально. В этом случае на ОКТ мы видим однородное изображение с умеренным равномерным спаданием сигнала по глубине.

В случае наличия выраженных морфологических изменений (диффузная лимфогистиоцитарная инфильтрация, склероз в сочетании с отеком, множественные геморрагии, полнокровные сосуды) при гистероскопии регистрируется обострение хронического эндометрита. На ОКТ-изображении визуализируются участки различной формы и размеров с чередованием снижения интенсивности сигнала (темные зоны) со значительным его повышением (яркие зоны) (рис. 3Б). При этом данные иммуногистохимии говорят о том, что содержание клеток, экспрессирующих рецепторы эстрогена и прогестерона, значительно снижено и в железах, и в строме; обращает на себя внимание крайняя неравномерность в распределении элементов, экспрессирующих рецепторы гормонов. Имеется сочетание выраженного воспалительного процесса с функциональными нарушениями.

На рис. 3В при ОКТ получено двуслойное изображение с умеренно рассеивающим верхним слоем и более интенсивно рассеивающим подлежащим слоем. Наблюдается иной морфологический вариант хронического эндометрита: пролиферативные изменения эндометрия в сочетании с отеком и склерозом, что при гистероскопии диагностируется как гиперпластический вариант хронического эндометрита. Функционально по

данным иммуногистохимии отмечаются снижение количества рецепторов и их хаотичное расположение, особенно в строме. В данном случае именно пролиферативные изменения функционального слоя обеспечивают при ОКТ визуализацию функционального слоя эндометрия в виде оптического слоя.

Таким образом, нами показано, что ОКТ способна визуализировать патоморфологические особенности хронических эндометритов.

ОКТ-риноскопия

Полученные ОКТ-изображения слизистой полости носа отражают особенности выделенных нами морфологических вариантов хронического ринита. Очевидно, что все три изображения имеют специфические черты (рис. 4).

В норме (рис. 4А) на ОКТ визуализируются два слоя. Верхний – умеренно рассеивающий – соответствует эпителию. Он не имеет очень четкой границы с подлежащим слоем, который выглядит достаточно компактным и характеризуется наличием небольших округлых зон сниженной интенсивности (морфологически они соответствуют кровеносным сосудам и железам). При наличии гипертрофического ринита (рис. 4Б) верхний слой изображения несколько утолщен, граница между эпителием и собственной пластинкой еще более размыта. В подэпителиальном слое визуализируются линейные зоны пониженного сигнала, что характерно для отека тканей. При атрофическом рините (рис. 4В) не удастся рассмотреть эпителий как отдельный оптический слой, изображение подэпителиального слоя выглядит почти однородным. Описанные различия ОКТ-изображений позволяют нам сделать предварительные выводы о возможности ОКТ детектировать специфические черты различных вариантов хронического ринита.



Обработка изображений

Приведенные нами примеры показывают: ОКТ-информация имеет дифференциально-диагностическое значение. Но интерпретация изображений достаточно субъективна, она требует хорошего знания гистологии изучаемого органа и морфологической сущности соответствующей патологии. В этой связи нами предприняты попытки объективизации диагностики за счет использования методов численной обработки ОКТ-изображений. В данной работе приводится пример обработки ОКТ-изображений маточных труб для повышения диагностической ценности метода. Поскольку наличие на ОКТ-изображениях структур, а именно областей с низким уровнем сигнала, является признаком отека, при разработке алгоритма численного анализа в качестве численной характеристики были выбраны параметры, характеризующие неоднородность изображения – первая производная сигнала по глубине и двумерный Фурье-образ. Для склерозирования, напротив, характерен высокий уровень сигнала, что послужило предпосылкой для выбора характеристик гистограммы в качестве второго параметра. Комбинация этих параметров была использована для дифференциальной диагностики состояния маточных труб. В ранее проведенных исследованиях [31] мы показали, что даже при субъективной оценке изображений метод ОКТ имеет высокие показатели чувствительности относительно хронических воспалительных заболеваний органов малого таза (90%) и специфичности (81%), диагностическая точность составляет 88% при индексе согласия к 0,63 (95% доверительный интервал 0,5082–0,7453), что позволяет говорить о хорошем согласии специалистов, а значит, о достаточной объективности метода. Благодаря применению численной обработки к ОКТ-изображениям маточных труб удалось диагностическую точность метода дополнительно повысить до 96%, чувствительность – до 96% и специфичность – до 100%. Применение нейронной сети позволило достичь диагностической точности 82–100% при дифференцировании различных патоморфологических вариантов хронического сальпингита с преобладанием склерозирования, экссудативного компонента или смешанного состояния в зависимости от выбора параметра обучения сети.

Обсуждение и заключение

Оптическая когерентная томография зарекомендовала себя как метод диагностики злокачественных новообразований [34]. В данном исследовании мы показали: ОКТ, которая дает возможность получать информацию о внутренней структуре

биоткани с разрешением на уровне тканевых слоев, может быть успешно использована и для диагностики неопухоловой патологии. Пример хронического сальпингита демонстрирует, что ОКТ способна дифференцировать оптическую структуру стенки маточной трубы. Эта информация сопоставима с гистологическими данными, получаемыми при биопсии, инвазивность которой не позволяет использовать этот метод относительно маточных труб. Это способствует значительному повышению чувствительности базовой процедуры: в ранее проведенных исследованиях нами оценена чувствительность лапароскопии как 43,5%, в то время как комплементарное использование ОКТ повышает этот процент до 95,7% [35]. Относительно ОКТ-гистероскопии необходимо подчеркнуть: в случае подозрения на хронический эндометрит с помощью стандартной гистероскопии можно по макроскопическим признакам идентифицировать хронический эндометрит не более чем в 35–60% случаев [36], что требует дополнительно проводить биопсию и морфологическое исследование эндометрия. С клинической точки зрения считается целесообразным выделять гистероскопические макротипы хронического эндометрита – гиперпластический, гипопластический и смешанный. Однако существуют трудности интерпретации данных гистероскопии. В частности, это может быть связано с вариабельностью эндоскопических картин в разных фазах воспаления. Применение неинвазивной визуализации эндометрия с использованием ОКТ должно повысить диагностическую эффективность стандартной гистероскопии.

В настоящее время мы не можем оценить диагностическую точность ОКТ-гистероскопии и ОКТ-риноскопии. Для этого требуется продолжение клинических исследований, тем не менее уже сейчас мы можем говорить об их целесообразности. Прежде всего, применяя метод для разных локализаций (полость матки, полость носа), мы показали, что ОКТ-критерии воспалительных процессов достаточно универсальны. На примере хронического эндометрита и хронического ринита еще раз продемонстрирован важный аспект использования ОКТ: возможность неинвазивной диагностики патоморфологического варианта заболевания.

Необходимо отметить, что развитие ОКТ как дополнительного метода в диагностике неопухоловой патологии сопряжено с некоторыми трудностями. Например, для интерпретации изображений необходимо сопоставление данных ОКТ и гистологии. Но биопсия традиционно не применяется при ринитах, а биопсия эндометрия не

Благодарности

Авторы выражают признательность персоналу клиник, в которых проводились исследования, и сотрудникам ИПФ РАН за сопровождение работ. За финансовую поддержку исследований авторы благодарны РФФИ (гранты № 15-32-20250 и 15-42-02572).



является прицельной, так как выполняется кюретаж полости матки. Именно поэтому в нашем исследовании интерпретация ОКТ-изображений слизистой оболочки полости носа проведена на основе известных морфологических признаков и данных *post mortem* гистологии других пациентов, а анализ изображений определенных зон эндометрия, подвергшихся ОКТ-зондированию, проводился на основе гистологического описания всех цугов слизистой оболочки полости матки. Еще одна проблема связана с невозможностью эффективного прижатия ОКТ-зонда к слизистой оболочке носовой раковины, что не всегда позволяет получить качественное изображение.

Есть и некоторая неудовлетворенность результатами на данном этапе исследования. Как упоминалось выше, в ринологии очень важно различать две формы хронического ринита: аллергический и неаллергический [2, 3, 6]. У данных форм нет выраженных морфологических различий, вероятность отека, гипертрофии и гипотрофии эпителия существует при обоих вариантах заболевания. Но мы надеемся при анализе большого количества клинических случаев и изображений найти критерии их дифференциальной диагностики. Перспективным для решения этой задачи представляется применение методов обработки изображений, поиск численных характеристик, специфичных для аллергического

и неаллергического ринита. Развитие методов обработки целесообразно и при анализе ОКТ-изображений других локализаций. Следующий шаг в развитии метода, несомненно, будет связан с его объективизацией и автоматизацией. Последнее востребовано для объективной численной оценки ОКТ-изображений не постфактум, а в режиме реального времени.

В заключение еще раз подчеркнем: дополнительные данные о внутренней структуре слизистой оболочки разной локализации, которые могут быть получены неинвазивно и в режиме реального времени с помощью ОКТ, достаточно информативны для диагностики хронических воспалительных процессов. Это важно при выявлении латентных заболеваний, не имеющих выраженной клинической и лабораторной манифестации. ОКТ при комплементарном использовании со стандартными методами может значительно повысить их эффективность не только относительно диагностики воспалительного процесса, но и дифференциальной диагностики различных его форм и вариантов. ОКТ может быть использована и на этапе лечения для мониторинга и контроля, что, в свою очередь, будет способствовать максимальной персонализации лечебной тактики. Несомненно, ОКТ требует дальнейшего развития с точки зрения разработки методик использования, обработки изображений и усовершенствования приборной базы. ☺

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Willoughby DA, Giroud JP, Velo GP. Perspectives in inflammation: future trends and developments. Springer Science & Business Media; 2012. 638 p.
- Angier E, Willington J, Scadding G, Holmes S, Walker S; British Society for Allergy & Clinical Immunology (BSACI) Standards of Care Committee. Management of allergic and non-allergic rhinitis: a primary care summary of the BSACI guideline. *Prim Care Respir J*. 2010;19(3):217–22. doi: 10.4104/pcrj.2010.00044.
- Mølgaard E, Thomsen SF, Lund T, Pedersen L, Nolte H, Backer V. Differences between allergic and nonallergic rhinitis in a large sample of adolescents and adults. *Allergy*. 2007;62(9):1033–7. doi: 10.1111/j.1398-9995.2007.01355.x.
- Астафьева НГ, Удовиченко ЕН, Гамова ИВ, Перфилова ИА, Наумова ОС, Кенесариева ЖМ, Вачугова ЛК, Гапон МС. Аллергические и неаллергические риниты: сравнительная характеристика. Лечащий врач. 2013;(4):10–3. Доступно на: <http://www.lvrach.ru/2013/04/15435672/> (Дата обращения 23.11.2015).
- Quan M, Casale TB, Blaiss MS. Should clinicians routinely determine rhinitis subtype on initial diagnosis and evaluation? A debate among experts. *Clin Cornerstone*. 2009;9(3):54–60. doi: 10.1016/S1098-3597(09)80014-8.
- Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, Zuberbier T, Baeana-Cagnani CE, Canonica GW, van Weel C, Agache I, Ait-Khaled N, Bachert C, Blaiss MS, Bonini S, Boulet LP, Bousquet PJ, Camargos P, Carlsen KH, Chen Y, Custovic A, Dahl R, Demoly P, Douagui H, Durham SR, van Wijk RG, Kalayci O, Kaliner MA, Kim YY, Kowalski ML, Kuna P, Le LT, Lemiere C, Li J, Lockey RF, Mavale-Manuel S, Meltzer EO, Mohammad Y, Mullol J, Naclerio R, O'Hehir RE, Ohta K, Ouedraogo S, Palkonen S, Papadopoulos N, Passalacqua G, Pawankar R, Popov TA, Rabe KF, Rosado-Pinto J, Scadding GK, Simons FE, Toskala E, Valovirta E, van Cauwenberge P, Wang DY, Wickman M, Yawn BP, Yorgancioglu A, Yusuf OM, Zar H, Annesi-Maesano I, Bateman ED, Ben Kheder A, Boakye DA, Bouchard J, Burney P, Busse WW, Chan-Yeung M, Chavannes NH, Chuchalin A, Dolen WK, Emuzyte R, Grouse L, Humbert M, Jackson C, Johnston SL, Keith PK, Kemp JP, Klossek JM, Larenas-Linnemann D, Lipworth B, Malo JL, Marshall GD, Naspitz C, Nekam K, Niggemann B, Nizankowska-Mogilnicka E, Okamoto Y, Orru MP, Potter P, Price D, Stoloff SW, Vandemplas O, Viegi G, Williams D; World Health Organization; GA(2)LEN; AllerGen. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update (in collaboration with the World Health Organization, GA(2)LEN and AllerGen). *Allergy*. 2008;63 Suppl 86:8–160. doi: 10.1111/j.1398-9995.2007.01620.x.
- Gindros G, Kantas I, Balatsouras DG, Kandiloros D, Manthos AK, Kaidoglou A. Mucosal changes in chronic hypertrophic rhinitis after surgical turbinate reduction. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266(9):1409–16. doi: 10.1007/s00405-009-0916-9.
- Ahmadiyafshar A, Taghiloo D, Esmailzadeh A, Falakflaki B. Nasal eosinophilia as a marker for allergic rhinitis: a controlled study of 50 patients. *Ear Nose Throat J*. 2012;91(3):122–4.
- Armstrong WB, Ridgway JM, Vokes DE, Guo S, Perez J, Jackson RP, Gu M, Su J, Crumley RL, Shibuya TY, Mahmood U, Chen Z, Wong BJ. Optical coherence tomography of laryngeal cancer. *Laryngoscope*. 2006;116(7):1107–13. doi: 10.1097/01.mlg.0000217539.27432.5a.



10. Klein AM, Pierce MC, Zeitels SM, Anderson RR, Kobler JB, Shishkov M, de Boer JF. Imaging the human vocal folds in vivo with optical coherence tomography: a preliminary experience. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2006;115(4):277–84.
11. Kraft M, Glanz H, von Gerlach S, Wisweh H, Lubatschowski H, Arens C. Clinical value of optical coherence tomography in laryngology. *Head Neck.* 2008;30(12):1628–35. doi: 10.1002/hed.20914.
12. Ridgway JM, Armstrong WB, Guo S, Mahmood U, Su J, Jackson RP, Shibuya T, Crumley RL, Gu M, Chen Z, Wong BJ. In vivo optical coherence tomography of the human oral cavity and oropharynx. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006;132(10):1074–81. doi: 10.1001/archotol.132.10.1074.
13. Mahmood U, Ridgway J, Jackson R, Guo S, Su J, Armstrong W, Shibuya T, Crumley R, Chen Z, Wong B. In vivo optical coherence tomography of the nasal mucosa. *Am J Rhinol.* 2006;20(2):155–9.
14. Olzowy B, Starke N, Schuldt T, Hüttman G, Lankenau E, Just T. Optical coherence tomography and confocal endomicroscopy for rhinologic pathologies: a pilot study. *Proc. SPIE.* 2013;8805:880505. doi: 10.1117/12.2033174.
15. Oltmanns U, Palmowski K, Wielpütz M, Kahn N, Baroke E, Eberhardt R, Wege S, Wiebel M, Kreuter M, Herth FJ, Mall MA. Optical coherence tomography detects structural abnormalities of the nasal mucosa in patients with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros.* 2015. pii: S1569-1993(15)00165-4. doi: 10.1016/j.jcf.2015.07.003.
16. Kamath MS, Bhattacharya S. Demographics of infertility and management of unexplained infertility. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2012;26(6):729–38. doi: 10.1016/j.bpobgyn.2012.08.001.
17. Wiesenfeld HC, Hillier SL, Meyn LA, Amortegui AJ, Sweet RL. Subclinical pelvic inflammatory disease and infertility. *Obstet Gynecol.* 2012;120(1):37–43. doi: 10.1097/AOG.0b013e-31825a6bc9.
18. Посисеева ЛВ. Ранние репродуктивные потери: проблемы и решения. *Гинекология.* 2012;14(6):38–41.
19. Brunham RC, Gottlieb SL, Paavonen J. Pelvic inflammatory disease. *N Engl J Med.* 2015;372(21):2039–48. doi: 10.1056/NEJMr1411426.
20. Sweet RL, Gibbs RS. *Infectious diseases of the female genital tract.* Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009. 480 p.
21. Gleicher N, Barad D. Unexplained infertility: does it really exist? *Hum Reprod.* 2006;21(8):1951–5. doi: 10.1093/humrep/del135.
22. Siristatidis C, Bhattacharya S. Unexplained infertility: does it really exist? Does it matter? *Hum Reprod.* 2007;22(8):2084–7. doi: 10.1093/humrep/dem117.
23. Tsuji I, Ami K, Miyazaki A, Hujinami N, Hoshiai H. Benefit of diagnostic laparoscopy for patients with unexplained infertility and normal hysterosalpingography findings. *Tohoku J Exp Med.* 2009;219(1):39–42. doi: http://doi.org/10.1620/tjem.219.39.
24. Плужникова ТА, Комаров ЕК. Диагностика и лечение хронического эндометрита у женщин с невынашиванием беременности в анамнезе. *Проблемы репродукции.* 2012;(6):30–3.
25. Merviel P, Lourdel E, Brzakowski M, Garriot B, Mamy L, Gagneur O, Nasreddine A. Should a laparoscopy be necessary in case of infertility with normal tubes at hysterosalpingography? *Gynecol Obstet Fertil.* 2011;39(9):504–8. doi: 10.1016/j.gyobfe.2011.07.008.
26. Workowski KA, Berman S; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Sexually transmitted diseases treatment guidelines, 2010. *MMWR Recomm Rep.* 2010;59(RR-12):1–110.
27. Molander P, Finne P, Sjöberg J, Sellors J, Paavonen J. Observer agreement with laparoscopic diagnosis of pelvic inflammatory disease using photographs. *Obstet Gynecol.* 2003;101(5 Pt 1):875–80. doi: 10.1016/S0029-7844(03)00013-9.
28. Ascencio M, Collinet P, Cosson M, Mordon S. The role and value of optical coherence tomography in gynecology. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris).* 2007;36(8):749–55. doi: 10.1016/j.jgyn.2007.07.005.
29. Kirillin M, Panteleeva O, Yunusova E, Donchenko E, Shakhova N. Criteria for pathology recognition in optical coherence tomography of fallopian tubes. *J Biomed Opt.* 2012;17(8):081413-1. doi: 10.1117/1.JBO.17.8.081413.
30. Trottmann M, Kölle S, Leeb R, Doering D, Reese S, Stief CG, Dulohery K, Leavy M, Kuznetsova J, Homann C, Sroka R. Ex vivo investigations on the potential of optical coherence tomography (OCT) as a diagnostic tool for reproductive medicine in a bovine model. *J Biophotonics.* 2016;9(1–2):129–37. doi: 10.1002/jbio.201500009.
31. Пантелеева ОГ, Шахов БЕ, Юнусова КЭ, Кириллин МЮ, Шахова НМ. Оптическая интроскопия – новый метод диагностики в репродуктивной медицине. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2012;(4):50–5.
32. Meller A, Shakhova M, Rilkin Y, Novozhilov A, Kirillin M, Shakhov A. Optical coherence tomography in diagnosing inflammatory diseases of ENT. *Photon Lasers Med.* 2014;3(4):323–30. doi: 10.1515/plm-2014-0025.
33. Kirillin M, Panteleeva O, Agrba P, Pasukhin M, Sergeeva E, Plankina E, Dudenkova V, Gubarkova E, Kiseleva E, Gladkova N, Shakhova N, Vitkin A. Towards advanced OCT clinical applications. *Proc. SPIE.* 2015;9542:95420I. doi: 10.1117/12.2183794.
34. Vakoc BJ, Fukumura D, Jain RK, Bouma BE. Cancer imaging by optical coherence tomography: preclinical progress and clinical potential. *Nat Rev Cancer.* 2012;12(5):363–8. doi: 10.1038/nrc3235.
35. Пантелеева ОГ, Кузнецова ИА, Качалина ОВ, Елисеева ДД, Гребенкина ЕВ, Гамаюнов СВ, Кузнецов СС, Юнусова ЕЭ, Губарькова ЕВ, Кириллин МЮ, Шахова НМ. Оптическая когерентная томография как инструмент репродуктивной гинекологии. *Современные технологии в медицине.* 2015;7(1):89–96. doi: 10.17691/stm2015.7.1.12.
36. Корсак ВС, Забелкина ОИ, Исакова ЭВ, Попов ЭН. Диагностика патологии полости матки у больных, страдающих трубно-перитонеальной формой бесплодия. *Журнал акушерства и женских болезней.* 2005;LIV(3):50–3.

References

1. Willoughby DA, Giroud JP, Velo GP. Perspectives in inflammation: future trends and developments. *Springer Science & Business Media.* 2012. 638 p.
2. Angier E, Willington J, Scadding G, Holmes S, Walker S; British Society for Allergy & Clinical Immunology (BSACI) Standards of Care Committee. Management of allergic and non-allergic rhinitis: a primary care summary of the BSACI guideline. *Prim Care Respir J.* 2010;19(3):217–22. doi: 10.4104/pcrj.2010.00044.
3. Mølgaard E, Thomsen SF, Lund T, Pedersen L, Nolte H, Backer V. Differences between allergic and nonallergic rhinitis in a large sample of adolescents and adults. *Allergy.* 2007;62(9):1033–7. doi: 10.1111/j.1398-9995.2007.01355.x.
4. Astaf'eva NG, Udovichenko EN, Gamova IV, Perfilova IA, Naumova OS, Kenesariyeva ZhM, Vachugova LK, Gapon MS. Allergicheskie i ne-allergicheskie rinity: sravnitel'naya kharakteristika [Allergic and non-infectious non-allergic rhinitis from the point of view of terminological issues, clinical epidemiology, diagnostics and treatment (part 1)]. *Lechashchiy vrach.* 2013;(4):10–3. Available at: <http://www.lvrach.ru/2013/04/15435672/> (Accessed 23.11.2015) (in Russian).



5. Quan M, Casale TB, Blaiss MS. Should clinicians routinely determine rhinitis subtype on initial diagnosis and evaluation? A debate among experts. *Clin Cornerstone*. 2009;9(3):54–60. doi: 10.1016/S1098-3597(09)80014-8.
6. Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, Zuberbier T, Bae-na-Cagnani CE, Canonica GW, van Weel C, Agache I, Ait-Khaled N, Bachert C, Blaiss MS, Bonini S, Boulet LP, Bousquet PJ, Camargos P, Carlsen KH, Chen Y, Custovic A, Dahl R, Demoly P, Douaqui H, Durham SR, van Wijk RG, Kalayci O, Kaliner MA, Kim YY, Kowalski ML, Kuna P, Le LT, Lemiere C, Li J, Lockey RF, Mavale-Manuel S, Meltzer EO, Mohammad Y, Mullol J, Naclerio R, O'Hehir RE, Ohta K, Ouedraogo S, Palkonen S, Papadopoulos N, Passalacqua G, Pawankar R, Popov TA, Rabe KF, Rosado-Pinto J, Scadding GK, Simons FE, Toskala E, Valovirta E, van Cauwenberge P, Wang DY, Wickman M, Yawn BP, Yorgancıoğlu A, Yusuf OM, Zar H, Annesi-Maesano I, Bateman ED, Ben Kheder A, Boakye DA, Bouchard J, Burney P, Busse WW, Chan-Yeung M, Chavannes NH, Chuchalin A, Dolen WK, Emuzyte R, Grouse L, Humbert M, Jackson C, Johnston SL, Keith PK, Kemp JP, Klossek JM, Larnas-Linnemann D, Lipworth B, Malo JL, Marshall GD, Naspitz C, Nekam K, Niggemann B, Nizankowska-Mogilnicka E, Okamoto Y, Orru MP, Potter P, Price D, Stoloff SW, Vandenas O, Viegi G, Williams D; World Health Organization; GA(2)LEN; AllerGen. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update (in collaboration with the World Health Organization, GA(2)LEN and AllerGen). *Allergy*. 2008;63 Suppl 86:8–160. doi: 10.1111/j.1398-9995.2007.01620.x.
7. Gindros G, Kantas I, Balatsouras DG, Kandaloros D, Manthos AK, Kaidoglou A. Mucosal changes in chronic hypertrophic rhinitis after surgical turbinate reduction. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266(9):1409–16. doi: 10.1007/s00405-009-0916-9.
8. Ahmadi-far A, Taghiloo D, Esmailzadeh A, Falakflaki B. Nasal eosinophilia as a marker for allergic rhinitis: a controlled study of 50 patients. *Ear Nose Throat J*. 2012;91(3):122–4.
9. Armstrong WB, Ridgway JM, Vokes DE, Guo S, Perez J, Jackson RP, Gu M, Su J, Crumley RL, Shibuya TY, Mahmood U, Chen Z, Wong BJ. Optical coherence tomography of laryngeal cancer. *Laryngoscope*. 2006;116(7):1107–13. doi: 10.1097/01.mlg.0000217539.27432.5a.
10. Klein AM, Pierce MC, Zeitels SM, Anderson RR, Kobler JB, Shishkov M, de Boer JF. Imaging the human vocal folds in vivo with optical coherence tomography: a preliminary experience. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115(4):277–84.
11. Kraft M, Glanz H, von Gerlach S, Wisweh H, Lubatschowski H, Arens C. Clinical value of optical coherence tomography in laryngology. *Head Neck*. 2008;30(12):1628–35. doi: 10.1002/hed.20914.
12. Ridgway JM, Armstrong WB, Guo S, Mahmood U, Su J, Jackson RP, Shibuya T, Crumley RL, Gu M, Chen Z, Wong BJ. In vivo optical coherence tomography of the human oral cavity and oropharynx. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2006;132(10):1074–81. doi: 10.1001/archotol.132.10.1074.
13. Mahmood U, Ridgway J, Jackson R, Guo S, Su J, Armstrong W, Shibuya T, Crumley R, Chen Z, Wong B. In vivo optical coherence tomography of the nasal mucosa. *Am J Rhinol*. 2006;20(2):155–9.
14. Olzowy B, Starke N, Schuldt T, Hüttman G, Lankenau E, Just T. Optical coherence tomography and confocal endomicroscopy for rhinologic pathologies: a pilot study. *Proc SPIE*. 2013;8805:880505. doi: 10.1117/12.2033174.
15. Oltmanns U, Palmowski K, Wielpütz M, Kahn N, Baroke E, Eberhardt R, Wege S, Wiebel M, Kreuter M, Herth FJ, Mall MA. Optical coherence tomography detects structural abnormalities of the nasal mucosa in patients with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros*. 2015. pii: S1569-1993(15)00165-4. doi: 10.1016/j.jcf.2015.07.003.
16. Kamath MS, Bhattacharya S. Demographics of infertility and management of unexplained infertility. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*. 2012;26(6):729–38. doi: 10.1016/j.bpobgyn.2012.08.001.
17. Wiesenfeld HC, Hillier SL, Meyn LA, Amortegui AJ, Sweet RL. Subclinical pelvic inflammatory disease and infertility. *Obstet Gynecol*. 2012;120(1):37–43. doi: 10.1097/AOG.0b013e-31825a6bc9.
18. Posiseeva LV. Rannie reproduktivnye poteri: problemy i resheniya [The early reproductive losses: problems and solutions]. *Ginekologiya [Gynecology]*. 2012;14(6):38–41 (in Russian).
19. Brunham RC, Gottlieb SL, Paavonen J. Pelvic inflammatory disease. *N Engl J Med*. 2015;372(21):2039–48. doi: 10.1056/NEJMr1411426.
20. Sweet RL, Gibbs RS. Infectious diseases of the female genital tract. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009. 480 p.
21. Gleicher N, Barad D. Unexplained infertility: does it really exist? *Hum Reprod*. 2006;21(8):1951–5. doi: 10.1093/humrep/del135.
22. Siristatidis C, Bhattacharya S. Unexplained infertility: does it really exist? Does it matter? *Hum Reprod*. 2007;22(8):2084–7. doi: 10.1093/humrep/dem117.
23. Tsuji I, Ami K, Miyazaki A, Hujinami N, Hoshiai H. Benefit of diagnostic laparoscopy for patients with unexplained infertility and normal hysterosalpingography findings. *Tohoku J Exp Med*. 2009;219(1):39–42. doi: http://doi.org/10.1620/tjem.219.39.
24. Pluzhnikova TA, Komarov EK. Diagnostika i lechenie khronicheskogo endometrita u zhenshchin s nevnashivaniem beremennosti v anamneze [Diagnosis and treatment of chronic endometritis in women with previous miscarriages]. *Problemy reproduktivnoi [Russian Journal of Human Reproduction]*. 2012;6:30–3 (in Russian).
25. Merviel P, Lourdel E, Brzakowski M, Garriot B, Mamy L, Gagneur O, Nasreddine A. Should a laparoscopy be necessary in case of infertility with normal tubes at hysterosalpingography? *Gynecol Obstet Fertil*. 2011;39(9):504–8. doi: 10.1016/j.gyobfe.2011.07.008.
26. Workowski KA, Berman S; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Sexually transmitted diseases treatment guidelines, 2010. *MMWR Recomm Rep*. 2010;59(RR-12):1–110.
27. Molander P, Finne P, Sjöberg J, Sellors J, Paavonen J. Observer agreement with laparoscopic diagnosis of pelvic inflammatory disease using photographs. *Obstet Gynecol*. 2003;101(5 Pt 1):875–80. doi: 10.1016/S0029-7844(03)00013-9.
28. Ascencio M, Collinet P, Cosson M, Mordon S. The role and value of optical coherence tomography in gynecology. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*. 2007;36(8):749–55. doi: 10.1016/j.jgyn.2007.07.005.
29. Kirillin M, Panteleeva O, Yunusova E, Donchenko E, Shakhova N. Criteria for pathology recognition in optical coherence tomography of fallopian tubes. *J Biomed Opt*. 2012;17(8):081413-1. doi: 10.1117/1.JBO.17.8.081413.
30. Trottmann M, Kölle S, Leeb R, Doering D, Reese S, Stief CG, Dulohery K, Leavy M, Kuznetsova J, Homann C, Sroka R. Ex vivo investigations on the potential of optical coherence tomography (OCT) as a diagnostic tool for reproductive medicine in a bovine model. *J Biophotonics*. 2016;9(1–2):129–37. doi: 10.1002/jbio.201500009.
31. Panteleeva OG, Shakhov BE, Yunusova KE, Kirillin MYu, Shakhova NM. Opticheskaya introskopiya – novyy metod diagnostiki v reproduktivnoy meditsine [Optical introscopy is a new diagnostic technique in reproductive medicine]. *Vestnik rentgenologii i radiologii [Journal of Radiology]*. 2012;(4):50–5 (in Russian).
32. Meller A, Shakhova M, Rilkin Y, Novozhilov A, Kirillin M, Shakhov A. Optical coherence tomography in diagnosing inflammatory diseases of ENT. *Photon Lasers Med*. 2014;3(4):323–30. doi: 10.1515/plm-2014-0025.
33. Kirillin M, Panteleeva O, Agrba P, Pasukhin M, Sergeeva E, Plankina E, Dudenkova V, Gubarkova E, Kiseleva E, Gladkova N, Shakhova N, Vitkin A. Towards advanced OCT clinical applications. *Proc SPIE*. 2015;9542:95420L. doi: 10.1117/12.2183794.
34. Vakoc BJ, Fukumura D, Jain RK, Bouma BE. Cancer imaging by optical coherence tomography: preclinical progress and clinical potential. *Nat Rev Cancer*. 2012;12(5):363–8. doi: 10.1038/nrc3235.



35. Panteleeva OG, Kuznetsova IA, Kachalina OV, Eliseeva DD, Grebenkina EV, Gamayunov SV, Kuznetsov SS, Yunusova EE, Gubar'kova EV, Kirillin MYu, Shakhova NM. Opticheskaya kogerentnaya tomografiya kak instrument reproduktivnoy ginekologii [Optical coherence tomography as a tool in reproductive gynecology]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* [Modern Technologies in Medicine]. 2015;7(1):89–96 (in Russian). doi: 10.17691/stm2015.7.1.12.

36. Korsak VS, Zabelkina OI, Isakova EV, Popov EN. Diagnostika patologii polosti matki u bol'nykh, str-

adayushchikh trubno-peritoneal'noy formoy besplodiya [The diagnostics of pathology in uterine cavity in patients with tubal and peritoneal type of infertility]. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh bolezney* [Journal of Obstetrics and Diseases of Women]. 2005;LIV(3):50–3 (in Russian).

Non-invasive diagnostics of non-tumor disorders with optical coherence tomography

Meller A.E.¹ • Motovilova T.M.² • Panteleeva O.G.³ • Kuznetsov S.S.² • Stroykova K.I.² • Kondrat'eva O.A.⁴ • Kirillin M.Yu.⁵ • Shakhova N.M.⁵

Introduction: The distinctive features of modern inflammatory diseases are their indolent course and predisposition to chronicity. Chronic inflammation is the basis for the development of serious disorders, including autoimmune and oncologic ones, and a cause of major functional abnormalities of the human body. Diagnostics of chronic inflammation is associated with a number of problems which originate from a variety of clinical phenotypes and morphological forms, on the one hand, and from the rising prevalence of their latent course, on the other. In its turn, an adequate treatment choice may be based on understanding and accurate detection of etiological and morphological types of the disease. In this connection, development of novel diagnostic techniques, such as optical coherence tomography (OCT), is of utmost importance. **Aim:** To demonstrate feasibility of OCT in detection of morphological abnormalities associated with chronic inflammatory disorders of various localizations. **Materials and methods:** OCT diagnostics was performed in addition to standard diagnostic procedures in 225 patients with chronic inflammatory disorders of various localizations, such as chronic recurrent rhinitis, chronic latent salpingitis and chronic endometritis. For OCT, an "OCT-1300U" system was used, with central wavelength of 1280 nm, spatial resolution of 15–20 μm, image acquisition rate of 8 frames per second, imaging depth of 1.4 mm and a probe diameter of 2.4 mm. The following techniques of quantitative processing were used for processing of the OCT images. Quantitative characterization of histograms and image texture was performed with further determination of values typical for various images groups corresponding

to particular states of biological tissues. Neural network was also employed with histograms and 2D Fourier transforms of the images as input data. **Results:** OCT laparoscopy allowed to obtain three types of OCT images of fallopian tubes with features typical for healthy and inflammatory states. Presence of heterogeneity in the structure of an OCT image indicated heterogeneity in the muscle layer of the fallopian tube, which allowed for a conclusion on chronic salpingitis. With OCT hysteroscopy we demonstrated the ability of OCT to visualize pathomorphologic features of chronic endometritis. The diagnostic data obtained by OCT-rhinoscopy allowed to draw preliminary conclusions on the OCT ability to detect specific features of various types of chronic rhinitis. Numerical processing of diagnostic OCT images resulted in their higher objectivity and an improvement of diagnostic accuracy of the technique. **Conclusion:** OCT is able to detect morphological changes induced by a chronic inflammatory process. OCT criteria were shown to be universal for various organs. We demonstrated the possibility of non-invasive diagnostics of pathomorphologic forms of disease, showed some challenges in the development of OCT for diagnostics of non-tumor disorders and ways to overcome them are proposed, in particular, the use of image numerical processing. Further studies seem to be justified.

Key words: optical coherence tomography, hysteroscopy, laparoscopy, rhinoscopy, pelvic inflammatory diseases, chronic endometritis, chronic salpingitis, chronic rhinitis

doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-2-203-212

Meller Alina E. – MD, Physician¹

Motovilova Tat'yana M. – MD, PhD, Associate Professor, Chair of Obstetrics and Gynecology²

Panteleeva Ol'ga G. – MD, PhD, Physician³

Kuznetsov Sergey S. – MD, PhD, Professor, Head of the Chair of Pathological Anatomy²

Stroykova Kseniya I. – Undergraduate Student²

Kondrat'eva Ol'ga A. – Undergraduate Student⁴

Kirillin Mikhail Yu. – PhD (in Physics and Mathematics), Senior Research Fellow, Laboratory of Biophotonics⁵

Shakhova Nataliya M. – MD, PhD, Leading Research Fellow, Laboratory of Biophotonics⁵

✉ 46 Ul'yanova ul., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation. Tel.: +7 (831) 436 80 10.

E-mail: natalia.shakhova@gmail.com

¹ Volga District Medical Centre; 2 Nizhnevolzhskaya naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603001, Russian Federation

² Nizhny Novgorod State Medical Academy; 10/1 Minina i Pozharskogo ploshchad', Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

³ Clinical Hospital of the Russian Railways; 18 Lenina prospekt, Nizhny Novgorod, 603140, Russian Federation

⁴ National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; 23 Gagarina prospekt, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

⁵ Institute of Applied Physics of the Rus. Acad. Sci.; 46 Ul'yanova ul., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation