

Оглавление

Предисловие к изданию на русском языке	7
Предисловие	8
Предисловие ко второму изданию на английском языке.	9
Предисловие к первому изданию на английском языке.	10
Авторский коллектив	11
Список сокращений.	13

ЧАСТЬ 1. ТЕХНОЛОГИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Раздел 1. Методы и техники ОКТ-ангиографии

ГЛАВА 1. Принципы ОКТ-ангиографии	17
<i>Яли Цзя, Тристан Т. Хормель, Дэвид Хуанг</i>	
ГЛАВА 2. Интерпретация результатов ОКТ-ангиографии	22
<i>Тристан Т. Хормель, Яли Цзя, Дэвид Хуанг</i>	
ГЛАВА 3. ОКТ-ангиография: терминология.	28
<i>Дэвид Хуанг, Тристан Т. Хормель, Яли Цзя</i>	
ГЛАВА 4. ОКТ-ангиография в повседневной клинической практике.	32
<i>Бруно Лумбросо, Марко Рисполи, Мария Кристина Савастано</i>	
ГЛАВА 5. Нормальное кровоснабжение сетчатки.	43
<i>Мария Кристина Савастано, Марко Рисполи, Бруно Лумбросо</i>	
ГЛАВА 6. ОКТ-ангиография роговицы и переднего сегмента	48
<i>Янь Ли, Дэвид Хуанг, Яли Цзя</i>	

ЧАСТЬ 2. ОКТ-АНГИОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ОФТАЛЬМОПАТОЛОГИИ

Раздел 2. ОКТ-ангиография сетчатки: возрастная макулярная дегенерация

ГЛАВА 7. ОКТ-ангиография хориоидальных неоваскулярных мембран при экссудативной возрастной макулярной дегенерации	53
<i>Александра Мьере, Эрик Суид</i>	
ГЛАВА 8. ОКТ-ангиография хориоидальных неоваскулярных мембран при неэкссудативной возрастной макулярной дегенерации.	61
<i>Риккардо Саккони, Карлотта Сенни, Федерико Фантагуцци, Джузеппе Кверкес</i>	
ГЛАВА 9. ОКТ-ангиография хориоидальных мембран при других заболеваниях.	66
<i>Адиль Эль Мафтухи, Маддалена Каранта-Эль Мафтухи</i>	
ГЛАВА 10. Оценка эффективности лечения хориоидальной неоваскуляризации с помощью ОКТ-ангиографии	77
<i>Бруно Лумбросо, Марко Рисполи, Мария Кристина Савастано</i>	
ГЛАВА 11. Возрастная макулярная дегенерация без хориоидальной неоваскуляризации	87
<i>Варша Прамил, Эрик М. Моулт, Джей С. Дукер, Джеймс Г. Фудзимото, Надя К. Вахид</i>	

Раздел 3. ОКТ-ангиография сетчатки: другие заболевания макулярной зоны

- ГЛАВА 12.** Диабетическая ретинопатия 96
Талиса Э. де Карло, Варша Прамил, Джеймс Г. Фудзимото, Надя К. Вахид
- ГЛАВА 13.** Центральная серозная хориоретинопатия и пахихориоидальные состояния 109
Мария Кристина Савастано, Марко Рисполи, Бруно Лумбросо
- ГЛАВА 14.** ОКТ-ангиография при идиопатической макулярной телеангиэктазии 2-го типа 118
Лука Ди Антонио, Леонардо Мastroпаскуа
- ГЛАВА 15.** ОКТ-ангиография при окклюзии сосудов сетчатки 126
Марко Рисполи, Бруно Лумбросо, Мария Кристина Савастано
- ГЛАВА 16.** Микрососудистые окклюзии: дезорганизация внутренних слоев сетчатки, острая макулярная нейроретинопатия, парацентральная острая срединная макулопатия 136
Д.С. Мальцев, А.Н. Куликов, М.А. Бурнашева, А.С. Васильев
- ГЛАВА 17.** ОКТ-ангиография при воспалительных заболеваниях 143
Андре С. Романо, Уильям Уорр Бинотти, Паула М. Мариньо, Алексия А.А. Маркос, Элоиза Насименто, Рубенс Бельфорт

Раздел 4. Миопия и миопическая болезнь

- ГЛАВА 18.** ОКТ-ангиография при миопии высокой степени 151
Лука Ди Антонио, Леонардо Мastroпаскуа

Раздел 5. Новообразования

- ГЛАВА 19.** ОКТ-ангиография при новообразованиях глаз 158
Джильда Ченнамо, Даниэла Монторио, Джованни Ченнамо

Раздел 6. Глаукома и зрительный нерв

- ГЛАВА 20.** ОКТ-ангиография при глаукоме 161
Дэвид Хуанг, Мишель Пюш, Яли Цзя, Лян Лю, Муртаза Аймадали
- ГЛАВА 21.** ОКТ-ангиография при нейродегенеративных заболеваниях 167
Эммиано Ди Карло, Альберт Ж. Огюстен

ЧАСТЬ 3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОКТ-АНГИОГРАФИИ В БУДУЩЕМ

- ГЛАВА 22.** Будущее ОКТ и ОКТ-ангиографии 177
Федерико Корви, Джованни Стауренги

Предисловие к изданию на русском языке

Публикация первого издания этого атласа сыграла важную роль в популяризации метода ОКТ-ангиографии, явившись, по сути, руководством по использованию новой методики. Настоящее же, второе, издание — уже очевидное торжество высокой технологии. Ведущей проблемой становится осторожность интерпретации данных в условиях инновационных возможностей визуализации с помощью клинической ОКТ-ангиографии. Обозначая исключительные перспективы метода, атлас имеет четкий прикладной характер и создает мощное информационное поле для адекватной интерпретации изображений, позволяя клиницистам принимать диагностические решения принципиально нового

уровня. Авторский коллектив составлен из экспертов мирового масштаба, изложение материала четкое и доступное. Клиническую значимость данных ОКТ-ангиографии трудно переоценить, и их роль в диагностике будет только возрастать. Атлас переведен на русский язык для врачей-офтальмологов, ординаторов и исследователей в области зрительных функций.

*С надеждой на интерес к настоящему изданию,
искренне ваш,*

Игорь Лоскутов

Предисловие*

Публикация первого издания «Атласа клинической ОКТ-ангиографии» стала историческим моментом в клиническом и научном развитии оптической когерентной томографии в режиме ангиографии (ОКТА). Опубликованный в 2015 г., спустя год после коммерческого внедрения ОКТА атлас получил международное признание, как и принятие технологии ОКТА, не только предоставляя рекомендации по интерпретации результатов этого нового метода визуализации, но и обозначая диапазон возможного клинического применения и прогнозируя его будущий потенциал. С того времени клинические и фундаментальные исследовательские группы провели масштабные исследования широкого спектра глазных заболеваний, и все основные коммерческие производители офтальмологического оборудования представили приборы для ОКТА. ОКТА нашла повсеместное применение в диагностике обширного спектра офтальмопатологии — от заболеваний сетчатки, глаукомы и нейроофтальмологических поражений до использования в оптометрической практике.

ОКТА позволяет получить важную новую трехмерную информацию о микрососудистой структуре сетчатки, хориокапилляров и диска зрительного нерва. Она позволяет визуализировать и количественно охарактеризовать такие патологии, как капиллярная неперфузия и неоваскуляризация, с четкостью и точностью, которые ранее были недо-

стижимы. Возможность визуализации при каждом посещении пациента при отсутствии показаний к ангиографии с флюоресцеином и индоцианином зеленым позволила провести обширные исследования прогрессирования заболевания и оценить эффективность лечения. В то же время ОКТА по своей сути сложнее, чем структурная ОКТ, и необходима особая осторожность в клинической интерпретации данных ОКТА. Информативность, сложность и перспективность этого нового метода визуализации привлекли в клиническую офтальмологию разнообразные сообщества исследователей в области фундаментальной науки, техники и анализа изображений.

Второе издание «Атласа клинической ОКТ-ангиографии» под редакцией Марко Рисполи, Дэвида Хуанга, Яли Цзя, Марии Кристины Савастано и Бруно Лумбросо всестороннее представляет новейшие достижения в области клинического применения, исследований и технологии ОКТА. Добавлен обширный новый материал, отражающий ключевые достижения. Соавторами стали международные лидеры в клинической медицине, фундаментальной науке и технике, открывающие широкую перспективу захватывающих и впечатляющих разработок в этой области.

Джеймс Г. Фудзимото,

*Elihu Thomson Professor of Electrical Engineering
and Computer Science*

* Предисловие к оригинальному изданию. — Прим. ред.

Предисловие ко второму изданию на английском языке

Первое издание «Атласа клинической ОКТ-ангиографии» было опубликовано в 2015 г., когда оптическая когерентная томография в режиме ангиографии (ОКТА) была довольно новым методом визуализации. Он стал одной из первых книг в мировой практике о клиническом использовании этой новой неинвазивной технологии.

ОКТА позволяет точную и раздельную визуализацию кровотока в четырех сосудистых сплетениях сетчатки, предоставляя возможность увидеть сложность этих сетей. Благодаря этому методу появилось революционно новое понимание анатомии сосудов сетчатки.

ОКТА сегодня широко доступна практикующим офтальмологам. С момента выхода первого издания данного атласа появились потрясающие новые разработки и принятие этого метода значительно возросло. ОКТА признают во всем мире как незаменимый прибор для изучения, диагностики и динамического наблюдения за заболеваниями сетчатки и глаукомой в повседневной клинической практике и исследовательской работе. ОКТА во многих случаях стала альтернативой более инвазивной ангиографии с введением красителя. Флюоресцентная ангиография перестала быть «золотым стандартом» исследования сосудов сетчатки.

Это новое издание «Атласа клинической ОКТ-ангиографии» показывает инновационные принципы визуализации клинической ОКТА. Как

и в первом издании атласа, ключевым словом является «клинический»: атлас помогает пользователям интерпретировать изображения ОКТА, предоставляя клиницистам возможность понять особенности ангиографических изображений. Данное издание атласа было глубоко переработано и дополнено. Все главы полностью переписаны; некоторые из них совершенно новаторские. Мы рассказываем о больших успехах, достигнутых с помощью ОКТА в клинической практике. ОКТА позволила выявить новые патологии, распознать новые синдромы и систематизировать расстройства в новые классификации. Известные болезни теперь лучше изучены, а новые болезни подробно описаны. В данной книге принципы работы, клинические применения и перспективы ОКТА четко объяснены всемирно известными разработчиками технологии.

ОКТА вызывает огромный практический интерес в клинической офтальмологии, и ее значение в ближайшие годы будет только возрастать. Мы верим, что данное руководство поможет врачам-офтальмологам, оптометристам, ординаторам и специалистам по офтальмологическому оборудованию понять и оценить новые возможности, открывающиеся при использовании ОКТА в повседневной клинической практике.

*Марко Рисполи, Бруно Лумбросо, Дэвид Хуанг,
Яли Цзя, Мария Кристина Савастано*

Предисловие к первому изданию на английском языке

ОКТ-ангиография (ОКТА) — новый метод, позволяющий получить изображения в высоком разрешении ретинального и хориоидального кровоснабжения без введения красителя. ОКТА станет для клиницистов наиболее ценной методикой ОКТ-визуализации анфас благодаря возможности получения точных изображений внутрисосудистого кровотока внутренних и наружных слоев сетчатки, а также внутренних слоев хориоидеи. Она позволяет быстро оценить внутрисосудистый кровоток в конкретный момент времени с возможностью выполнения повторных сканирований по мере необходимости без риска для пациента. Дополнительное преимущество данной методики визуализации заключается в том, что полученные во время ОКТА изображения также можно рассматривать как стандартные В-сканы ОКТ. В настоящее время ОКТА — уже эксклюзивный метод ряда исследователей и специалистов по сетчатке, она стала широко доступна и практикующим офтальмологам. По мере улучшения качества ОКТ-ангиограмм и повышения ее доступности в клинической практике мы прогнозируем, что данная неинвазивная технология станет новым стандартом визуализации анатомического строения и сосудистой сети сетчатки и хориоидеи.

Данный «Атлас клинической ОКТ-ангиографии» призван показать пользователям ОКТ преимущества клинического применения ОКТА (ключевое слово «клинический»). Мы надеемся развить интерес к использованию ОКТА в повседневной клинической практике и помочь пользователям в интерпретации ОКТ-ангиограмм. Принципы применения и будущее ОКТА описаны авторами, изначально принимавшими участие в разработке технологии. Главы о клиническом применении написаны известными специалистами из разных стран мира. Этот атлас поможет врачу-офтальмологу получить оптимальные ОКТ-ангиограммы и выявить на них типичные и атипичные особенности сосудистого русла.

Повседневное применение ОКТА в клинических условиях уже вызвало огромный интерес, а в ближайшие годы важность данного метода исследования будет быстро возрастать. Настоящий атлас призван привлечь внимание широкой аудитории врачей, проявляющих интерес к различным заболеваниям глаз. Мы надеемся, что данное издание удовлетворит огромную потребность клиницистов в дополнительной информации по ОКТА.

*Бруно Лумбросо, Дэвид Хуанг, Чинг Чэнь,
Яли Цзя, Марко Рисполи, Андре Романо,
Надя К. Вахид*

Раздел 1. Методы и техники ОКТ-ангиографии

Глава 1

Принципы ОКТ-ангиографии

Яли Цзя, Тристан Т. Хормель, Дэвид Хуанг

АННОТАЦИЯ

Данные оптической когерентной томографии в режиме ангиографии, или ОКТ-ангиографии (ОКТА), получают, измеряя контраст движения между последовательными сканами, полученными с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ). В данной главе мы рассмотрим, как получают ОКТ-данные и как можно измерить сигнал потока с использованием амплитудных, фазовых или комплексных сигналов.

ВВЕДЕНИЕ

ОКТ использует интерферометрию для измерения коэффициента рассеяния тканей [1]. Интерферометрия основана на взаимодействии эталонного луча и луча, отраженного после взаимодействия с исследуемой тканью. После взаимодействия с образцом (исследуемой тканью) предметная волна объединяется с опорной для создания интерференционной картины. Глубину измерения светорассеяния тканей регулируют с помощью когерентного стробирования (выделения сигналов), которое относится к взаимной когерентности эталонного коэффициента рассеяния с коэффициентом рассеяния образца. Выполнение многократных поперечных сканирований образца позволяет восстановить трехмерное изображение тканей, превращая ОКТ в метод трехмерной визуализации. В ОКТ обычно используют невидимое инфракрасное излучение, что обеспечивает комфорт пациенту в ходе исследования. Осевое разрешение систем ОКТ колеблется от 2 до 10 нм в зависимости от ширины полосы

спектра и длины волны [2]. Это позволяет неинвазивно визуализировать внутренние слои таких тонких структур, как сетчатка, и данную возможность не дает больше ни одна другая технология. Эти преимущества сделали ОКТ наиболее часто используемым методом визуализации в офтальмологии [3], где ее применяют для диагностики заболеваний и оценки эффективности лечения [4].

При структурной ОКТ различия в способности рассеивать свет, присущей каждой ткани, позволяют идентифицировать отдельные структуры. Например, внутренний ядерный слой сетчатки имеет относительно низкий коэффициент обратного рассеяния, и его можно дифференцировать от окружающих внутреннего и наружного слоев сетчатки, обладающих более высоким коэффициентом обратного рассеяния. Однако капилляры имеют сходный коэффициент обратного рассеяния с окружающими их тканями, поэтому получить их достаточно контрастное изображение с использованием такого метода не получается. Следовательно, полученные в ходе структурной ОКТ данные не позволяют достичь достаточной детализации для построения ангиограмм на уровне капиллярного русла. Ранние попытки выполнения ОКТА были основаны на доплеровском сдвиге (эффекте Доплера), измеренном между смежными осевыми сканами, но данный метод оказался ненадежным, потому что луч ОКТ часто проходит в перпендикулярном кровеносным сосудам сетчатки направлении, что делает доплеровское смещение слишком малым для измерения [5, 6]. В конечном итоге был разработан надежный метод ОКТА, основанный на регистрации движения между последовательными поперечными ОКТ-сканами (В-сканами).

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ ПРИ ОКТ-АНГИОГРАФИИ ПОСРЕДСТВОМ РЕГИСТРАЦИИ КОНТРАСТА ДВИЖЕНИЯ

ОКТА основана на определении так называемого контраста движения (англ. motion contrast) для выделения кровеносных сосудов, вплоть до уровня капилляров. Поток крови изменяет регистрируемый при ОКТ сигнал обратного рассеяния между последовательными В-сканами (рис. 1.1). Это изменение называют «сигнал потока» (англ. flow signal).

Поскольку ОКТА основана на данных ОКТ, во многом ее характеристики совпадают с характеристиками структурной ОКТ. ОКТА — также трехмерный неинвазивный метод. Данные ОКТА автоматически регистрируются совместно с используемыми для их создания данными структурной ОКТ, благодаря чему можно оценить локализацию сосудистой сети относительно ткани, в которой она находится, и выявить взаимосвязь структурных и сосудистых особенностей для улучшения диагностики патологии сетчатки.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОНТРАСТА ДВИЖЕНИЯ

Существует несколько способов измерения контраста движения. Сигнал ОКТ формируется комплексом, содержащим как амплитудные, так и фазовые компоненты. Следовательно, ОКТ-ангиограммы могут быть сформированы на основе фазового, амплитудного или комплексного сигнала.

Первые попытки выполнения ангиографии с помощью оптических когерентных томографов были основаны на доплеровских фазовых сдвигах. С помощью доплеровской ОКТ можно измерять абсолютную скорость кровотока на основе фазового сдвига между последовательными осевыми сканами и углом падения луча. Доплеровский сдвиг пропорционален неперпендикулярному углу между лучом ОКТ и направлением кровотока. К сожалению, при ОКТ-сканировании сетчатки это угловое смещение часто близко к нулю. С целью преодоления данного ограничения исследователи обратились к фазовой дисперсии (в отличие от фазового сдвига) в качестве сигнала потока [7–9], однако фазовая ОКТА оказалась в значительной мере подвержена искажениям под влиянием фазового шума из-за движения объема ткани и шума самого оптического когерентного

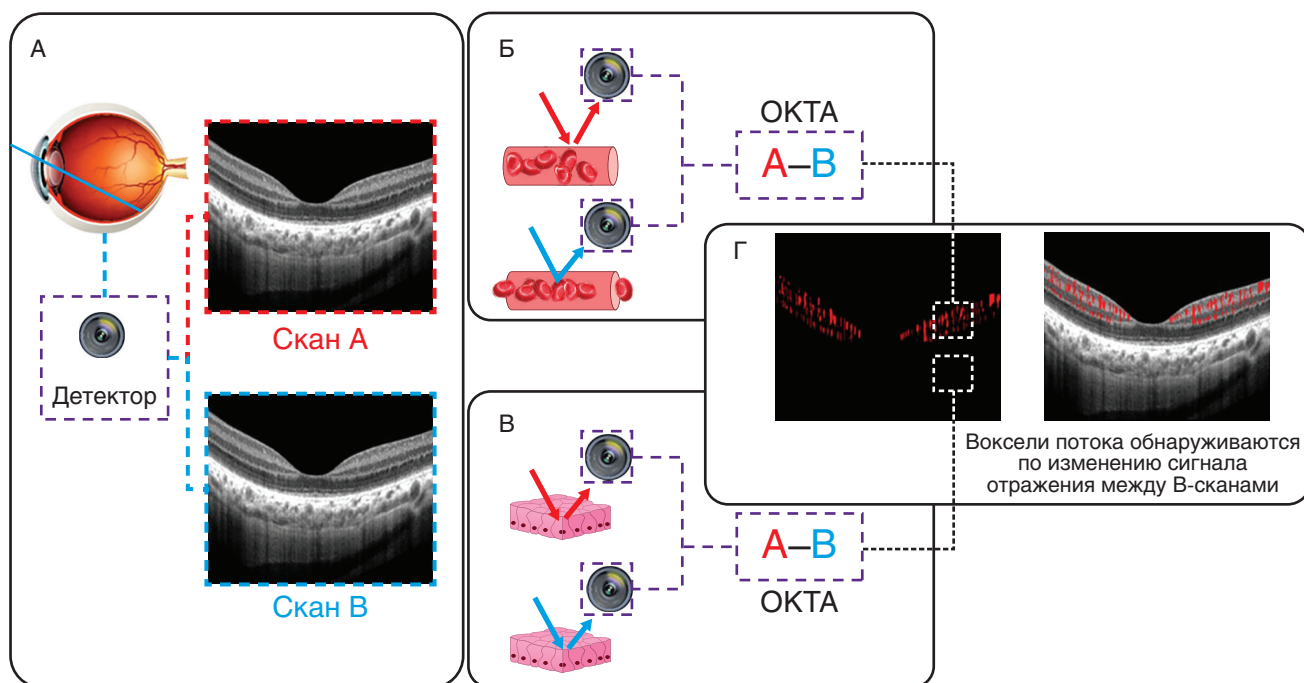


Рис. 1.1. Генерация сигнала ОКТ-ангиографии. Два последовательных поперечных скана структурной ОКТ (скан А и скан В) получают, собирая с помощью детектора данные от зондирующего пучка (А). Когда зондирующий пучок (красная и синяя стрелки) достигает кровеносного сосуда, проходящий в сосуде объем крови приводит к изменению регистрируемого сигнала обратного рассеяния между сканом А и сканом В (Б). И наоборот, когда зондирующий пучок достигает неподвижной ткани, регистрируемые сигналы обратного рассеяния на скане А и скане В будут, по существу, идентичны (В). Определив изменения между сканом А и сканом В, можно идентифицировать кровотоки (Г)

томографа (особенно на выходе перестраиваемого источника света) [10]. Существует несколько методов, компенсирующих фазовый шум, которые в значительной степени полагаются на статистические свойства (например, среднее значение или гистограмму) распределения сигнала потока в объеме ОКТА [9–12]. Поскольку ни один метод не может полностью удалить фазовый шум, недавно был разработан подход, основанный на использовании стандартного отклонения значений потока в пределах линейного скана, который может надежно и эффективно компенсировать фазовые сдвиги [12].

Чтобы избежать негативного влияния фазового шума на результаты исследования, большинство коммерчески доступных систем для ОКТА основаны на амплитудном спектре сигнала. В то время как амплитудные ОКТА теряют некоторую чувствительность к потоку по сравнению с фазовыми измерениями, они достаточно чувствительны для измерения капилляров. Вследствие меньшей восприимчивости к шуму от движения объема ткани и других источников изменения фазы ОКТ на основе амплитуды более надежна и проста в реализации.

Приборы Optovue, Heidelberg и Topcon основаны на амплитудном контрасте движения, однако их точный алгоритм отличается. Система для ОКТА Heidelberg измеряет распределение амплитуды во времени в пределах данного вокселя (от англ. volume + pixel – объемный пиксель), чтобы оценить вероятность того, что он относится к статичной ткани или сосуду [13]. Для получения достаточного количества информации с целью адекватной выборки этих амплитудных распределений необходимо получить 4–7 последовательных В-скана в каждой точке сканирования [13]. Система Optovue использует алгоритм декорреляции амплитуды с разделением спектра (известный как SSADA, англ. split spectrum amplitude decorrelation angiography), требующий только два последовательных В-скана для получения качественной ангиограммы. В приборах Topcon использован подход, известный как OSTARA (англ. OSTA Ratio Analysis – анализ соотношения ОКТА), при котором для построения ОКТА-сигнала используют разницу между минимальным и максимальным значениями вокселя в два разных момента времени [14]. Для достижения соответствующих результатов с помощью этого алгоритма также необходимо получить по крайней мере четыре повторных В-скана.

При комплексно-сигнальной ОКТА используют как фазовый, так и амплитудный компоненты ОКТ-сигнала. Как и фазовая ОКТА, она очень чувствительна к фазовому шуму. Наиболее известный алгоритм комплексно-сигнальной генерации ОКТА – оптическая микроангиография. Этот алгоритм использует частотную модуляцию в интер-

ферограмме для дифференциации статического сигнала от сигнала потока. Специфика того, как достигается это смещение, изменилась по мере совершенствования данной технологии [15–18]. Оптическая микроангиография требует соответствующей фазовой компенсации для устранения шума от движения объема ткани. Приборы Zeiss используют сверхчувствительный алгоритм оптической микроангиографии [19], позволяющий получить ангиографические изображения высокого качества всего из двух повторных В-сканов с помощью прототипа ОКТ с перестраиваемым источником в 100 кГц (рис. 1.2) [20, 21].

СПЕКТРАЛЬНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ

Фазовый, амплитудный и комплексный сигналы ОКТ можно усилить с помощью спектрального разделения, при котором сигнал ОКТ обрабатывается отдельно на разных частотах поддиапазонов, а затем усредняется для получения ОКТ-ангиограммы. Спектральное разделение улучшает отношение «сигнал-шум» при обнаружении потока (и, следовательно, последующие измерения, такие как плотность сосудов или проходимость). Усиление сигнала происходит за счет уменьшения осевого разрешения, поскольку каждая из составляющих полосы частот должна быть уже полного спектра (который достигает оптимального разрешения). При визуализации структур глаза это возможно, поскольку даже при уменьшенном осевом разрешении по данным, полученным при ОКТА с разделением спектра, все еще можно точно выделить сосудистые сплетения. Снижение осевого разрешения за счет спектрального расщепления уменьшает восприимчивость к шуму из-за пульсации сердца и других осевых движений объема ткани, что еще больше повышает отношение «сигнал-шум» при обнаружении потока.

Первые коммерчески доступные приборы для ОКТА были разработаны Optovue, и в них была использована технология SSADA [22]. SSADA – чисто амплитудный алгоритм обработки данных ОКТА, но, как показали исследования, спектральное разделение можно использовать также для обработки фазового и комплексного сигналов [23]. В каждом случае определяли улучшение отношения «сигнал-шум» и контрастности изображения. Для томографа Optovue, использующего алгоритм SSADA, для построения объемной ОКТ-ангиограммы необходимо всего два повторных В-скана [24]. Благодаря этой эффективной технологии в последнее время SSADA дает возможность получить поле зрения 12×12 мм за одно сканирование (рис. 1.3) с использованием новейшей системы Solix 120 кГц (Optovue, Калифорния).

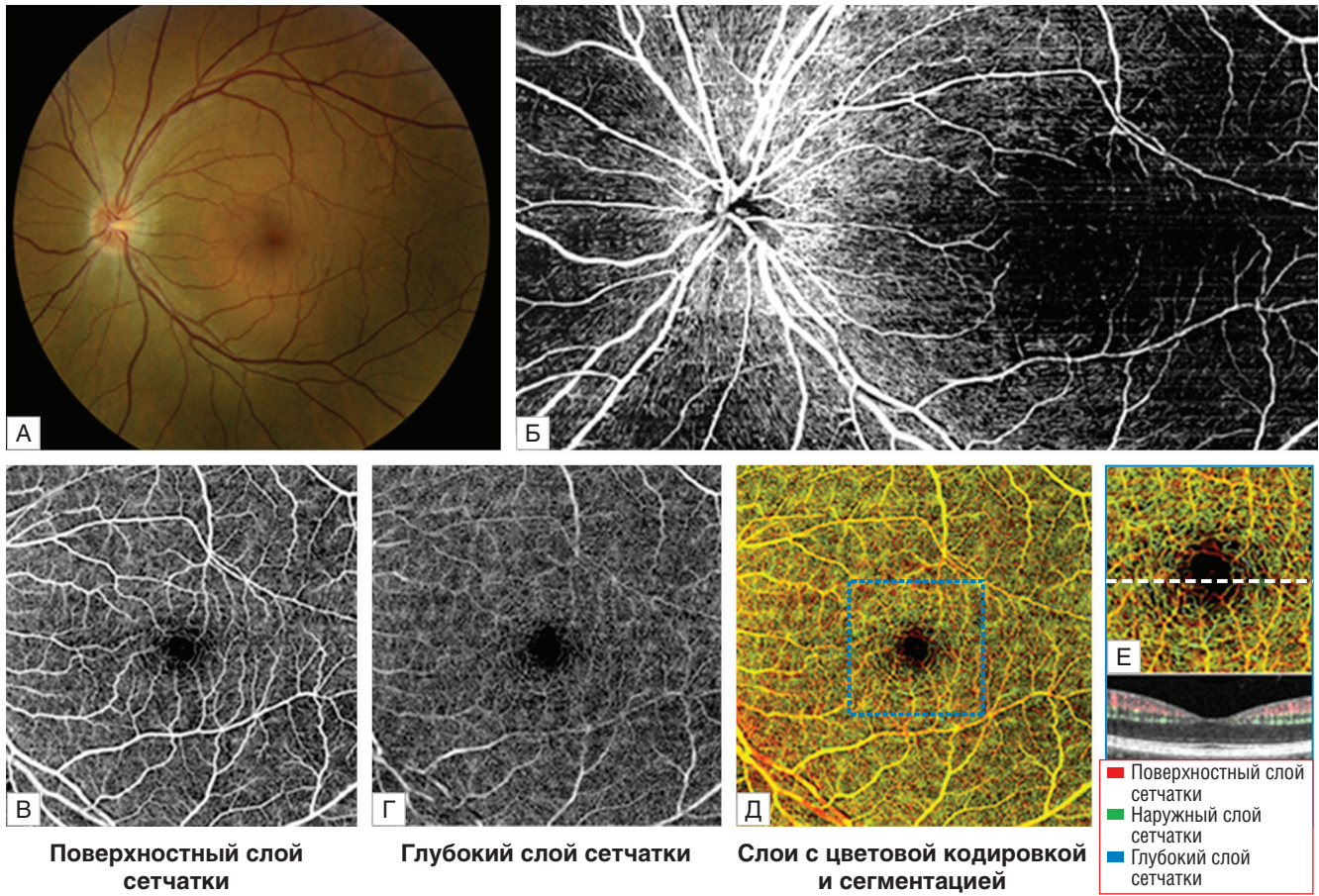


Рис. 1.2. Изображения, полученные с помощью сверхчувствительной оптической микроангиографии сосудистой сети сетчатки в нескольких масштабах в сравнении с фотографией глазного дна: А — фотография глазного дна нормальной сетчатки; Б — монтированная en face оптическая микроангиограмма слоя нервных волокон сетчатки; В — фрагмент поверхностных слоев сетчатки, на котором показана сосудистая сеть в слое ганглиозных клеток и в наружном сетчатом слое; Г — фрагмент слоев сетчатки, соответствующий глубокому сосудистому сплетению; Д — изображение, показывающее сосудистую сеть, как на рис. В и Г, с маркировкой сосудов цветом в зависимости от глубины (красный — поверхностные; зеленый — промежуточные; синий — глубокие); Е — увеличенное изображение, детализирующее синюю рамку на рис. Д, а также структурный поперечный скан с наложенным на него (в положении, указанном пунктирной линией) потоком. Детали капиллярного русла хорошо видны при увеличении. Воспроизведено с разрешения из работы Zhang Q., Lee C.S., Chao J. et al. Wide-field optical coherence tomography based microangiography for retinal imaging // Sci. Rep., 2016. Vol. 6. P. 22017

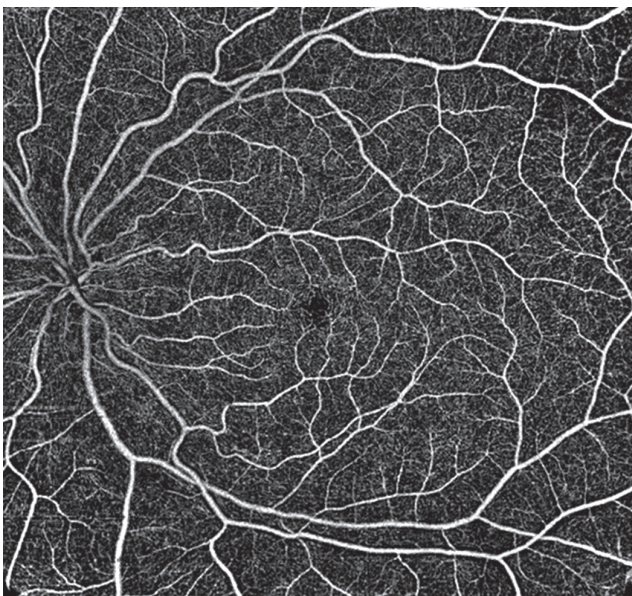


Рис. 1.3. Изображение нормальной сетчатки (12×12 мм, разрешение — 600×600 пикселей), полученное на приборе Solix (Optovue, Калифорния) с использованием SSADA ОКТА. Для получения приведенного здесь фрагмента с использованием этого эффективного алгоритма для обработки данных необходимо всего два последовательных сканирования

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОКТА использует контраст движения для обнаружения кровотока вплоть до уровня капиллярного русла. Сигнал потока вычисляют по изменению детектируемого методом ОКТ сигнала обратного рассеяния между последовательными В-сканами. Для расчета сигнала потока можно использовать несколько различных подходов. Наиболее эффективные алгоритмы позволяют получить оптимальное соотношение «сигнал-шум» потока и качество изображения с использованием только двух последовательных В-сканов в каждой точке сканирования.

■ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

