
Bruno Lumbroso и Marco Rispoli

ОКТ СЕТЧАТКИ

Метод анализа и интерпретации

Перевод с английского

Под общей редакцией
В.В. Нероева, О.В. Зайцевой

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Аргент

Москва – 2012

УДК 617.735-07
ББК 56.7
Л 21

Авторы:

Bruno Lumbroso
Marco Rispoli

Книга издана при поддержке компании «Трейдомед Инвест» –
эксклюзивного дистрибьютора фирмы «Ortovue» (США)
в России, странах СНГ и Балтии

Ламброзо Б., Рисполи М. ОКТ сетчатки. Метод анализа и интерпретации/
Под ред. В.В. Нероева, О.В. Зайцевой. – М.: Апрель, 2012. – 83., ил.

В руководстве представлен простой логический метод анализа и интерпретации
ОКТ-изображений, сформулирован порядок действий, необходимый для постановки
диагноза. Руководство иллюстрировано рисунками, схемами и ОКТ-изображениями.

Книга предназначена для врачей офтальмологов и будет полезна как начинающим,
так и опытным коллегам.

ISBN 978-5-905212-07-9

© Bruno Lumbroso, 2012
© ЗАО «Трейдомед Инвест», 2012

Все права данного руководства защищены, в частности, права на копирование, распро-
странение и перевод. Это руководство нельзя копировать как целиком, так и частично, а также
воспроизводить в любых средствах массовой информации в виде фотокопии, микрофильма, на
CD-ROM или других электронных носителях без письменного разрешения издателя и авторов.
За данные, иллюстрации и фото, опубликованные в данном руководстве, ответственность несут
авторы, а не издатель. Любой препарат, который здесь упомянут, следует использовать в соответ-
ствии с инструкциями производителя.

Содержание

От авторов	5
Введение. Логический метод анализа и интерпретации ОКТ.....	7
Глава 1. ОКТ и гистология.....	9
Глава 2. Анализ ОКТ в норме.....	16
Глава 3. Качественный анализ ОКТ при офтальмопатологии	27
Морфологический анализ	28
Изучение структуры сетчатки – Сегментация.....	40
Исследование рефлексивности.....	47
Аномальные образования	54
Затененные области (эффект экранирования, эффект тени).....	59
Глава 4. Количественный анализ ОКТ при офтальмопатологии.....	61
Глава 5. 3D изображения «en face».....	67
Глава 6. Комплексный анализ.....	78
Глава 7. Составление заключения.....	80

От авторов

Долгие годы я преподавал логические методы анализа и интерпретации ретинальных изображений, опубликовал аналитические руководства по флюоресцентной ангиографии, ангиографии с индоцианином зеленым и позже — по оптической когерентной томографии (ОКТ).

Постановка диагноза должна быть результатом логического процесса. Неспособность сформулировать точный диагноз может быть следствием недостаточного знания или недостаточного логического применения знаний. При интерпретации ОКТ необходимо следовать рациональному методу. В данном руководстве представлен простой логический метод анализа и интерпретации изображений ОКТ, сформулированы «шаги», которые необходимы для постановки диагноза.

Во многих офтальмологических кабинетах томограф «соседствует» с щелевой лампой, и каждый офтальмолог должен уметь пользоваться обоими приборами. ОКТ помогает выявить морфологические, структурные особенности и изменения оптической плотности сетчатки, детально изучить различные ретинальные слои, как по отдельности, так и в совокупности.

Изображения, представленные в руководстве, были получены с помощью томографа RTVue — надежного и простого в применении прибора. Это оптические срезы высокого разрешения, с усреднением изображения и без него, в том числе в формате 3D. В сагитальном направлении можно оценить все структуры глазного дна до склеры. Во фронтальном направлении, «en face», сканы компенсируют изгиб глазного дна.

Данное краткое руководство, иллюстрированное рисунками, схемами и ОКТ-изображениями, написано для того чтобы продемонстрировать, как правильно интерпретировать томограммы. Также оно содержит сведения о наиболее распространенных заболеваниях сетчатки. В помощь классификации морфологических изменений даны упрощенные схемы.

Некоторые таблицы являются руководством по постановке наиболее редких и сложных диагнозов.

*Bruno Lumbroso
Marco Rispoli*

Мне хотелось бы выразить благодарность доктору Marco Rispoli за долгие годы бесценного сотрудничества, предоставленные ОКТ-изображения, а также за помощь при создании глав данного руководства.

Также я благодарю художницу Donata Piccoli, которая делала иллюстрации ко всем моим научным работам и пособиям, за точность ее красивых рисунков и за терпение, с которым она работала с моими элементарными схематическими набросками.

Я признателен Tommaso Ascione и Emanuele Lanterna из компании Alfa Intes, Casoria (Италия), а также Jay Wei, Bill Schields и Paul Kealey из компании Optovue (США), которые вдохновили меня на написание практического и простого руководства и поддержали мою инициативу.

V.L.

Введение

Логический метод анализа и интерпретации ОКТ

Применение классического Картезианского метода к анализу изображений ОКТ не является бесспорным. Действительно, получаемые изображения настолько сложны и разнообразны, что их нельзя рассматривать просто как задачу, решаемую методом сортировки.

При анализе томографического изображения должны учитываться форма среза, толщина и объем ткани (морфологические особенности), а также внутренняя архитектура (структурные особенности). Также следует принимать во внимание взаимоотношения зон высокой, средней и низкой рефлективности как с особенностями внутренней структуры, так и морфологии ткани, а также наличие аномальных образований (аккумуляция жидкости, экссудат, кровоизлияние, новообразования и т.д.).

Патологические элементы могут обладать различной рефлективностью и формировать тени, что еще больше изменяет внешний вид изображения. Кроме того, нарушения внутренней структуры и морфологии сетчатки при различных заболеваниях создают определенные трудности при распознавании природы патологического процесса. Все это усложняет любые попытки проведения автоматической сортировки изображений. В то же время мануальная сортировка также не всегда надежна и сопряжена с риском ошибок.

В данном руководстве систематизированы базовые принципы анализа изображений ОКТ. Рисунки отражают внутреннюю структуру и слои сетчатки. Основные морфологические характеристики обобщены в виде схем, что позволяет провести их классификацию. Оптические срезы высокого разрешения в сагиттальной или фронтальной плоскостях, с усреднением изображения и без него, наглядно иллюстрируют различные патологические изменения. В руководстве представлены сканы ОКТ в черно-белом изображении, что позволяет лучше визуализировать мелкие детали.

Отдельная глава посвящена анализу томограмм при наиболее частых заболеваниях сетчатки. В таблицах, составленных по принципу патологических признаков (бежевые) или диагнозов (голубые), представлены наиболее частые заболевания глазного дна, при этом упоминаются и более редкие случаи.

ОКТ и гистология

Оптическая когерентная томография (ОКТ) позволяет визуализировать структуру сетчатки *in vivo*. Чтобы правильно трактовать изображения ОКТ, необходимо хорошо помнить гистологию сетчатки и хориоидеи, хотя томографические и гистологические структуры не всегда удастся точно сопоставить.

В действительности, благодаря повышенной оптической плотности некоторых структур сетчатки линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, линия соединения кончиков наружных сегментов фоторецепторов и ворсинок пигментного эпителия отчетливо видны на томограмме, в то время как они не дифференцируются на гистологическом срезе.

Гиалоидная мембрана и стекловидное тело

На томограмме можно увидеть стекловидное тело, заднюю гиалоидную мембрану, нормальные и патологические витреальные структуры (мембраны, в том числе оказывающие тракционное воздействие на сетчатку).

Внутренняя сетчатка

Внутренний плексиформный слой, слой ганглиозных, или мультиполярных, клеток и слой нервных волокон формируют комплекс ганглиозных клеток или внутреннюю сетчатку.

Внутренняя пограничная мембрана — это тонкая мембрана, которая образуется отростками клеток Мюллера и прилежит к слою нервных волокон.

Слой нервных волокон формируется отростками ганглиозных клеток, которые идут до зрительного нерва. Поскольку этот слой образован горизонтальными структурами, он имеет повышенную рефлексивность.

Слой ганглиозных, или мультиполярных, клеток состоит из очень объемных клеток.

Внутренний плексиформный слой образован отростками нервных клеток, здесь расположены синапсы биполярных и ганглиозных клеток. Благодаря множеству горизонтально идущих волокон этот слой на томограммах имеет повышенную рефлексивность и разграничивает внутреннюю и наружную сетчатку.

Наружная сетчатка

Во внутреннем ядерном слое находятся ядра биполярных и горизонтальных клеток и ядра клеток Мюллера. На томограммах он гипорефлективен.

Наружный плексиформный слой содержит синапсы фоторецепторных и биполярных клеток, а также горизонтально расположенные аксоны горизонтальных клеток. На сканах ОКТ он имеет повышенную рефлективность.

Фоторецепторы, колбочки и палочки

Слой ядер фоторецепторных клеток образует наружный ядерный слой, который формирует гипорефлективную полосу. В области фовеа этот слой значительно утолщается.

Тела клеток фоторецепторов несколько вытянуты. Ядро практически полностью заполняет тело клетки. Протоплазма формирует коническое выпячивание на верхушке, которое контактирует с биполярными клетками. Наружная часть фоторецепторной клетки делится на внутренний и наружный сегменты. Последний короткий, имеет коническую форму и включает в себя диски, сложенные в последовательные ряды. Внутренний сегмент также делится на две части: внутреннюю миодальную и наружную филаментную.

Линия сочленения между наружными и внутренними сегментами фоторецепторов на томограмме выглядит как гиперрефлективная горизонтальная полоса, расположенная на небольшом расстоянии от комплекса пигментный эпителий — хориокапилляры, параллельно последнему. Благодаря пространственному увеличению колбочек в зоне фовеа, эта линия несколько удаляется на уровне центральной ямки от гиперрефлективной полосы, соответствующей пигментному эпителию.

Наружная пограничная мембрана образована сетью волокон, идущих в основном от клеток Мюллера, которые окружают основания фоторецепторных клеток. Наружная пограничная мембрана на томограмме выглядит как тонкая линия, расположенная параллельно линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

Поддерживающие структуры сетчатки

Волокна клеток Мюллера формируют длинные, вертикально расположенные структуры, которые соединяют внутреннюю и наружную пограничные мембраны и выполняют поддерживающую функцию. Ядра клеток Мюллера располагаются в слое биполярных клеток. На уровне наружной и внутренней пограничных мембран волокна клеток Мюллера расходятся в виде веера. Горизонтальные ветви этих клеток являются частью структуры плексиформных слоев.

К другим важным вертикальным элементам сетчатки относятся цепочки клеток, состоящие из фоторецепторов, связанных с биполярными клетками и через них — с ганглиозными клетками.

Пигментный эпителий

Пигментный эпителий представлен слоем полигональных клеток, внутренняя поверхность которых имеет форму чаши и формирует ворсинки, соприкасающиеся с кончиками колбочек и палочек. Ядро расположено в наружной части клетки. Снаружи пигментная клетка тесно контактирует с мембраной Бруха.

На сканах ОКТ высокого разрешения линия комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров состоит из трех параллельных полос: двух относительно широких гиперрефлективных, разделенных тонкой гипорефлективной полосой. Некоторые авторы считают, что внутренняя гиперрефлективная полоса — это линия контакта ворсинок пигментного эпителия и наружных сегментов фоторецепторов, а другая — наружная полоса — представляет собой тела клеток пигментного эпителия с их ядрами, мембрану Бруха и хориокапилляры. По мнению других авторов, внутренняя полоса соответствует кончикам наружных сегментов фоторецепторов.

Мембрана Бруха

Пигментный эпителий, мембрана Бруха и хориокапилляры тесно связаны между собой.

Обычно мембрана Бруха на ОКТ не дифференцируется, но в случаях друз и небольшой отслойки пигментного эпителия она определяется как тонкая горизонтальная линия.

Хориоидея

Слой хориокапилляров представлен полигональными сосудистыми дольками, которые получают кровь от задних коротких цилиарных артерий и проводят ее через венулы в вортикозные вены. На томограмме этот слой входит в состав широкой линии комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров.

Основные хориоидальные сосуды на томограмме гипорефлективны и могут быть различимы в виде двух слоев: слоя средних сосудов Саттлера и слоя крупных сосудов Галлера. Снаружи можно визуализировать темную пластинку склеры (lamina fusca). Супрахориоидальное пространство отделяет хориоидею от склеры.

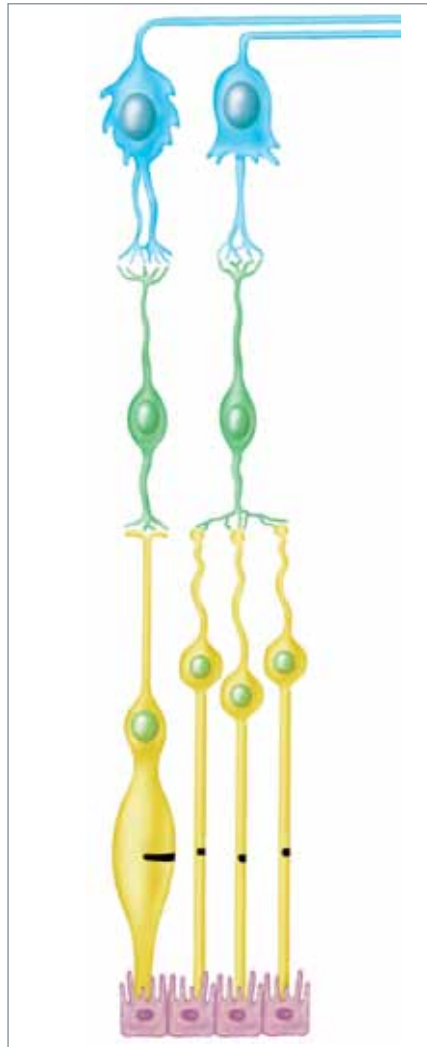


Рисунок 1.1. Клеточные цепочки

Ретинальные клетки формируют цепочки: фоторецепторы (палочки и колбочки) связаны с биполярными клетками, которые в свою очередь контактируют с ганглиозными клетками, чьи аксоны формируют слой нервных волокон.

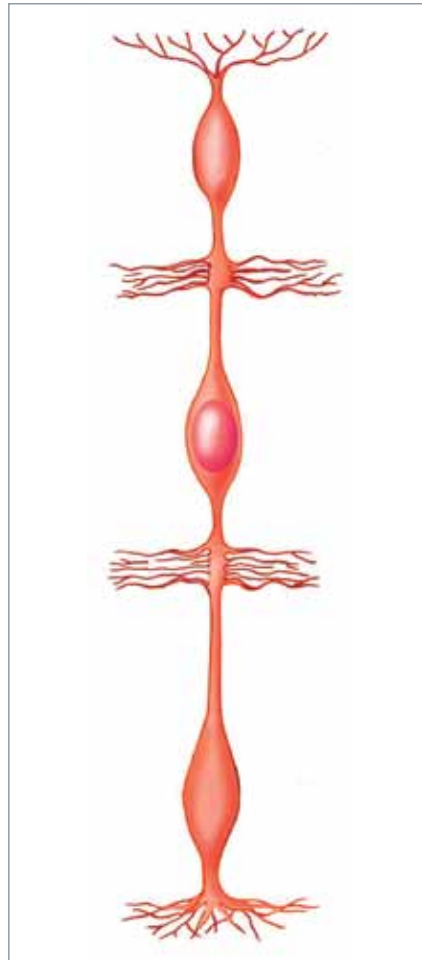


Рисунок 1.2. Клетки Мюллера

Клетки Мюллера образуют вертикальные волокнистые структуры, которые соединяют внутреннюю и наружную пограничные мембраны. Их ядра располагаются во внутреннем ядерном слое среди биполярных клеток. Горизонтальные волокна от клеток Мюллера принимают участие в формировании внутреннего и наружного плексиформных слоев.

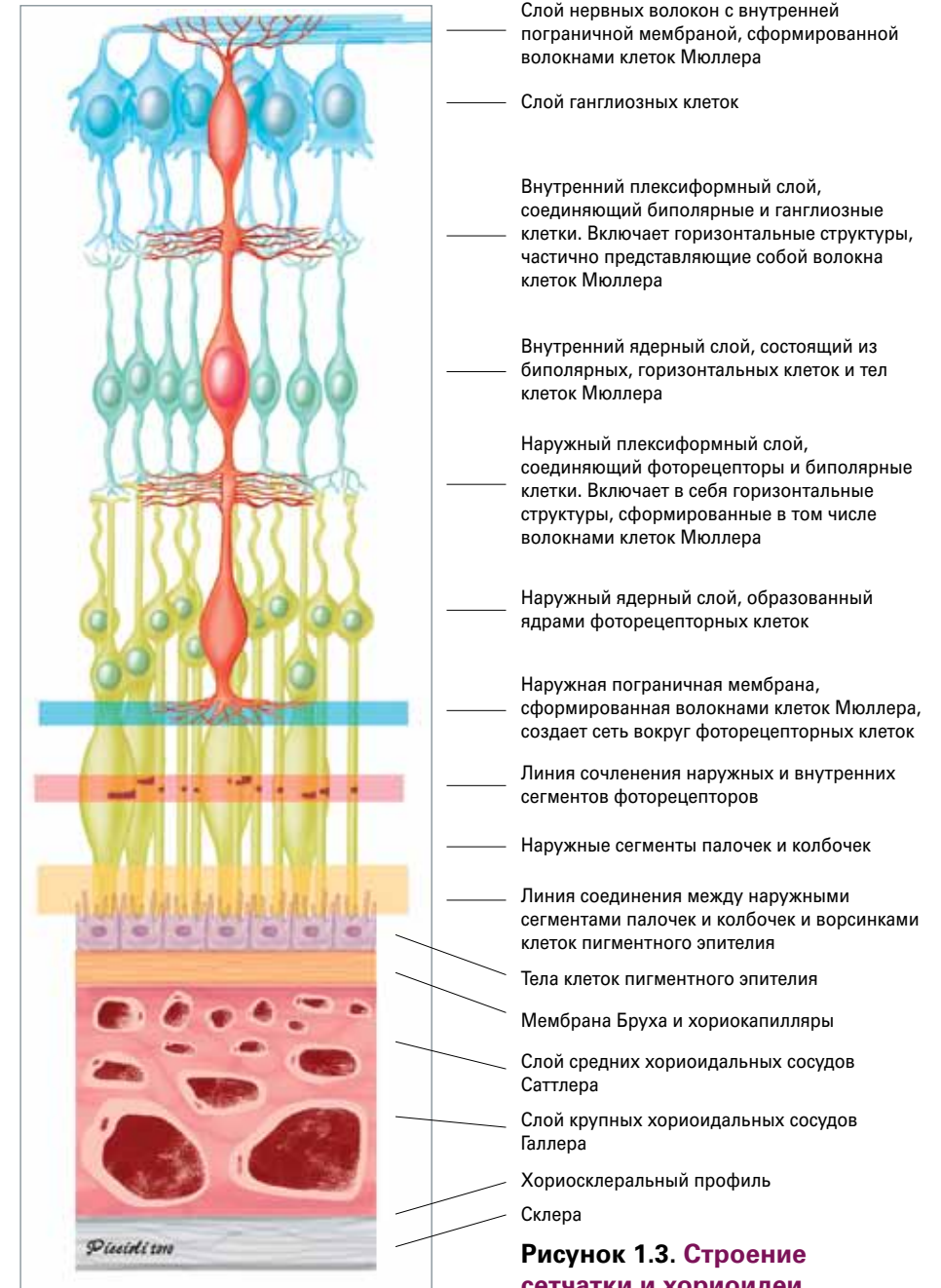


Рисунок 1.3. Строение сетчатки и хориоидеи

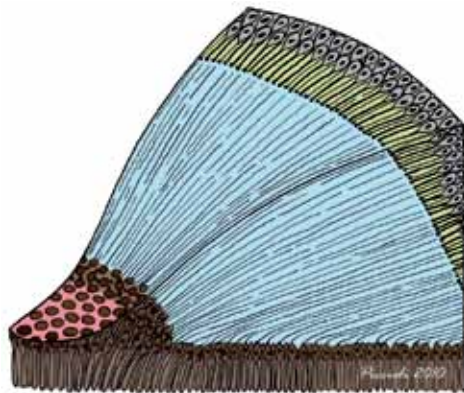


Рисунок 1.4. Радиальная структура волокон Генле

На уровне фовеа ядра фоторецепторных клеток расположены в виде розетки вокруг центральной ямки. Отростки нервных клеток, соединяющие фоторецепторные и биполярные клетки, располагаются в этой зоне радиально по окружности в 360 градусов и носят название волокон Генле. Образующаяся солнцеподобная структура определяет особенности интратретиального скопления жидкости в этой области (форма «цветка»).

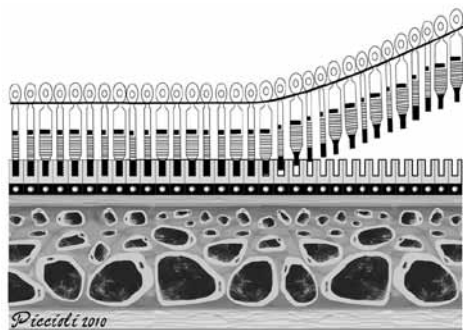


Рисунок 1.5. Серозная отслойка нейроэпителия (схема)

Серозная отслойка нейроэпителия при центральной серозной хориоретинопатии (ЦСХ) характеризуется отделением фоторецепторных клеток от клеток пигментного эпителия. В соответствии с общепринятой теорией, расслоение нейросенсорной сетчатки и пигментного эпителия происходит на уровне наружных кончиков фоторецепторов и ворсинок пигментного эпителия.

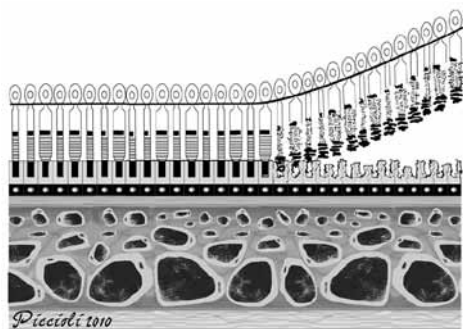


Рисунок 1.6. Серозная отслойка нейроэпителия с альтерацией отслоенных фоторецепторов (схема)

Длительно существующая серозная отслойка нейроэпителия в случае хронической ЦСХ (давность более 3 месяцев). Обратите внимание на изменения фоторецепторов: диски отечны, расширены, отмечается их альтерация. Также видны очевидные изменения ворсинок пигментного эпителия.

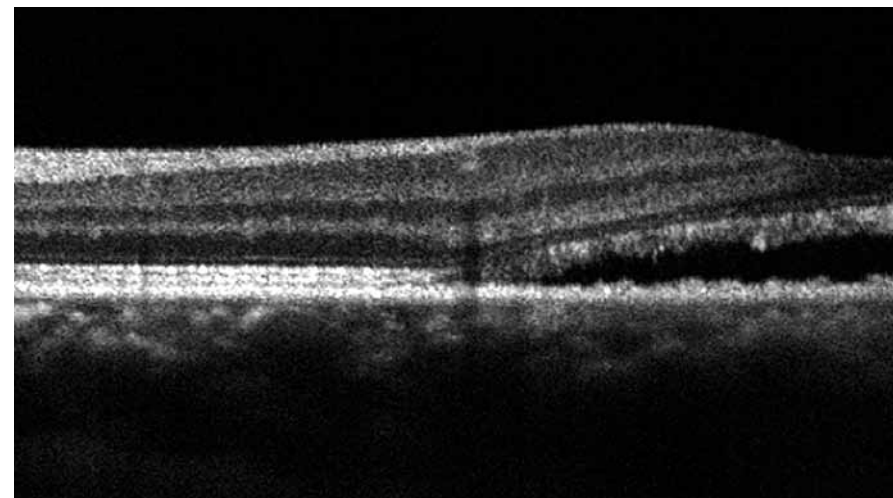


Рисунок 1.7. Серозная отслойка нейроэпителия с альтерацией отслоенных фоторецепторов

В данном случае ЦСХ в зоне отслойки кончики наружных сегментов фоторецепторов отделены оптически пустым пространством от наружной полосы комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров, которая соответствует ядрам клеток пигментного эпителия, скоплению пигментных гранул, мембране Бруха и хориокапиллярам. Над зоной серозной отслойки в структуре сетчатки визуализируется сохранная линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и наружная пограничная мембрана. Погруженные в серозную субретиальную жидкость наружные сегменты фоторецепторов кажутся альтеративно измененными, вероятно, из-за стрессового состояния дисков колбочек и отека и альтераций палочек. На уровне слоя пигментного эпителия, который остается в контакте с мембраной Бруха, также имеются признаки дезорганизации.

Глава 2

Анализ ОКТ в норме

Анализ изображения ОКТ состоит из трех базовых ступеней:

- анализ морфологии,
- анализ структуры сетчатки и хориоидеи,
- анализ рефлексивности.

Детальное изучение сканов лучше проводить в черно-белом изображении, нежели цветном. Оттенки цветных изображений ОКТ заданы программным обеспечением системы, каждый оттенок связан с определенной степенью рефлексивности. Поэтому на цветном изображении мы видим большое разнообразие цветных оттенков, в то время как в действительности имеет место последовательное изменение рефлексивности ткани. Черно-белое изображение позволяет выявить минимальные отклонения оптической плотности ткани и рассмотреть детали, которые могут остаться незамеченными на цветном изображении. Некоторые структуры могут быть лучше видны на негативных изображениях.

Морфология сетчатки и хориоидеи

Анализ морфологии включает изучение формы среза, витреоретинального и ретинохориоидального профиля, а также хориосклерального профиля. Оценивается также объем исследуемой области сетчатки и хориоидеи.

Сетчатка и хориоидея, выстилающие склеру, имеют вогнутую параболическую форму. Фовеа представляет собой вдавление, окруженное областью, утолщенной за счет смещения сюда ядер ганглиозных клеток и клеток внутреннего ядерного слоя. Задняя гиалоидная мембрана имеет наиболее плотную адгезию по краю диска зрительного нерва и в области фовеа (у молодых людей). Плотность данного контакта уменьшается с возрастом.

Структура сетчатки и хориоидеи

Сетчатка и хориоидея имеют особую организацию и состоят из нескольких параллельных слоев. Помимо параллельных слоев, в сетчатке имеются трансверсальные структуры, соединяющие между собой различные слои.

Внутренняя структура

В норме капилляры сетчатки с определенной организацией клеток и капиллярных волокон представляют собой истинные барьеры для диффузии жидкости. Вертикальные (клеточные цепочки) и горизонтальные структуры сетчатки объясняют особенности расположения, размера и формы патологических скоплений (экссудата, кровоизлияний и кистовидных полостей) в ткани сетчатки, которые обнаруживаются на ОКТ. Анатомические барьеры по вертикали и горизонтали препятствуют распространению патологических процессов.

Вертикальные элементы

Клетки Мюллера соединяют внутреннюю пограничную мембрану с наружной, простираясь через слои сетчатки. Кроме того, к вертикальным структурам сетчатки относятся клеточные цепочки, которые состоят из фоторецепторов, связанных с биполярными клетками, которые, в свою очередь, контактируют с ганглиозными клетками.

Горизонтальные элементы: слои сетчатки

Внутренняя и наружная пограничные мембраны образованы волокнами клеток Мюллера и легко распознаются на гистологическом срезе сетчатки. Внутренний и наружный плексиформные слои содержат горизонтальные, амакриновые клетки и синаптическую сеть между фоторецепторами и биполярными клетками с одной стороны и биполярными и ганглиозными клетками — с другой. С гистологической точки зрения плексиформные слои не являются мембранами, но в некоторой степени выполняют функцию барьера, хоть и гораздо менее прочного, чем внутренняя и наружная пограничные мембраны. Плексиформные слои включают сложную сеть волокон, образующих горизонтальные барьеры при диффузии жидкости сквозь сетчатку. Внутренний плексиформный слой более резистентен и менее проницаем, чем наружный.

В области фовеа волокна Генле формируют солнцеподобную структуру, которую можно четко увидеть на фронтальном срезе сетчатки. Колбочки располагаются в центре и окружены ядрами фоторецепторных клеток. Волокна Генле соединяют ядра колбочек с ядрами биполярных клеток на периферии фовеа. В области фовеа клетки Мюллера ориентированы по диагонали, соединяя внутреннюю и наружную пограничные мембраны. Благодаря особой архитектонике волокон Генле скопление жидкости при кистовидном макулярном отеке имеет форму цветка.

Сегментация изображения

Сетчатка и хориоидея образованы слоистыми структурами с различной рефлексивностью. Методика сегментации позволяет выделить отдельные слои гомогенной рефлексивности, как высокой, так и низкой. Сегментация изображения дает возможность также распознавать группы слоев. В случаях патологии слоистая структура сетчатки может нарушаться.

В сетчатке выделяют наружные и внутренние слои (наружную и внутреннюю сетчатку). Внутренняя сетчатка включает слой нервных волокон, ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой, который служит границей между внутренней и наружной сетчаткой. Наружная сетчатка — внутренний ядерный слой, наружный плексиформный слой, наружный ядерный слой, наружную пограничную мембрану, линию сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

Многие современные томографы позволяют проводить сегментацию отдельных ретинальных слоев, выделять наиболее интересующие структуры. Функция сегментации слоя нервных волокон в автоматическом режиме была первой из подобных функций, введенных в программное обеспечение всех томографов, и остается основной в диагностике и мониторинге глаукомы.

Рефлективность ткани

Интенсивность сигнала, отраженного от ткани, зависит от оптической плотности и способности данной ткани поглощать свет.

Рефлективность зависит от:

- количества света, достигающего заданного слоя после поглощения в тканях, через которые он проходит;
- количества света, отраженного данной тканью;
- количества отраженного света, попадающего на детектор после дальнейшей абсорбции тканями, через которые он проходит.

Вертикальные структуры, такие как фоторецепторы, обладают меньшей отражательной способностью, чем горизонтальные (например, нервные волокна и плексиформные слои).

Низкая рефлективность может быть вызвана снижением отражательной способности ткани в связи с атрофическими изменениями, преобладанием вертикальных структур (фоторецепторы) и полостей с жидкостным содержанием. Особенно отчетливо структуры с низкой рефлективностью можно наблюдать на томограммах в случаях патологии.

Хориоидея

Сосуды хориоидеи гипорефлективны. Рефлективность соединительной ткани хориоидеи расценивается как средняя, иногда она может быть высокой. Темная пластинка склеры (*lamina fusca*) выглядит на томограммах как тонкая линия, супрахориоидальное пространство в норме не визуализируется.

Обычно хориоидея имеет толщину около 300 микрон. С возрастом, начиная с 30 лет, отмечается постепенное снижение ее толщины. Кроме того, хориоидея тоньше у пациентов с миопией.

Артефакты

Особенности технологии сканирования на приборе компании Optovue гарантируют высокое качество изображений, при этом появление артефактов крайне маловероятно. При построении В-скана система усредняет большое число изображений, исключая аномальные сканы, полученные в результате моргания или движения глазом. Степень допустимого отклонения скана находится в обратно пропорциональной зависимости от желаемой четкости изображения.

При вычислении макулярного объема программа автоматически корректирует сканы в заданных пределах. Для точности исследования пациент должен соблюдать неподвижность в течение 4 секунд.

Значимые артефакты могут наблюдаться на уровне вертикальных контрольных сканов. Такие сканы являются производными реконструкции, основанной на А-сканах в горизонтальных плоскостях. Поэтому микродвижения вдоль передне-задней оси могут привести к аномальным В-сканам. Чтобы решить эту проблему, сразу после расчета объема система представляет фронтальное изображение слоя пигментного эпителия. В случае аберраций на данном срезе вычисления производятся повторно.

Наконец, возможны аберрации в виде аномальной гипорефлективности некоторых структур. Как правило, причиной является помутнение оптических сред или, реже, неправильная настройка прибора. В таких случаях маркеры позиционирования (наружная пограничная мембрана и пигментный эпителий) могут быть прослежены некорректно. Опытные пользователи могут вручную откорректировать положение маркеров и достичь оптимального результата.

Таблица 2.1 — Структура в норме — Рефлективность нормальных тканей

<p>Высокая</p> <ul style="list-style-type: none"> • Слой нервных волокон • Линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов • Наружная пограничная мембрана • Комплекс пигментный эпителий — хориокапилляры 	<p>Средняя</p> <ul style="list-style-type: none"> • Плексиформные слои <p>Низкая</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ядерные слои • Фоторецепторы
---	---

Таблица 2.2 — Физиологические причины снижения толщины хориоидеи

- Возраст
- Миопия слабой степени

Таблица 2.3 — Архитектоника сетчатки

Горизонтальные барьеры	Вертикальные структуры
<ul style="list-style-type: none"> • Внутренняя пограничная мембрана • Внутренний плексиформный слой • Наружный плексиформный слой • Наружная пограничная мембрана • Пигментный эпителий • Мембрана Бруха • Супрахориоидальное пространство • Склера 	<ul style="list-style-type: none"> • Клетки Мюллера • Вертикальные клеточные цепочки, состоящие из фоторецепторов, биполярных и ганглиозных клеток

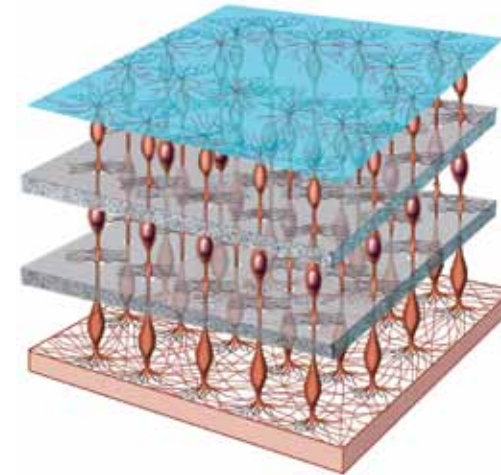


Рисунок 2.1.
Поддерживающие структуры сетчатки

Горизонтальные структуры: внутренний и наружный плексиформные слои, внутренняя и наружная пограничные мембраны. Вертикальные структуры: клетки Мюллера и клеточные цепочки, состоящие из фоторецепторов, биполярных и ганглиозных клеток.

Волокна клеток Мюллера формируют наружную пограничную мембрану с одной стороны и внутреннюю пограничную мембрану — с другой. Внутренний и наружный плексиформные слои включают горизонтальные, амакриновые клетки и межклеточные синаптические сети между фоторецепторами и биполярными клетками с одной стороны, и биполярными и ганглиозными клетками — с другой. Плексиформные слои не являются истинными гистологическими мембранами, однако в некоторой степени выполняют функцию барьеров, хотя и менее резистентных и более проницаемых, чем внутренняя и наружная пограничные мембраны. Внутренний плексиформный слой более резистентен и менее проницаем, чем наружный.

Волокна клеток Мюллера образуют очень длинные вертикально расположенные поддерживающие элементы, которые соединяют внутреннюю и наружную пограничные мембраны. Их ядра располагаются в слое биполярных клеток. К другим важным вертикальным элементам относятся цепочки клеток, состоящие из фоторецепторов, связанных с биполярными клетками и через них — с ганглиозными клетками.

Вертикальные и горизонтальные структуры ограничивают распространение патологических процессов, жидкости, эксудата, крови, что обуславливает образование в ткани сетчатки округлых полостей, которые на ОКТ выглядят как оптически пустые пространства.

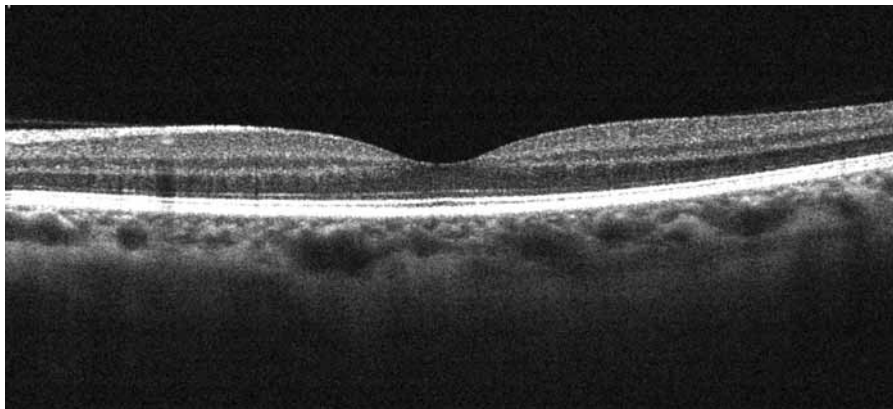


Рисунок 2.2. ОКТ сетчатки и хориоидеи в норме

Сетчатка и хориоидея являются многослойными мембранами. На В-сканах здоровой сетчатки можно увидеть слои нервных волокон, ганглиозных клеток, внутренний плексиформный слой, внутренний ядерный слой (биполярных и горизонтальных клеток), наружный плексиформный слой.

Далее расположены: наружный ядерный слой, состоящий из ядер фоторецепторов, наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров, хориоидея, включающая слой средних сосудов Саттлера и слой крупных сосудов Галлера, склера.

Важной деталью является линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Эта линия не визуализируется на гистологическом срезе. Кроме того, на томограмме можно наблюдать наружную пограничную мембрану, которая идет параллельно линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, располагаясь между этой линией и телами клеток фоторецепторов.

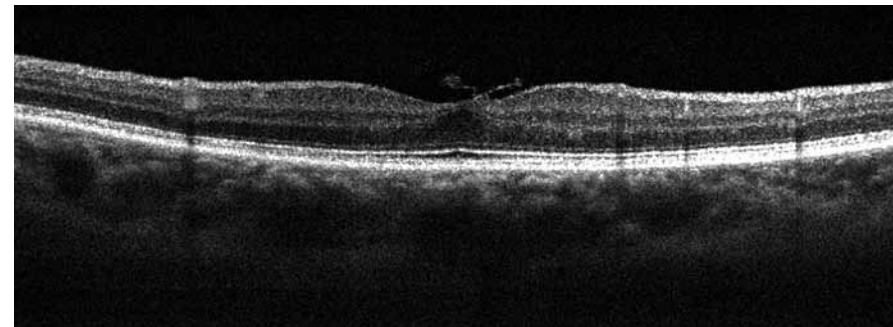


Рисунок 2.3. Комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров

В норме на томограммах в линии, соответствующей комплексу пигментного эпителия — хориокапилляров, можно выделить три полосы: две крупные гиперрефлективные, разделенные тонкой гипорефлективной полосой. Внутренняя гиперрефлективная полоса соответствует линии соединения между кончиками наружных сегментов фоторецепторов и ворсинками клеток пигментного эпителия либо самим кончикам наружных сегментов фоторецепторов (по мнению различных авторов). Наружная гиперрефлективная полоса соответствует ядрам клеток пигментного эпителия, скоплению пигментных гранул, мембране Бруха и хориокапиллярам.

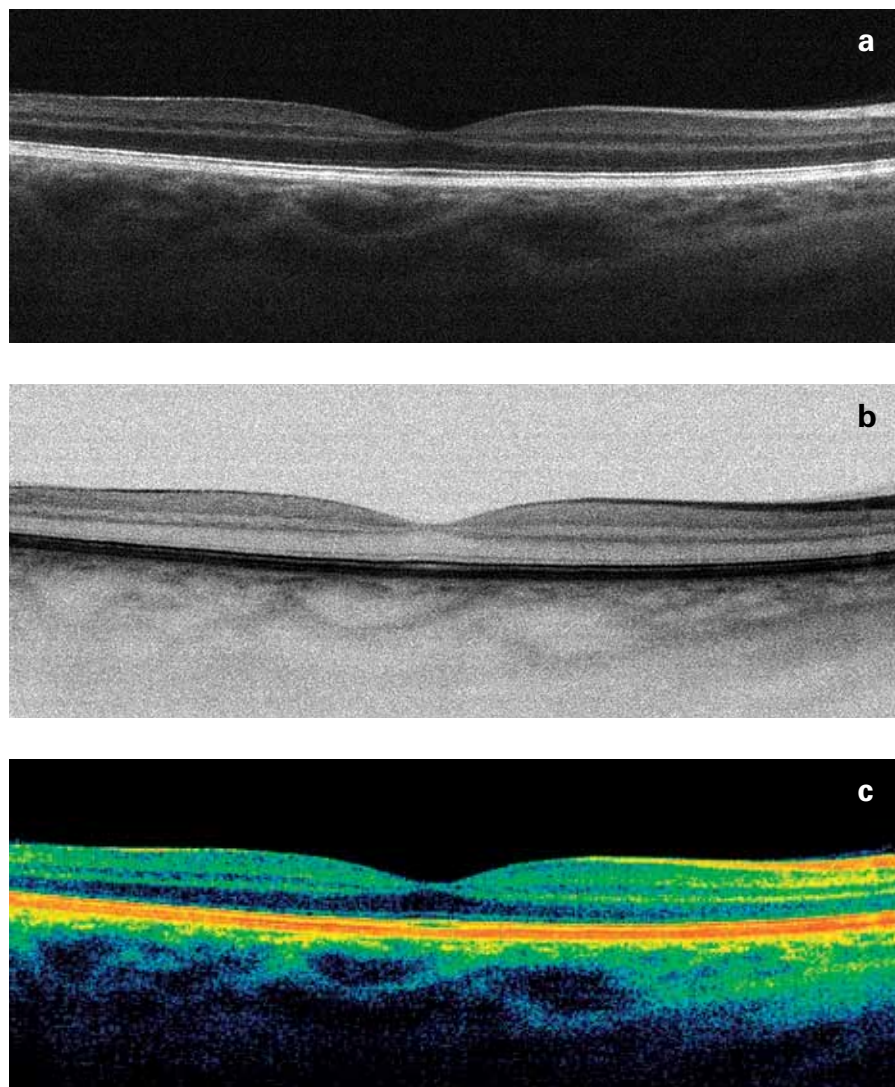


Рисунок 2.4. Изображение среза сетчатки в черно-белом (а), негативном (b) и цветном (с) вариантах

Черно-белое изображение и негатив позволяют рассмотреть изображение среза сетчатки более детально, в то время как цвета дают больший контраст. Как правило, черно-белый вариант и негатив более информативны в сложных случаях.

Большинство определяемых на ОКТ структур сетчатки видны на гистологических срезах. Исключение составляют линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, а также наружных сегментов фоторецепторов и ворсинок клеток пигментного эпителия. Наружная пограничная мембрана, расположенная между сочленением наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и телами клеток фоторецепторов, на гистологическом срезе дифференцируется с трудом.

Три структуры (линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, линия соединения между кончиками наружных сегментов фоторецепторов и ворсинками клеток пигментного эпителия, наружная пограничная мембрана) хорошо видны на изображениях спектральной ОКТ благодаря особенностям их оптических свойств.

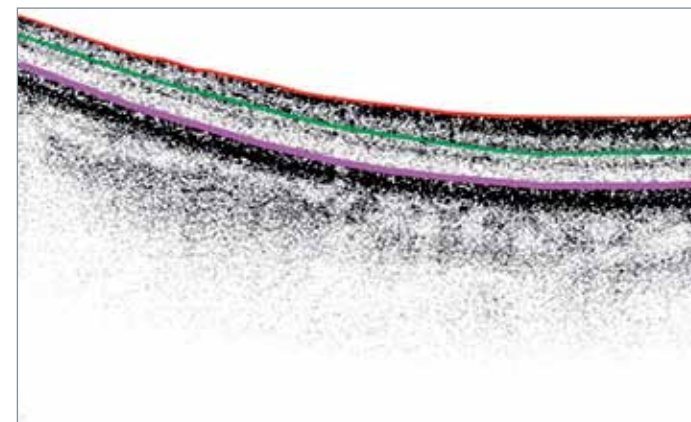


Рисунок 2.5. Сегментация

Зеленая линия на уровне внутреннего плексиформного слоя отмечает границу между внутренней и наружной сетчаткой.

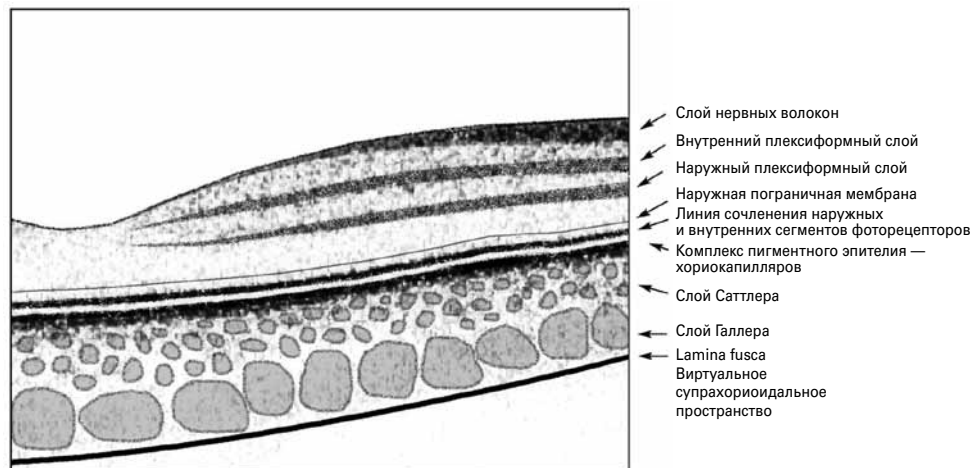


Рисунок 2.6. Структура сетчатки и хориоидеи на томограмме

Несмотря на то, что имеющиеся в арсенале практикующих офтальмологов приборы ОКТ не способны сегментировать все слои сетчатки, уже созданы экспериментальные модели с этой функцией. По всей вероятности, вскоре они будут доступны для широкого круга практикующих врачей.

Глава 3

Качественный анализ ОКТ при офтальмопатологии

Расшифровка изображения ОКТ должна состоять из двух этапов:

- качественного и количественного анализа;
- комплексного анализа.

Во время первого этапа следует выделить и проанализировать различные элементы изображения. С этой целью нужно выполнить сегментацию, сделать сагиттальный (В-скан) и фронтальный («en face») сканы, отдельно проанализировать морфологические изменения, структурные отклонения, особенности рефлексивности, оценить изменения количественно.

После изучения и анализа отдельных элементов можно переходить ко второму этапу. Благодаря комплексному анализу данных осмотра, анамнеза, ангиографии с флюоресцеином и индоцианином зеленым возможны окончательная интерпретация полученных ОКТ-изображений и постановка диагноза.

В первом этапе выделяют:

- морфологический анализ,
- исследование структуры: сегментация,
- анализ рефлексивности,
- изучение аномальных образований,
- анализ теневых областей,
- количественный анализ.

ОКТ является надежным, информативным, чувствительным тестом (разрешение составляет 3 мкм) в диагностике многих заболеваний глазного дна. Этот неинвазивный метод исследования, не требующий использования контрастирующего вещества, предпочтителен во многих клинических случаях. Полученные изображения можно проанализировать, оценить количественно, сохранить в базе данных пациента и сравнить с последующими изображениями, что позволяет получить объективную документированную информацию для диагностики и мониторинга заболевания.

Для качественного изображения необходима прозрачность оптических сред и нормальная слезная пленка (или искусственная слеза). Исследование затруднено при миопии высокой степени, помутнении оптических сред на любом уровне.

В настоящее время сканирование осуществляется в пределах заднего полюса, однако быстрое развитие технологий обещает в ближайшем будущем возможность сканирования всей сетчатки.

Таблица 3.1 — Качественный анализ

Качественный анализ изображения ОКТ включает пять основных этапов:

1. **Морфологический анализ.** Предполагает анализ формы среза, витреоретинального и ретинохориоидального профиля, а также хориосклерального профиля.
2. **Структурное исследование (сегментация).** Сетчатка и хориоидея — это многослойные структуры с параллельно расположенными слоями и чащеобразным изгибом. Сетчатка также включает поперечные структуры, соединяющие различные слои.
3. **Анализ рефлективности** (гипер- и гипорефлективность).
4. **Исследование аномальных образований.**
5. **Анализ теневых областей.**

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Морфологический анализ включает определение формы и количественных параметров сетчатки и хориоидеи, а также отдельных их частей.

Общая деформация сетчатки

Конкав-деформация (вогнутая деформация): при миопии высокой степени, задней стафиломе, в том числе в случаях исхода склерита, на ОКТ можно обнаружить выраженную вогнутую деформацию получаемого среза.

Конвекс-деформация (выпуклая деформация): встречается в случае куполообразной отслойки пигментного эпителия, также может быть вызвана субретинальной кистой или опухолью. В последнем случае конвекс-деформация более плоская и захватывает субретинальные слои (пигментный эпителий и хориокапилляры). В большинстве случаев саму опухоль на ОКТ локализовать не удастся. Важное значение в дифференциальной диагностике имеют отек и иные изменения в прилежащей нейросенсорной сетчатке.

Профиль сетчатки и деформация поверхности

Исчезновение центральной ямки свидетельствует о наличии ретинального отека.

Складки сетчатки, формирующиеся вследствие натяжения со стороны эпиретинальной мембраны, визуализируются на томограммах как иррегу-

лярность ее поверхности, напоминающая «волны» или «рябь». Сама эпиретинальная мембрана может дифференцироваться в виде отдельной линии на поверхности сетчатки, либо сливаться со слоем нервных волокон. Тракционная деформация сетчатки (иногда имеющая форму звезды) хорошо видна на С-сканах.

Горизонтальные или вертикальные тракции со стороны эпиретинальной мембраны деформируют поверхность сетчатки, приводя в ряде случаев к формированию центрального разрыва.

Макулярный псевдоразрыв: центральная ямка расширена, ретинальная ткань сохранена, хотя и деформирована.

Ламеллярный разрыв: центральная ямка увеличена за счет потери части внутренних ретинальных слоев. Над пигментным эпителием ткань сетчатки частично сохранена.

Макулярный разрыв: ОКТ позволяет диагностировать, классифицировать макулярный разрыв и измерить его диаметр. В соответствии с классификацией Gass выделяют 4 стадии макулярного разрыва:

I стадия: отслойка нейроэпителия тракционного генеза в области фовеа;

II стадия: сквозной дефект ретинальной ткани в центре диаметром менее 400 мкм;

III стадия: сквозной дефект всех слоев сетчатки в центре диаметром более 400 мкм;

IV стадия: полная отслойка задней гиалоидной мембраны независимо от размера сквозного дефекта ткани сетчатки.

На томограммах часто выявляются отек и небольшая отслойка нейроэпителия по краям разрыва.

Правильная трактовка стадии разрыва возможна лишь при прохождении сканирующего луча через центр разрыва. При сканировании края разрыва не исключена ошибочная диагностика псевдоразрыва или более ранней стадии разрыва.

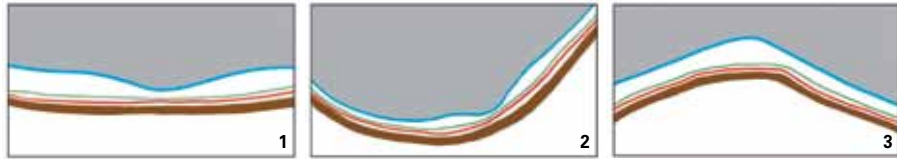
Морфологические изменения слоя пигментного эпителия

Слой пигментного эпителия может быть истончен, утолщен, в ряде случаев на протяжении скана он может иметь иррегулярную структуру. Полосы, соответствующие слою пигментных клеток, могут выглядеть аномально насыщенными или дезорганизованными. Кроме того, три полосы могут сливаться вместе.

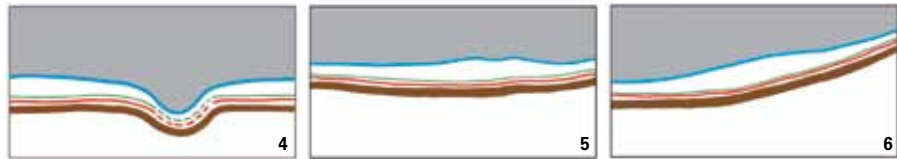
Ретинальные друзы обуславливают появление иррегулярности и волнообразной деформации линии пигментного эпителия, а мембрана Бруха в таких случаях визуализируется как отдельная тонкая линия.

Серозная отслойка пигментного эпителия деформирует нейроэпителий и образует со слоем хориокапилляров угол более 45 градусов. В отличие от этого, серозная отслойка нейроэпителия обычно более плоская и образует с пигментным эпителием угол, равный или менее 30 градусов.

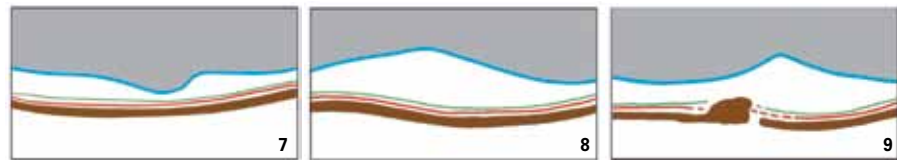
Мембрана Бруха в таких случаях дифференцируется.

Схема 1. Варианты морфологических изменений структур глазного дна:

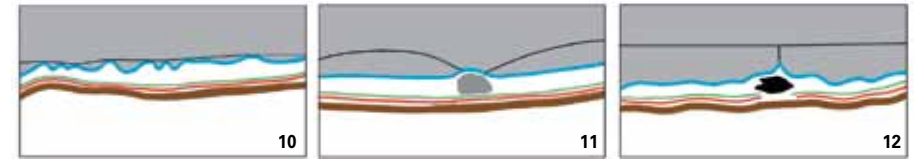
- 1) нормальный профиль;
- 2) конкав-деформация всех структур глазного дна при миопии высокой степени;
- 3) конвекс-деформация сетчатки по всей ее толщине, куполообразный профиль вследствие субретинально расположенного доброкачественного новообразования;



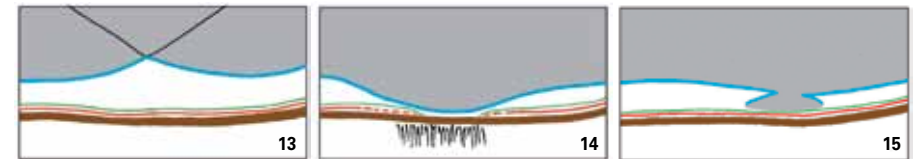
- 4) локальная конкав-деформация структур глазного дна вследствие стафиломы склеры в исходе склерита;
- 5) отсутствие центральной ямки;
- 6) конвекс-деформация сетчатки при диффузном отеке;



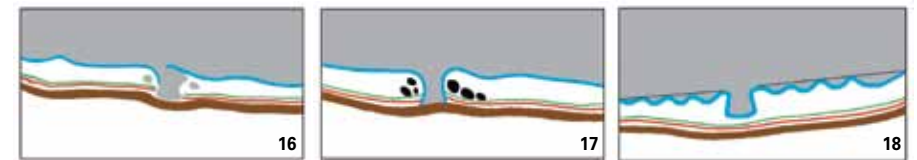
- 7) асимметрия контура центральной ямки при фокальном отеке;
- 8) выраженное утолщение среза сетчатки с исчезновением центральной ямки в случае диабетического макулярного отека;
- 9) конвекс-деформация вследствие отека сетчатки при субретинальной неоваскулярной мембране;



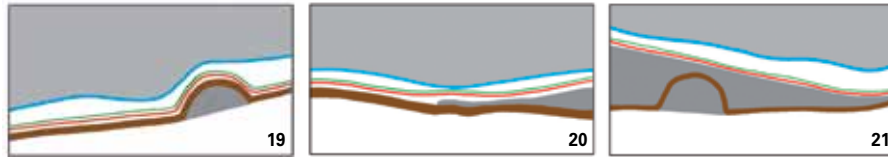
- 10) ретиальные складки вследствие горизонтальной тракции со стороны эпиретинальной мембраны;
- 11) деформация ретиального профиля при витреоретинальной тракции, угроза макулярного разрыва;
- 12) деформация ретиального профиля вследствие витреоретинальной тракции в передне-заднем направлении, угроза макулярного разрыва;



- 13) ретиальный профиль, деформированный витреоретинальной тракцией;
- 14) расширение и углубление центральной ямки, выраженное истончение сетчатки, альтерации или исчезновение наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов; глубокое проникновение сканирующего луча;
- 15) ламеллярный разрыв. Частичная утрата ткани сетчатки; наружные слои сетчатки, наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов интактны;



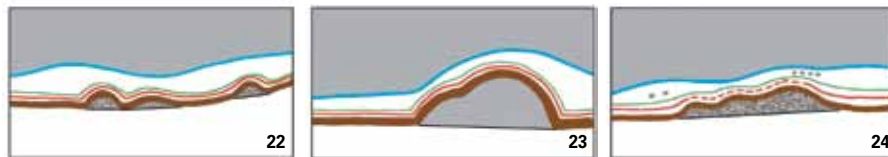
- 16) макулярный разрыв с крышечкой. Сквозной дефект ткани сетчатки; крышечка видна на краю отверстия;
- 17) сквозной макулярный разрыв. Дефект всех слоев сетчатки в центральной области; кистовидный отек по краю разрыва;
- 18) макулярный псевдоразрыв. Отсутствует дефект ткани; слои нейроэпителия сохранены, но деформированы тангенциальными тракциями со стороны эпиретинальной мембраны;



19) отслойка пигментного эпителия. Элевация слоя формирует с мембраной Бруха угол более 45 градусов; наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов сохранены;

20) серозная отслойка нейроэпителия. Элевация нейроэпителия формирует с пигментным эпителием угол менее 30 градусов;

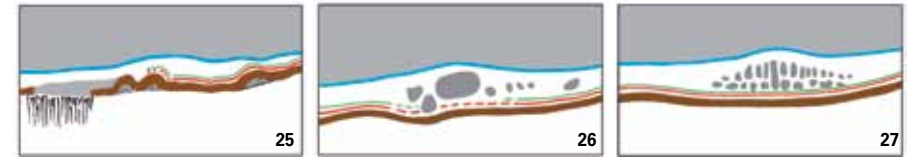
21) серозная отслойка нейроэпителия в сочетании с отслойкой пигментного эпителия. Элевация пигментного эпителия формирует с мембраной Бруха угол более 45 градусов, в то время как отслойка нейроэпителия — менее 30 градусов;



22) друзы. Визуализируются три друзы с несколько гиперрефлективным содержимым; дифференцируется мембрана Бруха; наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов сохранены;

23) отслойка пигментного эпителия, связанная с друзами. Имеется волнообразная деформация линии пигментного эпителия, приподнимающая нейроэпителий; наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов сохранены; мембрана Бруха дифференцируется;

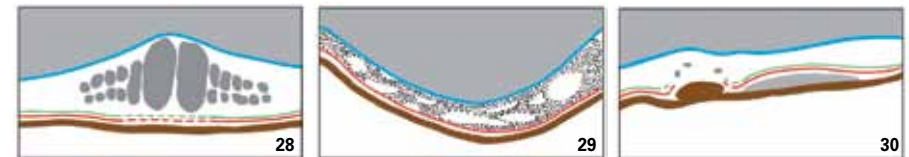
24) неоваскулярная отслойка пигментного эпителия (скрытая субретинальная неоваскулярная мембрана). Профиль сетчатки деформирован; иррегулярная отслойка пигментного эпителия с неомогенным содержимым; дифференцируется мембрана Бруха; выраженные альтерации пигментного эпителия, линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и наружной пограничной мембраны; редкие полости кистовидного отека;



25) разрыв пигментного эпителия. Локальное прерывание линии пигментного эпителия с глубоким проникновением сканирующего луча; ретракция остаточного пигментного эпителия с формированием складок; локальная серозная отслойка нейроэпителия; альтерации наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов;

26) диабетический макулярный отек. Наличие в слоях нейроэпителия неравномерных полостей различного размера, экссудатов на фоне локальных альтераций фоторецепторов, наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов;

27) макулярный кистовидный отек при синдроме Ирвин-Гасса. Толщина сетчатки увеличена, ретинальный профиль деформирован; выявляются небольшие равномерные оптически пустые полости во внутренних и наружных слоях сетчатки; наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов не изменены;



28) выраженный макулярный кистовидный отек. Деформация ретинального профиля и увеличение толщины сетчатки; на уровне внутренних и наружных слоев сетчатки выявляются два ряда полостей кистовидного отека; в пределах фовеа полости ориентированы вертикально; выявляются альтерации наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов; пигментный эпителий не изменен;

29) миопический ретиношизис. Щелевидные полости в нейроэпителии при сохранении горизонтальных слоев сетчатки; полости ретиношизиса удлинены и строго параллельны поверхности сетчатки и пигментному эпителию; края полостей не закруглены, и слои нейроэпителия расположены под углом друг к другу;

30) отслойка нейроэпителия, редкие полости кистовидного отека вблизи классической неоваскулярной мембраны. Альтерации наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов

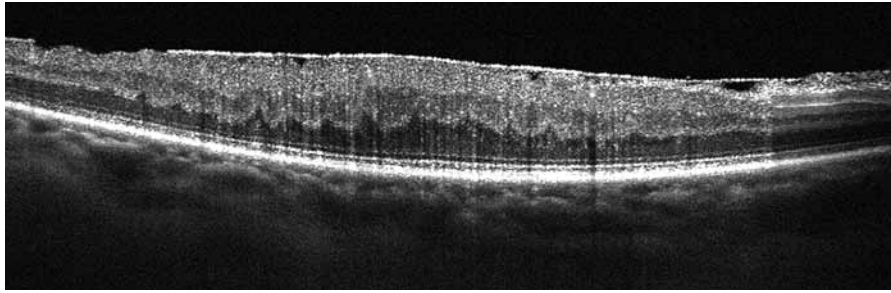


Рисунок 3.1. Эпиретинальная мембрана — Морфологические изменения — Деформация сетчатки — Исчезновение нормального профиля

Деформация поверхности сетчатки, исчезновение центральной ямки, диффузный региональный отек, наличие дифференцируемой эпиретинальной мембраны. Адгезия мембраны на поверхности сетчатки приводит к формированию редких небольших складок. В наружном ядерном слое отмечается диффузный отек. Наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров, хориоида не изменены.

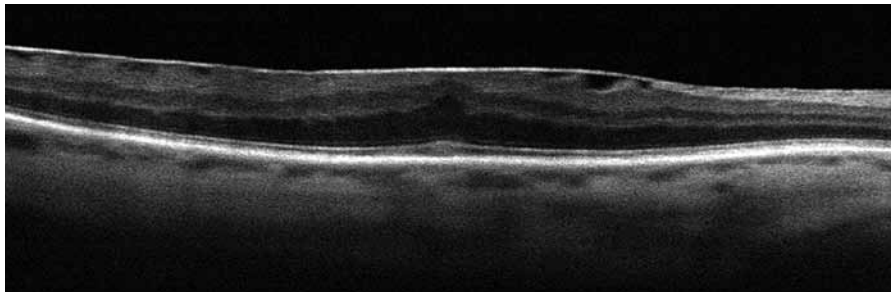


Рисунок 3.2. Макулярные складки — Морфологические изменения — Деформация сетчатки — Исчезновение нормального профиля

Деформация профиля сетчатки, складки сетчатки вызваны адгезией эпиретинальной мембраны с тракциями в поперечном направлении. Исчезновение центральной ямки. Сетчатка утолщена за счет диффузного отека. Наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов не изменены.

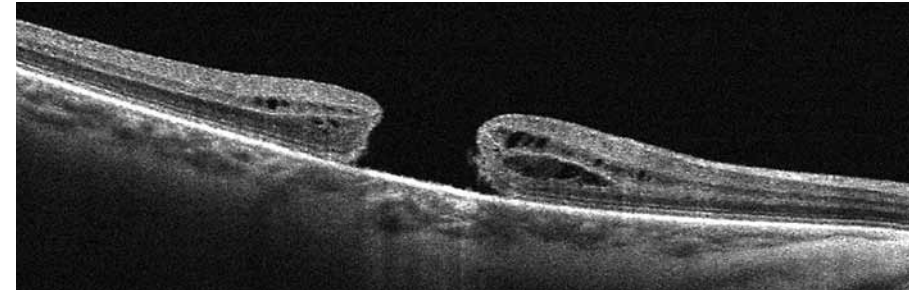


Рисунок 3.3. Сквозной макулярный разрыв — Морфологические изменения — Исчезновение нормального профиля

Резкая деформация профиля сетчатки, дефект всех ее слоев в центре. Толщина сетчатки по краям разрыва увеличена, полости кистовидного отека во внутренних и наружных слоях сетчатки. Наружный ядерный слой, наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов прерываются, что объясняет значительное снижение зрения.

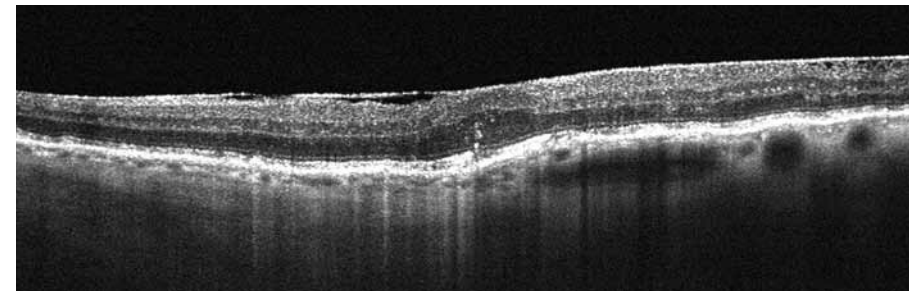


Рисунок 3.4. Эпиретинальная мембрана — Морфологические изменения — Деформация профиля

Деформация профиля сетчатки. Редкие складки сетчатки вследствие тракций в поперечном направлении со стороны плотно прилежащей эпиретинальной мембраны. Толщина сетчатки несколько увеличена за счет диффузного отека на уровне наружного ядерного слоя. Наружная пограничная мембрана практически не изменена, в то время как линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов неравномерна, отмечаются ее патологические утолщения и несколько локальных разрывов. Вследствие альтераций пигментного эпителия, особенно в левой половине изображения, сканирующий луч глубже проникает в хориоидею. В правой части изображения хориоида в норме, в левой — истончена и атрофически изменена.

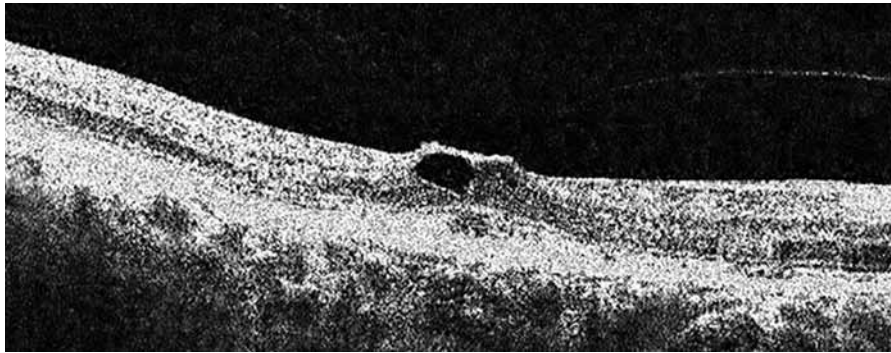


Рисунок 3.5. Витреоретинальная тракция — Деформация профиля — Структурные изменения

Задняя гиалоидная мембрана фиксируется к поверхности сетчатки, приводя к выраженной тракции в передне-заднем направлении. Тракция вызвала образование одной трапециевидной полости под поверхностью сетчатки.

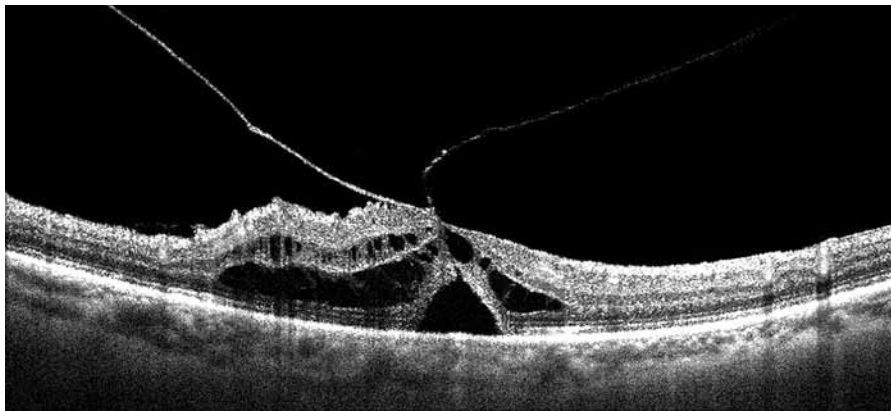


Рисунок 3.6. Витреоретинальная тракция — Формирующийся макулярный разрыв — Деформация профиля — Структурные изменения

Витреоретинальная тракция возникла внезапно у 60-летнего пациента, у которого на томограмме две недели назад патологических изменений не определялось. Острота зрения снизилась от 1,0 до 0,7. Задняя гиалоидная мембрана частично отслоена, фиксирована к поверхности сетчатки в фовеа и оказывает сильное тракционное воздействие в передне-заднем направлении. Имеются множественные интратетинальные полости отека, наиболее крупная из которых находится под поверхностью сетчатки. Формируется центральный разрыв сетчатки.

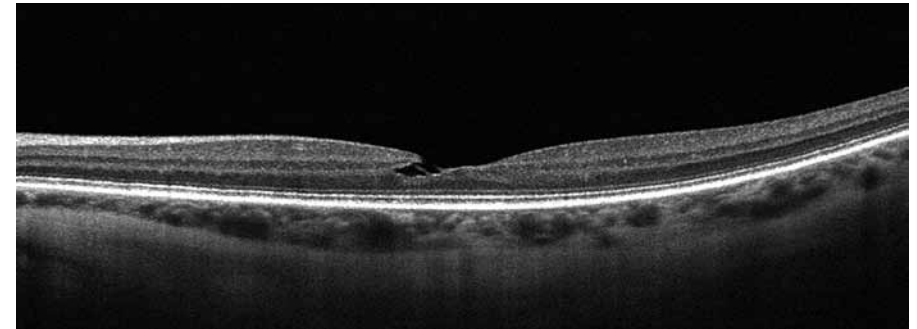


Рисунок 3.7. Асимметричный ламеллярный разрыв — Морфологические изменения — Деформация профиля

Деформация профиля сетчатки. На уровне наружного плексиформного слоя визуализируется асимметричная горизонтальная щель. На уровне ядерных слоев видны мелкие оптически пустые полости, связанные с отеком. Наружный ядерный слой, наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров сохранены, что объясняет высокую остроту зрения пациента.

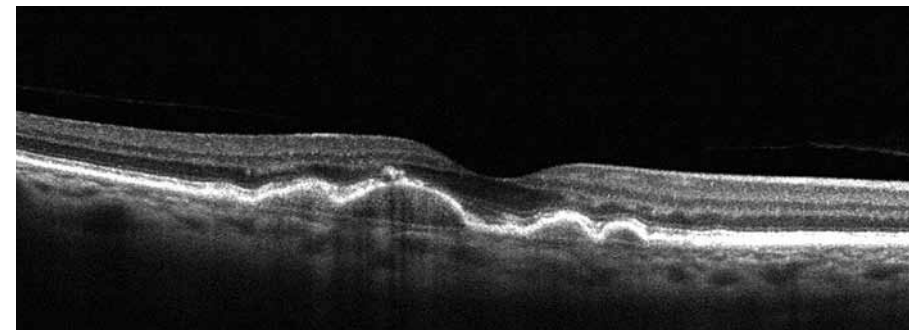
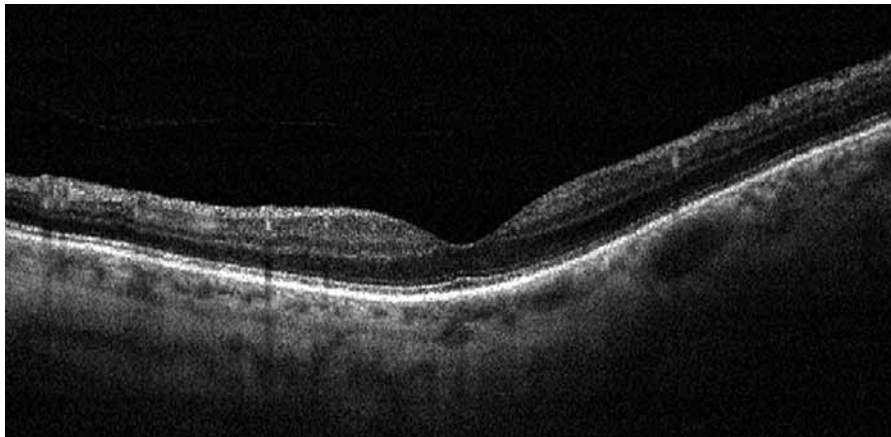


Рисунок 3.8. Друзы — Глубокие морфологические изменения

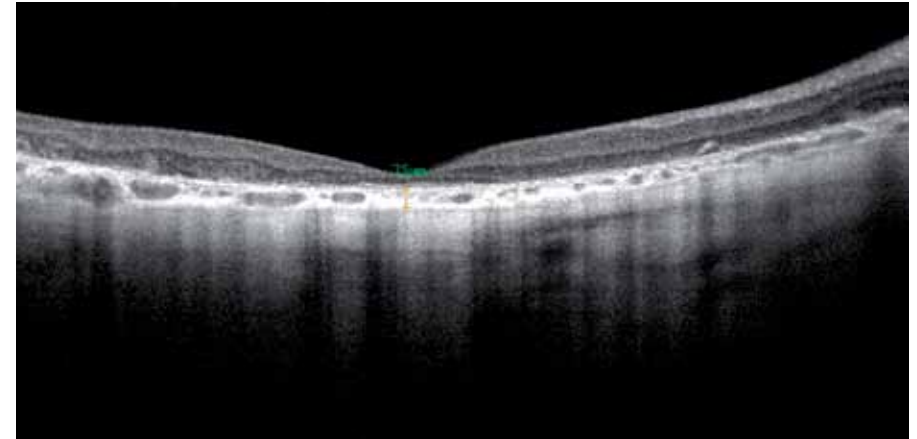
Друзы характеризуются средней рефлективностью и приводят к волнообразной деформации линии пигментного эпителия. Определяются альтерации наружного ядерного слоя, наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. В фовеа наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов прерываются. Мембрана Бруха выглядит как тонкая рефлективная горизонтальная линия. Толщина хориоидеи снижена.

Хориоидея

Сосуды хориоидеи гипорефлективны. На томограмме можно выделить слой средних хориоидальных сосудов Сатлера и слой крупных сосудов Галлера. Каждый слой может быть утолщен или истончен в зависимости от имеющейся патологии, возраста и рефракции. Оптическая плотность соединительной ткани между сосудами также может варьировать. Темная пластинка склеры (*lamina fusca*) выглядит как тонкая линия. Обычно супрахориоидальное пространство не визуализируется, за исключением случаев определенной патологии.

**Рисунок 3.9. Хориоидея в норме**

На скане сетчатка не изменена, все слои отчетливо различимы; в области фовеа толщина хориоидеи составляет около 150 микрон; одинаково хорошо просматриваются слой средних сосудов Сатлера и слой крупных сосудов Галлера. Темная линия между хориоидеей и склерой представляет собой темную пластинку склеры (*lamina fusca*) и виртуальное супрахориоидальное пространство. Под фовеа визуализируется склера с косыми интрасклеральными каналами. Интерстициальная ткань обладает нормальной рефлективностью.

**Рисунок 3.10. Субатрофия хориоидеи**

Клинический случай атрофической формы возрастной макулярной дегенерации. Метки установлены на наружный край пигментного эпителия и наружную границу различимой хориоидеи. Толщина хориоидеи значительно снижена (75 микрон). Стенки хориоидальных сосудов гиперрефлективны.

Таблица 3.2 — Морфологические изменения

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Деформация всей сетчатки: конкав-деформация при миопии высокой степени, стафиломе склеры; конвекс-деформация при опухоли хориоидеи и др. патологических состояниях • Деформация ретинального профиля | <ul style="list-style-type: none"> • Морфологические интратретинальные изменения • Изменения пигментного эпителия и мембраны Бруха |
|---|--|

Таблица 3.3 — Ретинальный профиль В-скана

<ul style="list-style-type: none"> • Нормальный профиль • Расширение центральной ямки • Сглаженность контура центральной ямки • Асимметричный контур центральной ямки • Отсутствие центральной ямки • Куполообразная деформация профиля • Конвекс-деформация вследствие отека или тракции вместо центральной ямки 	<ul style="list-style-type: none"> • Деформация профиля вследствие локальной витреоретинальной тракции • Деформация профиля вследствие распространенной витреоретинальной тракции • Волнистость ретинального профиля, связанная с ретинальными складками • Складчатость ретинального профиля, связанная с крупными ретинальными складками
--	---

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ СЕТЧАТКИ — СЕГМЕНТАЦИЯ

Анализ структуры подразумевает исследование расположения и взаимоотношения отдельных элементов ткани, в нашем случае — сетчатки. Сегментация предполагает выделение элемента, который представляет собой отдельную слоистую структуру сетчатки.

Сетчатка состоит из комплекса слоистых структур, образованных клетками, волокнами и капиллярами, которые формируют эффективные барьеры.

Горизонтальные и вертикальные элементы поддерживают структуру сетчатки, определяют локализацию, размер и форму экссудата, кровоизлияний и кистовидных полостей, которые мы можем визуализировать с помощью ОКТ, а также блокируют распространение патологических процессов.

Внутренняя структура сетчатки на томограмме представляет собой полосы гомогенной рефлексивности, как более высокой, так и более низкой.

При анализе томограммы сначала следует проанализировать каждый слой сетчатки. В случае выявления патологии изучается соотношение между слоями.

Сегментация изображения ОКТ предполагает автоматическое выделение отдельных слоев или группы слоев. Метод сегментации стал важным шагом вперед в детальном изучении ретинальной патологии. В томографах предыдущих поколений метод сегментации заключался в идентификации только слоя нервных волокон. До настоящего времени изучение толщины слоя нервных волокон сохраняет первостепенную важность в диагностике и мониторинге глаукомы.

Современные томографы позволяют провести сегментацию хориоретинальных слоев как в формате 2D, так и 3D. Сегментация проводится на основании анализа рефлексивности отдельных слоев сетчатки.

Томограф Optovue позволяет получить серию В-сканов с реконструкцией трехмерного изображения ткани, которое можно исследовать с различных сторон. Далее программа позволяет убрать отдельные слои и визуализировать оставшиеся, в том числе слой нервных волокон, внутреннюю и наружную сетчатку, пигментный эпителий и хориоидею. Возможно также выделение плоскости внутренней пограничной мембраны, пигментного эпителия, а также нейросенсорной сетчатки от внутренней пограничной мембраны до пигментного эпителия.

Возможно проведение 3D реконструкции поверхности сетчатки, слоя пигментного эпителия или других слоев. Эта функция прибора очень полезна в образовательных целях.

Внутренняя и наружная сетчатка

Томограф Optovue позволяет быстро и точно проводить сегментацию внутренних и наружных слоев сетчатки.

К внутренней сетчатке относятся слой нервных волокон, образованный аксонами ганглиозных клеток, слой ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой, где ганглиозные клетки формируют синапсы с биполярными клетками. Эти три слоя образуют комплекс ганглиозных клеток, который истончается по мере апоптоза ганглиозных клеток при прогрессировании глаукомы. Комплекс ганглиозных клеток также очень чувствителен к повреждениям, вызванным ишемией сетчатки при артериальной окклюзии.

Наружная сетчатка включает слои между пигментным эпителием и внутренним плексиформным слоем. В ней выделяют сочленение наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, наружный ядерный слой, состоящий из ядер фоторецепторных клеток, наружный плексиформный слой и внутренний ядерный слой.

Метод сегментации позволяет отдельно измерить толщину и объем внутренней и наружной сетчатки, изучить локальные изменения ретинальных слоев, анализируя их с помощью карт и 3D изображений.

В настоящее время возможна сегментация части элементов. Приборы следующего поколения позволят сегментировать каждый слой сетчатки, выделять ретинальные мембраны и сочленения.

В ряде случаев корректное сегментирование оказывается невозможным. Слоистая структура сетчатки может резко измениться в результате патологии. Например, не следует полагаться на данные сегментации в случае ретинального отека. В то время как сегментация здоровой сетчатки может быть выполнена почти с идеальной точностью, в случаях наличия включений, отека или выраженной атрофии слоев сетчатки линии сегментации становятся некорректными, программа не может отследить границы заданного слоя сетчатки.

В современных приборах метод сегментации помогает выявить не слишком выраженные изменения сетчатки. Например, в случае острого эпителиита, синдрома множественных «летучих» белых пятен, острой зональной

скрытой наружной ретинопатии или при отравлении тамоксифеном, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов на томограмме становится менее рефлективной, расфокусированной, прерывистой, пунктирной или может отсутствовать.

Врожденный и приобретенный ретиношизис представляет собой спонтанное разделение слоев сетчатки и является отличным примером патологической сегментации.

Таблица 3.4 — Этиология ретиношизиса

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Макулярный ювенильный X-хромосомный ретиношизис • Приобретенный периферический ретиношизис взрослых • Витрео-тапеторетинальная дегенерация Фавре-Гольдмана <p>Вторичный ретиношизис возникает в результате:</p> <ul style="list-style-type: none"> • тракционного воздействия • воспалительного процесса. | <p>Вторичный ретиношизис может сопровождать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формирующийся разрыв сетчатки • миопию высокой степени • ямку диска зрительного нерва • синдром Вагнера и др. |
|--|--|

Таблица 3.5 — Ядерные и плексиформные слои

- Оценка толщины, рефлективности и возможных аномальных образований
- В случае аномалий следует оценить изменения толщины каждого из слоев

Таблица 3.6 — Внутренний ядерный слой

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Нормальный • Снижение общей толщины • Снижение толщины на отдельных участках • Увеличение толщины | <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение толщины вследствие кистовидного отека • Наличие экссудата в толще слоя • Полное исчезновение внутреннего ядерного слоя |
|--|---|

Таблица 3.7 — Наружный ядерный слой

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Нормальный • Снижение общей толщины • Локальное снижение толщины • Точечное снижение толщины • Увеличение толщины | <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение толщины вследствие кистовидного отека • Наличие экссудата или иного патологического материала • Полное исчезновение наружного ядерного слоя |
|---|--|

Таблица 3.8 — Наружная пограничная мембрана (общая характеристика)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Целостность • Непрерывность | <ul style="list-style-type: none"> • Рефлективность • Аномальные структуры |
|--|--|

Таблица 3.9 — Наружная пограничная мембрана

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Нормальный линейный вид • Деформированность при элевации пигментного эпителия • Утолщение и альтерации • Бледность, расфокусированность | <ul style="list-style-type: none"> • Прерывистость на отдельных участках (пунктирный контур) • Не визуализируется • Отсутствует |
|--|--|

Таблица 3.10 — Линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов (общая характеристика)

- Целостность
- Непрерывность
- Аномальные структуры

Таблица 3.11 — Линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Нормальный линейный вид • Деформированность при элевации пигментного эпителия • Утолщение и альтерации • Бледность, расфокусированность | <ul style="list-style-type: none"> • Прерывистость на отдельных участках (пунктирный контур) • Не визуализируется • Отсутствует |
|--|--|

Таблица 3.12 — Пигментный эпителий

<ul style="list-style-type: none"> • Нормальный, визуализируются три полосы • Нормальный, но полосы не дифференцируются вследствие их слияния • Утолщен • Истончен • Неравномерной толщины вследствие исчезновения одной или двух полос • Аномальный вид полос • Аномальное выделение полос • Фрагментация пигментного эпителия 	<ul style="list-style-type: none"> • Дезорганизация пигментного эпителия • Волнистость линии (друзы) • Элевация (отслойка пигментного эпителия) • Наличие аномальных тканей в контакте с пигментным эпителием: фиброваскулярная ткань, неоваскулярная ткань, отложения липофусцина • Повышенная рефлективность вследствие обратного рассеивания • Деформация слоя пигментного эпителия аномальной тканью • Аномальные структуры
---	--

Таблица 3.13 — Мембрана Бруха

<ul style="list-style-type: none"> • Видимость • Целостность 	<ul style="list-style-type: none"> • Протяженность • Непрерывность
--	--

Таблица 3.14 — Заболевания, при которых отмечается повреждение наружных слоев сетчатки

<ul style="list-style-type: none"> • Макулярная дегенерация • Макулярный ретиношизис • Острая и хроническая ЦСХ • Травматическая эпителиопатия Гетчинсона • Венозная окклюзия • Артериальная окклюзия • Eclips ретинопатия 	<ul style="list-style-type: none"> • Острый ретинит • Болезнь Беста • Синдром множественных «летучих» белых пятен • Острая зональная скрытая наружная ретинопатия • Отравление тамоксифеном
---	--

Таблица 3.15 — Патологические состояния, для которых характерны субретинальные отложения

<ul style="list-style-type: none"> • Макулярная дегенерация • Хориоидальная неоваскуляризация • Кровоизлияние 	<ul style="list-style-type: none"> • Болезнь Беста • Отравление тамоксифеном
--	--

Таблица 3.16 — Состояния, при которых отмечается изолированное повреждение наружных слоев сетчатки

<ul style="list-style-type: none"> • Небольшие серозные отслойки нейрорепителия • Небольшие серозные отслойки пигментного эпителия • Друзы

Таблица 3.17 — Патологические состояния, для которых характерно повреждение внутренних слоев сетчатки

<ul style="list-style-type: none"> • Артериальная окклюзия • Ишемическая ретинопатия 	<ul style="list-style-type: none"> • Венозная окклюзия • Глаукома
--	---

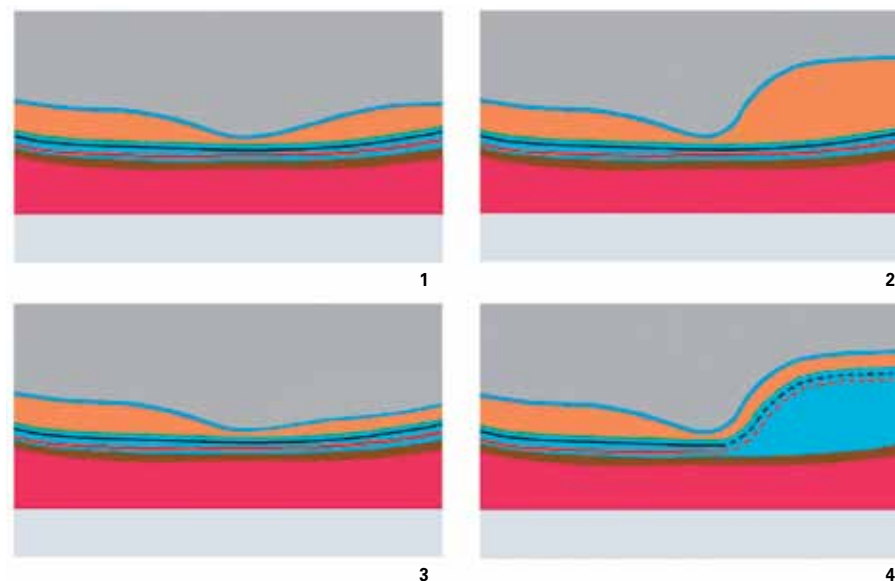


Схема 2. Сегментация:

1) здоровая сетчатка. Внутренние слои окрашены оранжевым цветом; наружные слои с наружной пограничной мембраной и линией сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов окрашены голубым. Ниже обозначены хориоидея и склера;

2) окклюзия артериальной ветви с отеком внутренних слоев сетчатки;

3) результат окклюзии ветви артерии с атрофией внутренних слоев сетчатки;

4) окклюзия венозной ветви с отеком, локализованным в наружных слоях сетчатки

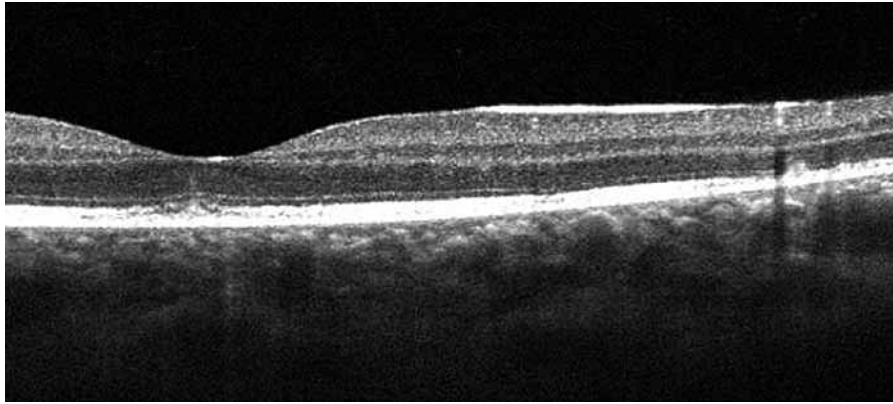


Рисунок 3.11. Изолированное повреждение линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов — Синдром множественных «летучих» белых пятен — Морфологические изменения — Сегментация

У 18-летнего юноши внезапно снизилось зрение до 0,5. Линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов на томограмме значительно изменена, прерывиста, полностью отсутствует на уровне фовеа. На уровне наружной пограничной мембраны и наружного ядерного слоя отмечается небольшое утолщение. Остальная сетчатка — в норме. Комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров сохранен. В хориоидее отмечается увеличение диаметра сосудов. Месяц спустя зрение пациента восстановилось до 1,0, изменения на ОКТ исчезли.

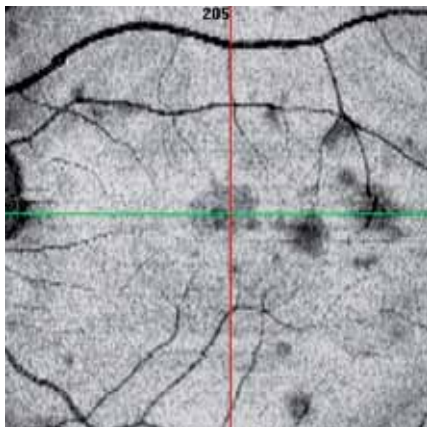


Рисунок 3.12. Изолированные повреждения линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов — Изображение «en face»

Изображение «en face» получено точно на уровне линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, толщина среза — 12 микрон, срез соответствует изгибу слоя пигментного эпителия. На изображении видна топография потери ткани на уровне фовеа, а также в височной половине макулы.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФЛЕКТИВНОСТИ

Рефлективность каждого слоя является основой анализа с помощью ОКТ. Рефлективность тканевой структуры может быть повышена, снижена, кроме того, возможно появление затененных областей.

Высокая рефлективность

Высокая поверхностная и глубокая рефлективность

Образования с высокой рефлективностью обсуждаются в главе, посвященной патологическим изменениям.

Недавнее лазерное воздействие выглядит как вертикальная полоса повышенной рефлективности от слоя нервных волокон до пигментного эпителия с альтерациями на уровне фоторецепторов.

При ряде офтальмонологий можно наблюдать наличие аномальной ткани (фиброваскулярной ткани, активной неоваскулярной мембраны, депозитов липофусцина, тамоксифена), контактирующей с пигментным эпителием и вызывающей деформацию слоя.

Повышенное проникновение сканирующего луча в подлежащие структуры

Атрофия сетчатки и пигментного эпителия приводит к повышенному проникновению сканирующего луча в подлежащие ткани.

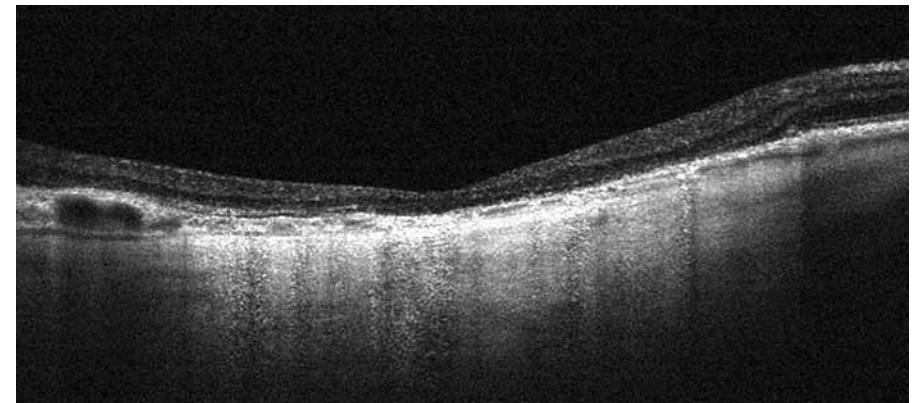


Рисунок 3.13. Атрофия сетчатки — Повышенная глубокая рефлективность в результате атрофии сетчатки и пигментного эпителия

Сетчатка истончена. Наружный ядерный слой, содержащий ядра фоторецепторов, резко истончается и полностью прерывается на границе с зоной атрофии. Наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов визуализируются частично. Выяв-

ляются альтерации слоя пигментного эпителия. Мембрана Бруха визуализируется как тонкая гиперрефлективная линия. Атрофия нейроэпителия позволяет большему количеству лучей доходить до хориоидеи. Видны суженные склерозированные сосуды хориоидеи.

Низкая рефлективность

Скопление жидкости

ОКТ помогает выявить, локализовать и оценить скопление жидкости, определить ее характер: плазма, кровь или иное. В случаях патологии возможно интратетинальное и субретинальное скопление жидкости.

Форма и локализация скопления жидкости определяются инфраструктурой сетчатки, а именно наличием вертикальных и горизонтальных ретинальных барьеров. Жидкость накапливается в толще нейроэпителия в виде полостей с четкими границами, различных размеров, от минимальных до очень крупных.

Интратетинальное скопление жидкости: ретинальный отек. Выделяют диффузный отек (диаметр интратетинальных полостей менее 50 мкм), кистовидный отек (диаметр интратетинальных полостей более 50 мкм). Для описания интратетинального скопления жидкости используют термины «кисты», «микрокисты», «псевдокисты».

Субретинальное скопление жидкости: серозная отслойка нейроэпителия. На томограмме выявляется элевация нейроэпителия на уровне кончиков палочек и колбочек с оптически пустым пространством под зоной элевации. Угол отслоенного нейроэпителия с пигментным эпителием составляет менее 30 градусов. Серозная отслойка может быть идиопатической, связанной с острой или хронической ЦСХ, а также сопровождать развитие хориоидальной неоваскуляризации. Реже обнаруживается при ангиоидных полосах, хориоидите, хориоидальных новообразованиях и т.д.

Субпигментное скопление жидкости: отслойка пигментного эпителия. Выявляется элевация слоя пигментного эпителия над мембраной Бруха. Источником жидкости являются хориокапилляры. Часто отслойка пигментного эпителия образует с мембраной Бруха угол 70-90 градусов, но всегда превышает 45 градусов.

Таблица 3.18 — Содержимое отслойки

<p>Отслойка может быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оптически пустой — в случае серозной отслойки. Мембрана Бруха/хориокапилляры хорошо визуализируются; • корпускулярной — в случае воспалительного экссудата или сенильной дегенерации; 	<ul style="list-style-type: none"> • геморрагической — оптически заполненное пространство, много частиц с эффектом «тени». Мембрана Бруха/хориокапилляры не визуализируются, так как кровь абсорбирует лучи света; • заполненной фиброваскулярной тканью с фиброзными или сосудистыми структурами
---	---

Таблица 3.19 — Частые причины диффузного макулярного отека

<ul style="list-style-type: none"> • Диабетическая ретинопатия • Венозные окклюзии (ЦВС или ее ветвей) 	<ul style="list-style-type: none"> • Гипертоническая ретинопатия • Витреоретинальный тракционный синдром
--	--

Таблица 3.20 — Причины кистовидного макулярного отека

<ul style="list-style-type: none"> • Диабетическая ретинопатия • Венозные окклюзии • Диффузная ретинальная эпителиопатия (хроническая ЦСХ) • Синдром Ирвин-Гасса • Возрастная макулярная дегенерация 	<ul style="list-style-type: none"> • Синдром витреоретинального интерфейса • Пигментный ретинит • Увеит, иридоциклит, хориоидит • Birdshot ретинопатия • Редкие причины
---	--

Таблица 3.21 — Дифференциальная диагностика макулярного кистовидного отека

<ul style="list-style-type: none"> • Макулярный ретиношизис • Формирующийся макулярный разрыв 	<ul style="list-style-type: none"> • Макулярный разрыв или псевдоразрыв • Микрокистозная дегенерация
---	--

Таблица 3.22 — Диабетическая макулопатия

- | | |
|------------------------------------|--|
| • Макулопатия с диффузным отеком | • Ишемическая макулопатия |
| • Макулопатия с кистовидным отеком | • Тракционный синдром |
| • Серозная отслойка нейроэпителия | • Смешанная сосудистая и тракционная макулопатия |

Таблица 3.23 — Причины отслойки нейроэпителия

- | | |
|---|--|
| • Центральная серозная хориоретинопатия | • Болезнь Коатса |
| • Диффузная ретинальная эпителиопатия (хроническая ЦСХ) | • Болезнь Беста, псевдовителлиформная дегенерация |
| • Хориоидальная неоваскуляризация | • Ретинальный ангиоматоз |
| • Ямка диска зрительного нерва | • Хориоидальные новообразования (невусы, ангиомы, меланомы, метастазы) |
| • Диабетическая ретинопатия | • Субретинальные паразитарные кисты |
| • Болезнь Харада | • Редкие причины |
| • Хориоидит | |

Таблица 3.24 — Причины серозной отслойки пигментного эпителия

- | | |
|---|--|
| • Центральная серозная хориоретинопатия | • Идиопатическая |
| • Диффузная ретинальная эпителиопатия (хроническая ЦСХ) | • Хориоидальные новообразования (невусы, ангиомы, меланомы, метастазы) |
| • Хориоидальная неоваскуляризация | • Субретинальные паразитарные кисты |
| • Болезнь Харада | • Редкие причины |

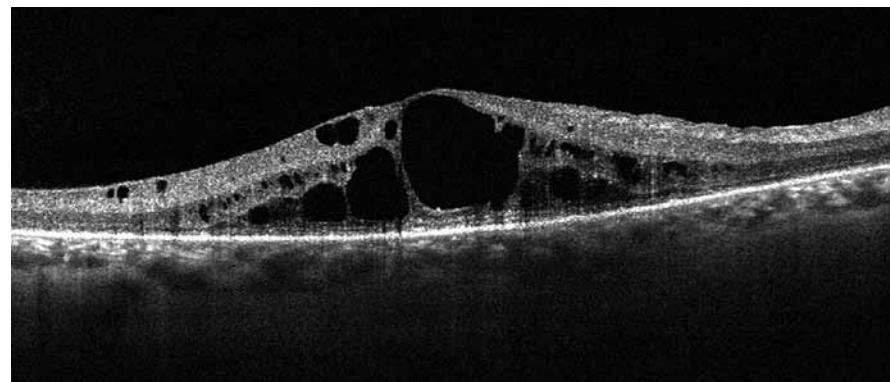


Рисунок 3.14. Макулярный кистовидный отек — Структурные изменения — Низкая рефлективность

Сетчатка значительно утолщена, куполообразная деформация профиля, скопление жидкости в интратретинальных камерах на уровне фовеа и волокон Генле. Появляясь сначала во внутреннем и наружном ядерных слоях, камеры в дальнейшем сливаются и занимают всю толщу сетчатки. Большая центральная камера на данном изображении занимает всю толщу сетчатки с сохранением ее тонкого поверхностного слоя. Форма полостей определяется их положением между горизонтальными (плексиформные слои) и вертикальными ретинальными структурами.

Выявляются выраженные альтерации на уровне наружного ядерного слоя. Наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов дезорганизованы, однако комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров выглядит сохранным.

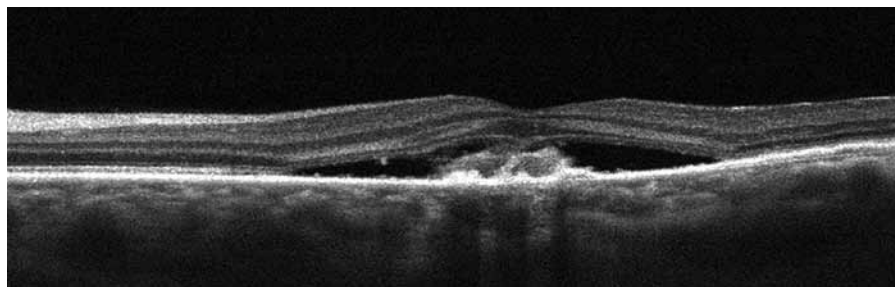


Рисунок 3.15. Отслойка нейроэпителия в случае хронической эпителиопатии — Структурные изменения — Низкая рефлексивность — Оптически пустые пространства

Под отслоенным нейроэпителием определяется оптически пустое пространство, содержащее включение гиперрефлективного вещества, вероятно, липофусцина. Отслоенная сетчатка формирует с пигментным эпителием угол около 15 градусов. Наружный ядерный слой, содержащий ядра фоторецепторов, наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов приподняты, выявляются небольшие альтерации на уровне наружных сегментов фоторецепторов.

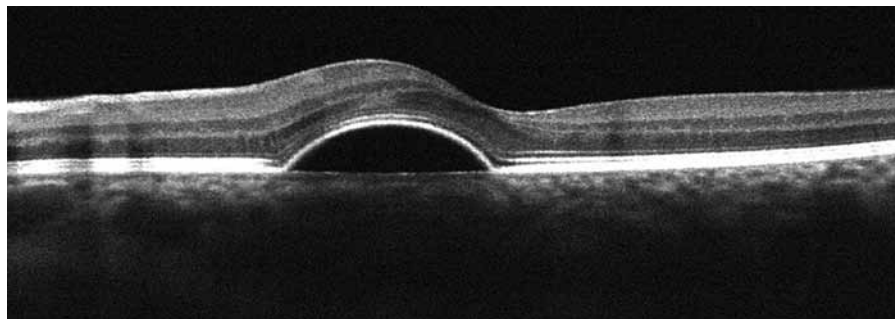


Рисунок 3.16. Отслойка пигментного эпителия в случае острой эпителиопатии — Структурные изменения — Низкая рефлексивность — Оптически пустое пространство

Жидкость, исходящая из хориокапилляров, аккумулируется между мембраной Бруха и пигментным эпителием, приводя к куполообразной отслойке последнего. Отслойка пигментного эпителия с мембраной Бруха образует угол более 45 градусов. Наружный ядерный слой, наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, пигментный эпителий сохранены и расположены параллельно отслойке. Мембрана Бруха выглядит как тонкая гиперрефлективная линия.

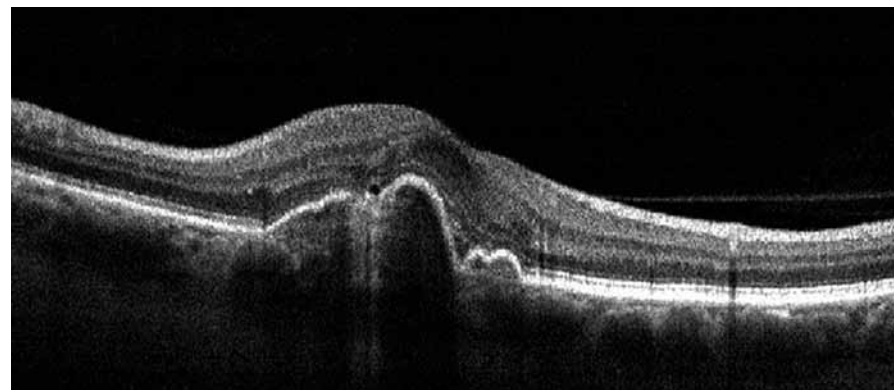


Рисунок 3.17. Отслойка пигментного эпителия, связанная со скрытой хориоидальной неоваскуляризацией при возрастной макулярной дегенерации — Структурные изменения — Низкая рефлексивность — Оптически пустые пространства

Пигментный эпителий отслоен от мембраны Бруха, последняя не визуализируется. Отслойка неправильной куполообразной формы, под зоной отслойки аккумулируется относительно гиперрефлективная жидкость. Наружный ядерный слой несколько утолщен. Наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов в проекции отслойки резко изменены или отсутствуют. Имеется локальная отслойка нейроэпителия. Скрытая мембрана на этом скане не видна, но выявляются косвенные признаки ее наличия: отек сетчатки, отслойка нейроэпителия, альтерации наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

АНОМАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Аномальные образования на поверхности сетчатки

ОКТ позволяет оценить оптическую плотность, толщину и локализацию эпиретинальных мембран. Преретинальные, или эпиретинальные, мембраны могут быть очень тонкими или хорошо выраженными за счет большого количества фиброглияльных элементов. В последнем случае они становятся гиперрефлективными. Сама мембрана может плотно прилежать, сливаясь с внутренней пограничной мембраной, либо частично или полностью от нее отслаиваться.

В случаях отслойки задней гиалоидной мембраны она хорошо различима на томограммах как рефлективная тонкая линия. Иногда задняя гиалоидная мембрана фиксируется к определенным зонам поверхности сетчатки.

Мембраны могут оказывать тракционное воздействие на ретинальный профиль, вызывая его деформацию. Образованная глиальной тканью, прилегающей к сосудистым аркадам, массивная преретинальная мембрана сокращается, формируя ретинальные складки. Как правило, в области мембраны складки расположены в поперечном направлении, за пределами мембраны — радиально.

Инtrarетинальные аномальные образования

Ватообразные фокусы: характеризуются высокой рефлективностью на уровне поверхностных слоев сетчатки, варьируют по размеру. Их появление связано с ишемическим повреждением нервных волокон.

Геморрагии: плотные геморрагии затеяют подлежащие структуры.

Твердые экссудаты: локализованы чаще в наружных слоях сетчатки, представляют собой скопление липопротеинов. Их форма и расположение определяются структурой сетчатки. Как правило, липопротеины осаждаются в наружном плексиформном и наружном ядерном слоях на границе отечной и нормальной сетчатки. В далеко зашедших случаях эти экссудаты выявляются также во внутреннем плексиформном и внутреннем ядерном слоях.

Глубокие аномальные образования

Далеко зашедшие стадии макулярной дегенерации характеризуются появлением фиброзных рубцов в виде значительно гиперрефлективных очагов, деформирующих профиль сетчатки и разрушающих нормальную структуру нейроретиниального эпителия. Пигментные рубцы дают эффект «тени» на подлежащие структуры.

Как правило, неоваскулярные мембраны у молодых близоруких пациентов и классическая хориоидальная неоваскуляризация при возрастной макулярной дегенерации выглядят как веретенообразные утолщения, расположенные в непосредственном контакте со слоем пигментного эпителия. В случае активности они всегда сопровождаются интра- и/или субретинальным скоплением жидкости. Длительно существующую неоваскулярную мембрану становится достаточно сложно идентифицировать. При существовании в течение

нескольких месяцев неоваскулярные мембраны выглядят как утолщение комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров с разрушением структуры комплекса и отеком или серозной отслойкой прилегающей сетчатки.

Скрытые неоваскулярные мембраны на томограмме сложно идентифицировать: они могут выглядеть как неравномерное утолщение комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров с определенной степенью дезорганизации пигментного эпителия. При активности они всегда сопровождаются интра- и/или субретинальным скоплением жидкости.

Таблица 3.25 — Аномальные образования

- На поверхности сетчатки
- Инtrarетинальные
- Глубокие

Таблица 3.26 — Заболевания, при которых встречаются ватообразные фокусы

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Диабетическая ретинопатия • Гипертоническая ретинопатия • Токсикоз беременных • Анемия • Лейкемия, болезнь Ходжкина | <p>Редкие причины:</p> <ul style="list-style-type: none"> • индийский висцеральный лейшманиоз (кала-азар) • лептоспироз • диссеминированная красная волчанка • ретинопатия Путчера |
|---|---|

Таблица 3.27 — Заболевания, при которых встречаются твердые экссудаты

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Диабетическая ретинопатия • Гипертоническая ретинопатия • Радиационная ретинопатия | <ul style="list-style-type: none"> • Болезнь Коатса • Влажная форма макулярной дегенерации |
|--|--|

Таблица 3.28 — Заболевания, сопровождающиеся развитием неоваскулярных мембран

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Возрастная макулярная дегенерация • Диффузная ретинальная эпителиопатия (хроническая ЦСХ) • Осложненная миопия высокой степени • Увеит, иридоциклит, хориоидит | <ul style="list-style-type: none"> • Burdshot ретинопатия • Псевдовителлиформная дегенерация • Невусы • Остеомы • Редкие причины |
|---|---|

Таблица 3.29 — Аномальные структуры и образования

Высокая рефлексивность	Низкая рефлексивность
<ul style="list-style-type: none"> • Накопление патологического вещества (липофусцин, тамоксифен) • Гипертрофия пигментного эпителия • Невус • Рубцовая ткань • Геморрагии • Твердые экссудаты • Неоваскулярные мембраны: веретенообразные, вытянутые, округлые, узловатые 	<ul style="list-style-type: none"> • Полости, кисты • Шизис • Отслойка • Затененная область

Таблица 3.30 — Аномальные образования с высокой рефлексивностью

Поверхностные образования	Глубокие образования
<ul style="list-style-type: none"> • Эпиретинальные мембраны 	<ul style="list-style-type: none"> • Отложение липофусцина • Включения тамоксифена • Гиперплазия пигментного эпителия • Атрофия пигментного эпителия с повышенным проникновением сканирующего луча • Классические и скрытые неоваскулярные мембраны
Инtrarетинальные образования <ul style="list-style-type: none"> • Воспалительные инфильтраты • Ватообразные фокусы • Геморрагии • Твердые экссудаты 	

Таблица 3.31 — Структуры с низкой рефлексивностью

<ul style="list-style-type: none"> • Инtrarетинальные полости (отек, шизис) • Экссудативные отслойки нейроэпителия 	<ul style="list-style-type: none"> • Отслойки пигментного эпителия • Гипопигментация пигментного эпителия
--	---

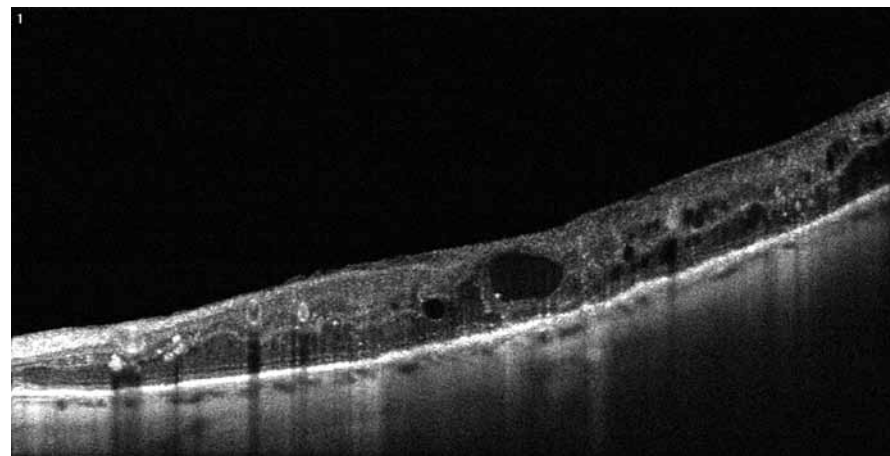


Рисунок 3.18. Экссудаты — Аномальные образования

Твердые экссудаты могут быть изолированными, как в данном случае диабетической ретинопатии, или формировать фигуру «звезды». Как правило, липопротеины откладываются на границе отечной и нормальной сетчатки. На томограмме выглядят как гиперрефлективные образования во внутреннем и наружном ядерном и плексиформном слоях, хотя могут располагаться в любом другом слое сетчатки. Форма и расположение экссудатов определяется наличием параллельных слоев и вертикальных структур сетчатки. Наружная пограничная мембрана, линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров прерываются тенью (эффект экранирования), отбрасываемой от экссудата на подлежащие структуры. Кроме того, отмечаются локальные альтерации наружной пограничной мембраны и линии сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Визуализируется тонкая эпиретинальная мембрана с плотной адгезией к поверхности сетчатки. Хориоида резко истончена.

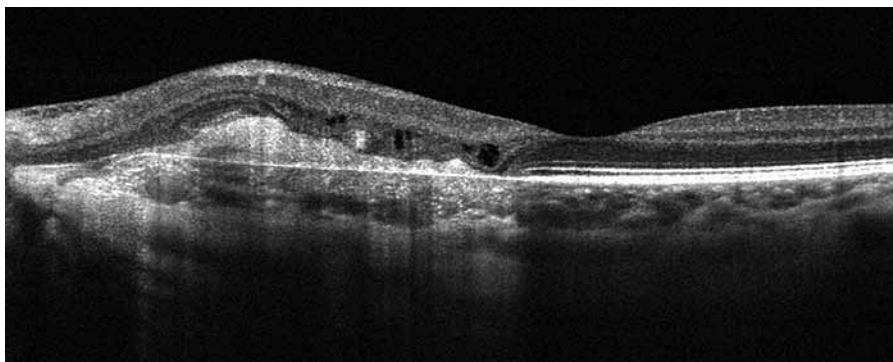


Рисунок 3.19. Классическая неоваскулярная мембрана — ВМД — Аномальное образование

Патологическая ткань с неравномерной рефлексивностью, соответствующая субретинальной мембране, располагается непосредственно перед измененным пигментным эпителием. Толщина сетчатки увеличена за счет диффузного отека и нескольких оптически пустых полостей кистовидного отека на уровне ядерных слоев. Наружный ядерный слой, наружная пограничная мембрана и линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов разрушены, пигментный эпителий истончен и поврежден. Хориоидея несколько склерозирована, но ее толщина близка к норме.

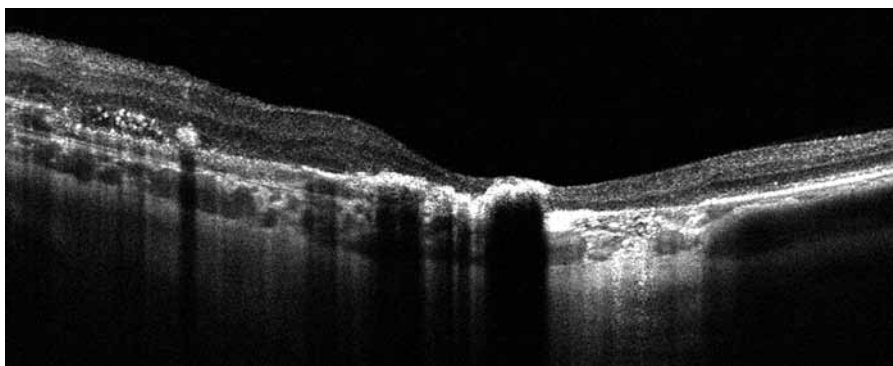


Рисунок 3.20. Отложение пигмента — Аномальные образования

В зоне хориоретинальной атрофии, соответствующей «старому» рубцу, отмечается повышенное проникновение сканирующего луча в подлежащие структуры. Фокусы отложения пигмента создают выраженный эффект экранирования.

ЗАТЕНЕННЫЕ ОБЛАСТИ (ЭФФЕКТ ЭКРАНИРОВАНИЯ, ЭФФЕКТ ТЕНИ)

Ткань с высокой оптической плотностью может вести себя как полный или неполный экран, затеняя подлежащие структуры.

Экранирующие образования могут располагаться перед сетчаткой, интра- или субретинально. Как правило, они единичны, но могут образовывать конгломераты.

Эффект тени в норме: сосуды сетчатки в норме выглядят как округлые образования или имеют форму песочных часов, создают теневой конус, который прерывает линию сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

Экранирующие образования, расположенные преретинально: плотное преретинальное кровоизлияние дает выраженный эффект тени.

Экранирующие образования, расположенные интаретинально: ватообразные фокусы в поверхностных слоях сетчатки, интаретинальные геморрагии дают эффект тени; твердые липидные экссудаты в глубоких слоях сетчатки отбрасывают плотную тень.

Экранирующие образования, расположенные субретинально: утолщение, гиперплазия и гипертрофия пигментного эпителия, пигментные образования (невусы, меланомы) имеют высокую оптическую плотность и дают эффект тени. Хориоидальный невус отличается повышенной рефлексивностью ниже комплекса пигментного эпителия — мембраны Бруха, отбрасывая тень на подлежащие структуры. Плотные субретинальные неоваскулярные мембраны, рубцы с пигментными отложениями формируют интенсивную теневую область.

Таблица 3.32 — Эффект тени — Экранирующий эффект

Интаретинальные структуры:	Субретинальные структуры:
<ul style="list-style-type: none"> • (Нормальные) сосуды сетчатки • Геморрагии • Экссудаты • Лазерные коагуляты 	<ul style="list-style-type: none"> • Рубец • Гипертрофия и гиперплазия пигментного эпителия • Хориоидальная неоваскулярная мембрана • Хориоидальный невус, меланома

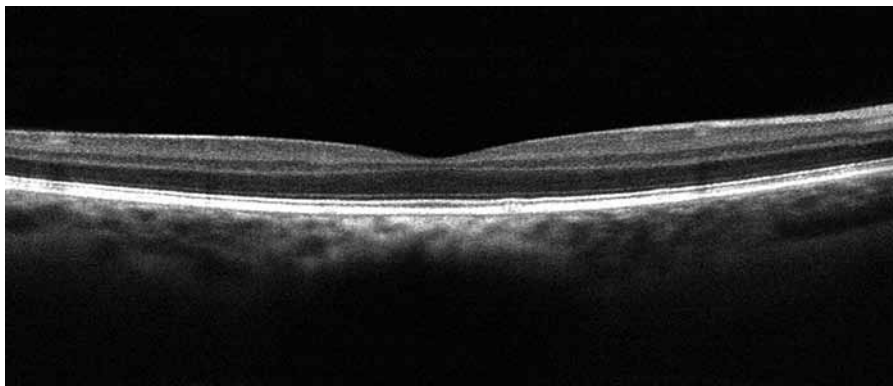


Рисунок 3.21. Хориоидальный невус — Глубокая высокая рефлексивность и эффект тени

В представленном случае хориоидального невуса на уровне фовеа отмечается нормальная структура сетчатки с сохранным слоем фоторецепторов, внутренней пограничной мембраной и линией сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров также в норме. Под пигментным эпителием в области, соответствующей невусу, хориоидея более рефлексивна. Гиперрефлексивность невуса вызвана пигментными включениями, которые создают эффект тени на глубокий слой хориоидеи.

ОКТ-изображение диска зрительного нерва

Сканы в горизонтальной плоскости помогают увидеть экскавацию диска зрительного нерва, ограниченную нервными волокнами с высокой рефлексивностью. Сетчатка заканчивается на границе с диском в точке окончания линии, соответствующей комплексу пигментного эпителия — хориокапилляров. Слой нервных волокон сетчатки переходит здесь в волокна зрительного нерва. Склеральное кольцо также может визуализироваться на срезе ОКТ.

Количественный анализ позволяет установить параметры диска зрительного нерва и экскавации на различных уровнях глубины.

Этот вопрос будет в деталях освещен в буклете «Патология диска зрительного нерва и глаукома».

Глава 4

Количественный анализ ОКТ при офтальмопатологии

Целью количественного анализа является оценка численных показателей при патологическом состоянии, а также в динамике консервативного, лазерного или хирургического лечения.

Линейные измерения аксиальных В-сканов

Большинство компьютерных программ отслеживают по крайней мере два маркера на ткани сетчатки.

Первый маркер соответствует витреоретинальному интерфейсу и одинаков у всех компьютерных программ, так как разделяет две контрастные структуры (витреальную «пустоту» и слой нервных волокон).

Второй маркер должен отметить линию пигментного эпителия. Однако, как стало понятно после появления спектральной ОКТ, пигментный эпителий визуализируется в виде нескольких полос и определяется как комплекс пигментного эпителия — хориокапилляров. Толщина этого комплекса достигает 60 микрон. В нем выделяются слои высокой и низкой рефлексивности. Компьютерная программа может выставить маркер по наружной или внутренней границе, либо внутри комплекса. Таким образом, показатель толщины сетчатки может варьировать в зависимости от используемой программы, что препятствует сравнению данных, полученных на различных приборах.

Третий маркер выставляется на уровне внутреннего плексиформного слоя и разделяет наружную и внутреннюю сетчатку.

Некоторые компьютерные программы последнего поколения выставляют дополнительные маркеры на уровне комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров.

Оценка фронтальных изображений

Получение серии параллельных линейных В-сканов позволяет реконструировать трехмерное изображение и проводить его диссекцию, получая плоские срезы или соответствующие кривизне заднего полюса.

При количественном анализе макулярной толщины и объема программа использует рассчитанную плоскость путем интерполяции каждого В-скана, формирующего трехмерное изображение.

Таким образом вычисляются отдельно карты наружной сетчатки, внутренней сетчатки и всей толщины сетчатки. Используя дополнительные маркеры комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров и убрав с изображения весь нейроэпителий, можно детально визуализировать морфологию друз и изменения слоя пигментного эпителия.

Некоторые программы расширяют возможности 3D вычислений до структур, расположенных ниже плоскости пигментного эпителия. Благодаря большой полосе пропускания спектрометра Optovue RTVue100 в 89% случаев возможно визуализировать слои хориоидеи до супрахориоидального пространства. Используя фронтальные сечения, соответствующие усредненному изгибу заднего полюса, можно выделить слой средних сосудов Саттлера и слой крупных сосудов Галлера. Слой Саттлера можно выделить при срезе малой толщины (<15 микрон), локализуя его сразу под комплексом пигментного эпителия — хориокапилляров (0-40 микрон). Крупные сосуды Галлера визуализируются при увеличении толщины среза (>20 микрон) и сканировании более глубоких слоев (100-120 микрон ниже комплекса пигментного эпителия — хориокапилляров). Еще более глубокое сканирование иногда помогает получить изображения артерий (характеризуются отчетливой формой «крючка»).

В настоящее время разработаны программы, позволяющие установить маркеры по трем осям.

Количественная сегментация

Сегментация слоя нервных волокон была первой функцией из соответствующего ряда. Ею снабжены все томографы с целью диагностики и мониторинга глаукомы.

Томограф Optovue позволяет проводить сегментацию и рассчитывать параметры внутренней сетчатки (комплекса ганглиозных клеток) и наружной сетчатки (слои между пигментным эпителием и внутренним плексиформным слоем). Следует помнить, что при наличии выраженных изменений структуры сетчатки результаты сегментации могут оказаться неточными.

Благодаря сегментации можно оценить толщину и объем внутренней и наружной сетчатки. Кроме того, становится возможным детальное исследование локальных изменений в слоях сетчатки. Каждый слой оценивается последовательно и сравнивается с показателями парного глаза.

Картирование сетчатки

Благодаря высокой скорости исследования спектральная технология сканирования значительно повысила точность и воспроизводимость карт макулярной области сетчатки. Приборы, основанные на данной технологии, позволяют получить от 8 до 60-80 В-сканов в секунду с высоким разрешением изображения. За 4 секунды прибор получает более 140 сканов, составляя точные ретинальные карты. В действительности, возможно получение по меньшей мере 12 радиальных сканов менее чем за 1 секунду и 64 горизонтальных (или «растровых») сканов примерно за 1,5 секунды.

Прибор Optovue рассчитывает ретинальные карты трехмерного изображения участка сетчатки размером 4×4 мм с помощью 141 горизонтального скана. Зона измерения ограничивается внутренней пограничной мембраной с одной стороны и пигментным эпителием — с другой. Ретинальная топографическая карта подразделяется на секторы с обозначением средней толщины и стандартного отклонения от нормы в каждом секторе. Кроме того, томограф Optovue позволяет отдельно рассчитать параметры внутренней и наружной сетчатки. Линией разграничения является внутренний плексиформный слой. Таким образом, мы можем получать карту всей толщины сетчатки или отдельные карты внутренней или наружной сетчатки в двухмерном или трехмерном изображении.

Карты фронтальных срезов могут быть представлены в виде сетки или уровневых кривых. В то же время на экране монитора отображаются сагитальные, горизонтальные или вертикальные сканы, которые можно просмотреть с помощью компьютерной мышки и оценить профиль каждого скана.

Прибор позволяет реконструировать карту элевации пигментного эпителия в сравнении с трехмерной презентацией референтного слоя пигментного эпителия. Возможно построение карты слоя нервных волокон, оценка толщины этого слоя в отдельных точках и средней толщины.

Для сравнения карт могут использоваться до пяти различных тестов по выбору оператора.

ОСТОРОЖНО! В некоторых случаях карты сетчатки могут содержать выраженные аберрантные вариации полученных числовых значений, что делает невозможным их интерпретацию. Эти вариации могут быть связаны с ошибками программного обеспечения. В случае значительной гипорефлексивности или выраженного изменения кривизны слоев программа не может точно локализовать маркеры на требуемых границах. Данные ошибки нередки при отеке сетчатки, эпиретинальной мембране, отдаленной от поверхности сетчатки, при стафиломах склеры. Следует помнить, что в подобных случаях вычисленные программой параметры могут не соответствовать действительности.

Количественный анализ

Толщина сетчатки

Увеличение толщины

Отек является наиболее частой причиной утолщения сетчатки. Количественная оценка различных видов отека сетчатки и контроль данного состояния в динамике являются одними из основных преимуществ ОКТ.

Снижение толщины

Может отмечаться при атрофической форме возрастной макулярной дегенерации, которая характеризуется образованием атрофических зон с истончением и снижением рефлективности слоя пигментного эпителия в связи с потерей пигмента.

Гипорефлективный пигментный эпителий позволяет большему количеству сканирующих лучей проникать в хориоидею. Рефлективность глубоких структур соответственно повышается из-за сниженной абсорбции света на уровне сетчатки и пигментного эпителия.

Изменение толщины слоев

Толщина отдельных ретинальных слоев может значительно изменяться при патологии. Различные виды сканов и ретинальные карты позволяют акцентировать внимание на определенном слое и детально его оценить. В случае глаукомы важно проанализировать изменение толщины слоя нервных волокон, используя круговые сканы в перипапиллярной области. При ряде офтальмонологий особый интерес представляет количественная оценка толщины наружного ядерного слоя, содержащего ядра фоторецепторных клеток.

Объем сетчатки

Специальные программы позволяют определить объем всей сетчатки в заднем полюсе или ее определенной области. Вычисление объема тканей программа проводит на основании данных ретинальной карты и показателей толщины сетчатки. Данная функция чрезвычайно важна при мониторинге отека сетчатки, серозной отслойки нейроэпителия, в том числе, в динамике лечения. ОКТ незаменима при оценке эффективности различных лекарственных препаратов.

Количественная оценка хориоидеи

В настоящее время возможно измерение толщины хориоидеи на нескольких участках.

Количественная оценка диска зрительного нерва

ОКТ позволяет измерить параметры экскавации диска зрительного нерва (глубину и поверхность), самого диска зрительного нерва (поверхность), поверхность и объем нейро-ретинального пояса, отношение диска зрительного нерва к экскавации и другие показатели, которые будут детально обсуждены в следующем руководстве.

Таблица 4.1 — Количественное аналитическое исследование сетчатки

Линейные измерения Толщина сетчатки: <ul style="list-style-type: none"> • увеличена • снижена • колебание толщины в пределах одного слоя (например, нервных волокон) 	Количественная сегментация <ul style="list-style-type: none"> • Ретинальное картирование • Измерение объема
---	--

Таблица 4.2 — Изменение толщины хориоидеи

Физиологические причины снижения толщины хориоидеи <ul style="list-style-type: none"> • Возраст • Миопия слабой степени Патологические причины снижения толщины хориоидеи <ul style="list-style-type: none"> • Атрофическая форма возрастной макулярной дегенерации • Миопия средней и высокой степени • Глаукома 	Патологические причины увеличения толщины хориоидеи <ul style="list-style-type: none"> • Венозная окклюзия • Острая и хроническая ЦСХ
--	--

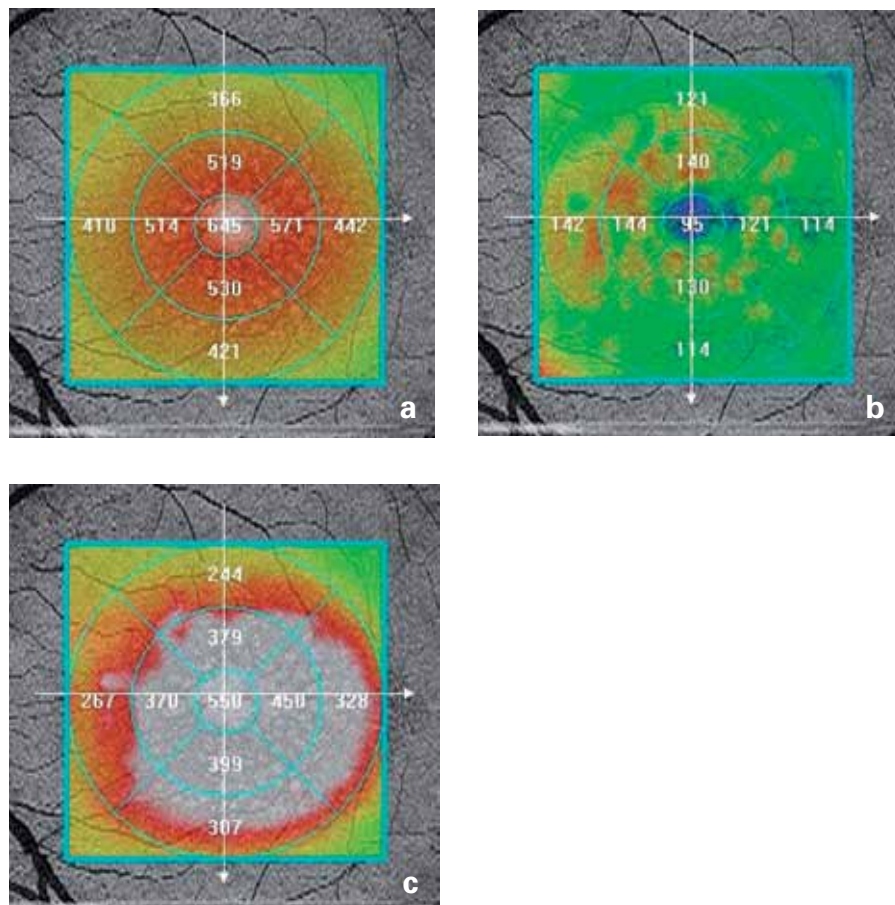


Рисунок 4.1. Макулярное картирование

Карта толщины сетчатки (а), карта внутренней сетчатки (б) и карта наружной сетчатки (с) в случае ювенильного макулярного шизиса. Выявляется значительное увеличение толщины наружной сетчатки.

Глава 5

3D изображения «en face»

Изображения в формате 3D дают дополнительные возможности анализа результатов ОКТ. Современные томографы позволяют получить три типа изображений:

- трехмерные изображения,
- плоские сканы во фронтальной плоскости,
- фронтальные сканы, соответствующие изгибу пигментного эпителия.

Полученные в таком виде изображения не всегда понятны для практикующих офтальмологов. В действительности, в ряде случаев они высоко информативны при оценке ретиальной патологии. Несмотря на то, что на первых порах интерпретация трехмерных изображений затруднительна, вскоре новые аспекты становятся легко понятны, а их клиническая значимость очевидна.

3D изображения: сегментация слоев

Томограф RTVue позволяет получить серии В-сканов с реконструкцией трехмерного изображения, которое можно рассмотреть и провести сечение с разных сторон. Возможна сегментация отдельных слоев тканей глазного дна. При этом каждый слой идентифицируется на основании его рефлексивности. Специальная функция позволяет удалять с изображения отдельные слои и выделять другие, в частности, слой нервных волокон, внутреннюю и наружную сетчатку, пигментный эпителий и хориоидею.

Программа позволяет отдельно выделить поверхности, соответствующие внутренней пограничной мембране и пигментному эпителию, а также реконструировать изображение всей сетчатки от внутренней пограничной мембраны до пигментного эпителия. Внутренняя сетчатка и наружная сетчатка могут также визуализироваться отдельно. Внутренний плексиформный слой отмечает границу между внутренней и наружной сетчаткой. Такие трехмерные изображения очень полезны в целях обучения.

Плоские сканы во фронтальной плоскости

Определенные программы ОКТ позволяют получать фронтальные плоские сканы «en face». Для построения изображения проводится серия плоских срезов во фронтальной плоскости от стекловидного тела до хориоидеи. Учитывая, что глазное дно имеет форму чаши, каждый такой срез проходит через несколько слоев тканей.

Полученные таким образом изображения достаточно информативны, но сложны для понимания начинающего специалиста.

Фронтальные срезы «en face», соответствующие изгибу слоя пигментного эпителия

Изображения томографа Optovue «en face» являются настоящим прогрессом по сравнению с плоскими срезами. При построении изображений программа учитывает тот факт, что задний полюс глаза имеет форму чаши, и каждый слой сетчатки соответствует этой форме. Программа использует конфигурацию слоя пигментного эпителия при вычислении кривизны заднего полюса глаза. Проводится реконструкция идеальной вогнутой поверхности как основы для отдельного выделения слоев сетчатки.

Таким образом, срезы «en face» не плоские, а соответствуют трехмерной параболоидной вогнутости слоя пигментного эпителия. Фронтальные срезы структур глазного дна «en face» в точности повторяют эту вогнутость и могут быть сдвинуты ближе к склере или стекловидному телу, в зависимости от зоны клинического интереса. Оператор может задавать толщину среза в диапазоне от 1 до 30 микрон. Снижая толщину, мы повышаем чувствительность исследования, но изображение становится менее четким. При увеличении толщины среза изображение становится четче, но чувствительность исследования снижается, некоторые детали могут быть пропущены. Каждый срез может включать один ретинальный слой или несколько, в зависимости от заданной толщины.

Фронтальные изображения «en face» следует анализировать комплексно, реконструируя трехмерное изображение, что дает исчерпывающую информацию о структурных особенностях сетчатки.

Изображения в формате 3D полезны в целях обучения, в то время как изображения «en face», несмотря на трудности их интерпретации, исключительно информативны для диагностики и мониторинга патологического процесса.

Таблица 5.1 — Сфера наибольшего клинического интереса ОКТ в формате 3D

<ul style="list-style-type: none"> • Эпиретинальные мембраны • Диффузный отек сетчатки • Макулярный кистовидный отек при синдроме Ирвин-Гасса и диабетический макулярный отек • Формирующийся макулярный разрыв • Макулярный сквозной разрыв • Ламеллярный разрыв • Ретиношизис • Витреомакулярная тракция — ретинальные складки 	<ul style="list-style-type: none"> • Друзы • Неоваскулярная мембрана • Отслойка пигментного эпителия • Патология хориоидеи: <ul style="list-style-type: none"> – исследование хориокапилляров – исследование слоя Саттлера – исследование слоя Галлера • Исследование склеры: интрасклеральные каналы, тенонова капсула
--	--

Советы и параметры сканирования «en face»

Получение сканов «en face» высокого качества гарантировано при соблюдении основных приемов сканирования.

- **Локализация макулы и патологического очага**
- **Выбор профиля скана (ВПМ, ВПС, ПЭ или ПЭреф)**

ВПМ (внутренняя пограничная мембрана) повторяет конфигурацию витреоретинального интерфейса, в том числе, в случае его патологических изменений. Изображение в формате 3D информативно для оценки размера патологической зоны и ее взаимоотношения с окружающими структурами.

При выборе в качестве профиля скана ВПС (внутренний плексиформный слой) становится возможной оценка конфигурации соответствующего слоя.

Профиль скана ПЭ позволяет выделить конфигурацию слоя пигментного эпителия. Изображение в формате 3D наглядно иллюстрирует размер, диаметр, кривизну деформации слоя в случаях патологии.

Профиль скана ПЭреф (пигментный эпителий референтный) устраняет аномалии конфигурации слоя пигментного эпителия у данного пациента и выстраивает гипотетическую кривую данного слоя, нивелируя его повреждения.

- **Выбор толщины среза**

При толщине среза 10 мкм и менее полученное изображение имеет высокую чувствительность, но низкое качество (зернистое).

При толщине среза 16-30 мкм изображение оказывается качественным, однако теряет некоторые детали.

- **Выбор глубины сканирования (ПЭреф)**

Скан должен иметь постоянную глубину.

При смещении линии сканирования кпереди проводится исследование ретинальных структур: смещение на 3-5 мкм информативно для оценки друз, на 15-300 мкм — отек сетчатки, макулярных разрывов и иных патологических состояний нейрорепителлия.

При смещении линии сканирования кзади проводится исследование хориоидальных слоев. Слой Саттлера следует изучать при смещении линии сканирования на 45-80 мкм в глубину и толщине срезов 10 мкм. Слой Галлера визуализируется при дальнейшем смещении скана в глубину и толщине срезов 20-30 мкм.

- **Оптимальная настройка контраста и яркости изображения**

В представленном клиническом примере ретинальные карты получены с помощью томографа Optovue RTVue. Трехмерная реконструкция структур размером 4×4 мм ограничивается внутренней пограничной мембраной и слоем пигментного эпителия. Внутренний плексиформный слой отмечает линию разделения между внутренней и наружной сетчаткой. Топографическая карта сетчатки делится на секторы с обозначением среднего показателя толщины в каждом секторе. В данном случае представлены три карты: карта толщины всей сетчатки (а), карта толщины внутренней сетчатки (b) и карта толщины наружной сетчатки (с). В данном примере окклюзии ветви артерии сетчатки интерес представляет выявление повреждения преимущественно внутренней сетчатки.

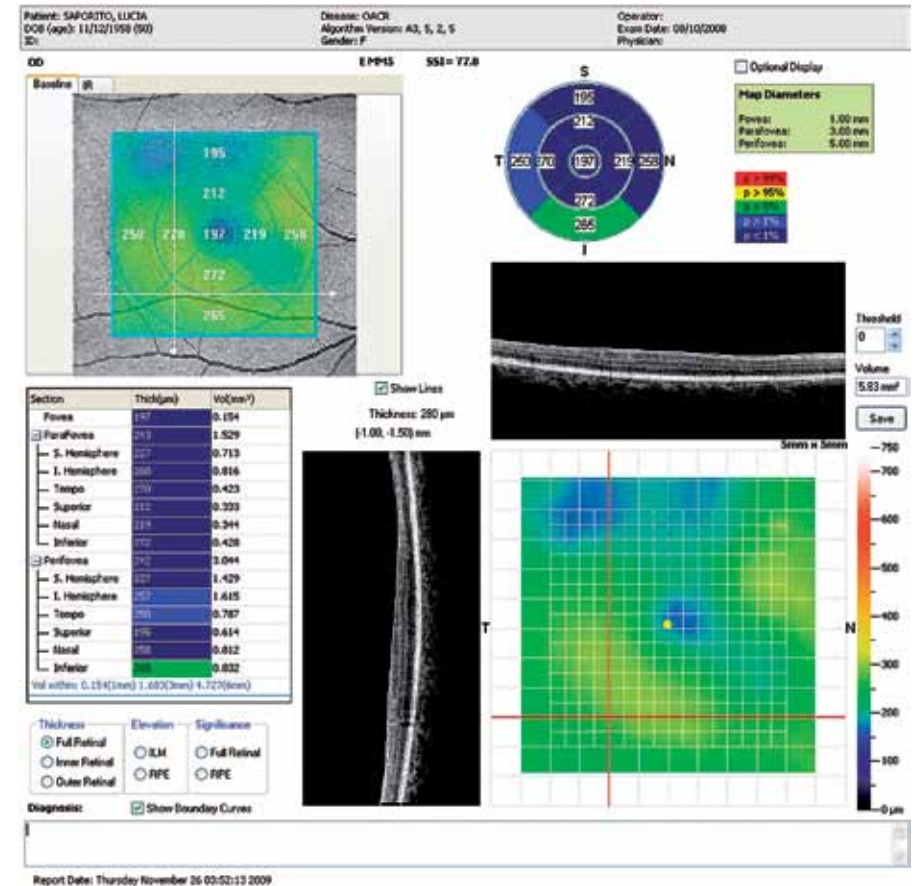


Рисунок 5.1. Топография сетчатки — Окклюзия ветви артерии: а) сетчатка, полностью визуализируется, несколько изменена;

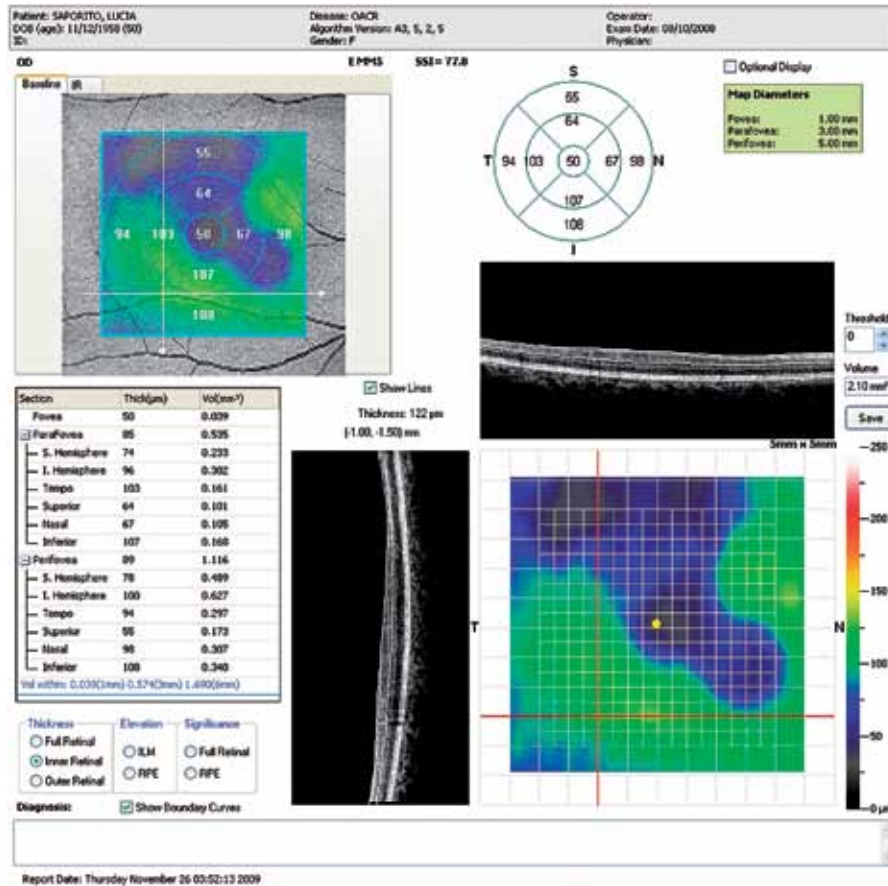


Рисунок 5.1. Топография сетчатки — Окклюзия ветви артерии: в) выявляется выраженная атрофия внутренней сетчатки;

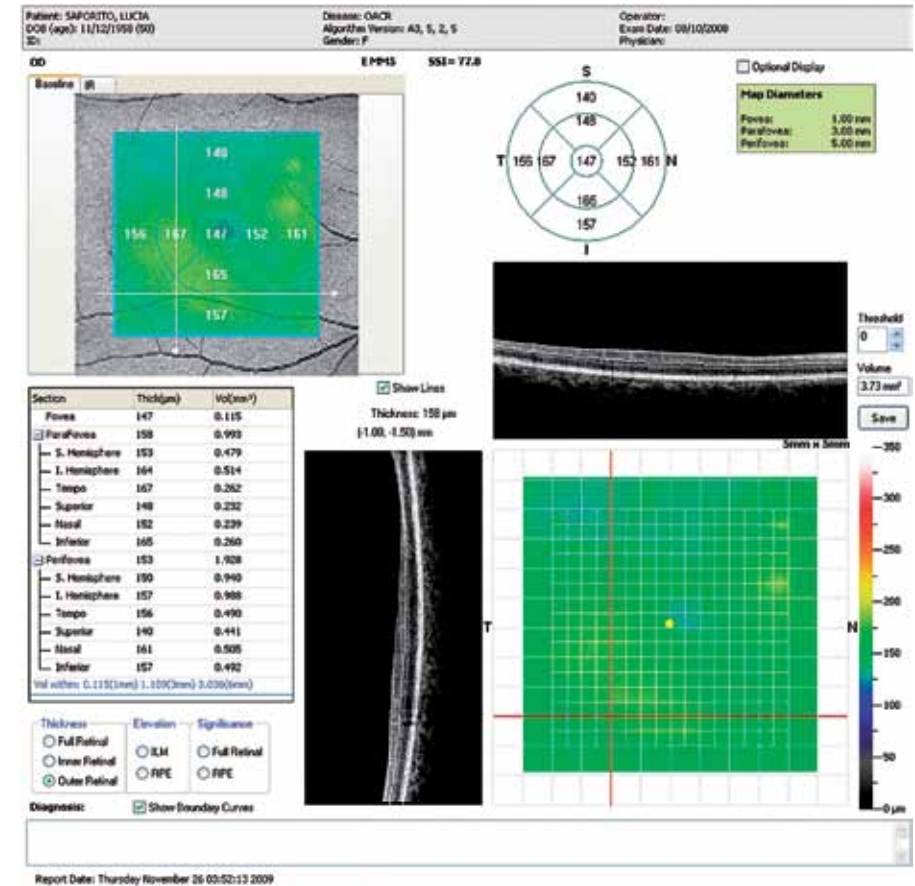


Рисунок 5.1. Топография сетчатки — Окклюзия ветви артерии: с) наружная сетчатка в норме

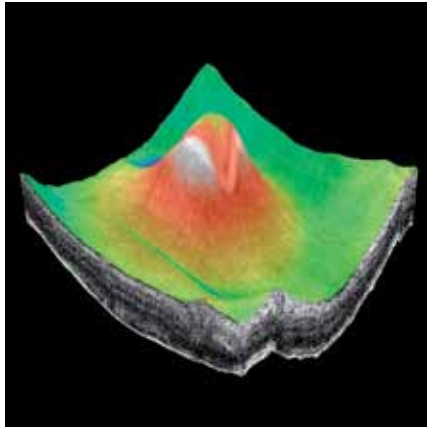


Рисунок 5.2. Изображение в формате 3D

Трехмерное изображение отслойки пигментного эпителия с использованием топографической программы. 150 В-сканов области глазного дна 3×3 мм дают возможность реконструировать трехмерное изображение, которое можно рассмотреть с различных сторон. Наличие в приборе специальной функции позволяет поочередно удалять различные слои, начиная со стекловидного тела. Оставшееся изображение поверхности слоя пигментного эпителия в формате 3D четко визуализирует зону отслойки. Такое изображение полезно в целях обучения и разъяснения пациенту особенностей его заболевания.

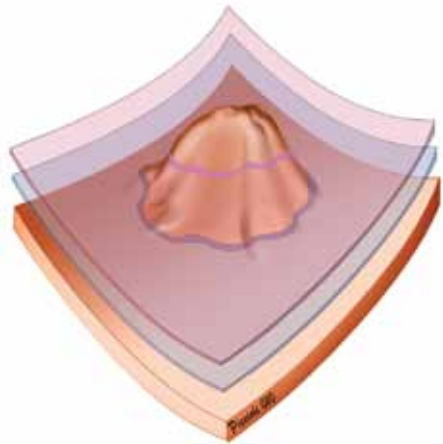


Рисунок 5.3. Фронтальные срезы «en face», соответствующие изгибу слоя пигментного эпителия

Секционные срезы зоны элевации слоя пигментного эпителия конгруэнтны вогнутости глазного дна.

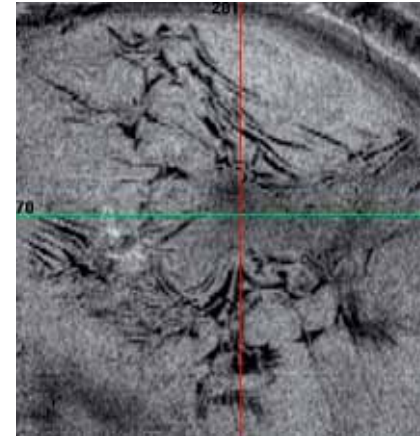


Рисунок 5.4. Фронтальный срез «en face» на уровне внутренней пограничной мембраны — Макулярные складки

Для изучения ретинальной поверхности используется фронтальный срез «en face» на уровне внутренней пограничной мембраны. Данный «en face» срез позволяет визуализировать ретинальные складки и их неравномерную радиальную направленность.

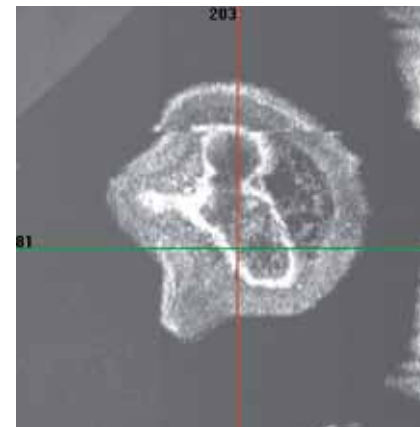


Рисунок 5.5. Фронтальный срез «en face» соответствует изгибу слоя пигментного эпителия — Неоваскулярная отслойка пигментного эпителия при возрастной макулярной дегенерации

Фронтальный срез «en face» позволяет оценить размер зоны отслойки пигментного эпителия, состояние отслоенных тканей (стенок отслойки) и характер содержимого отслойки. Этот срез параллелен слою пигментного эпителия и захватывает хориоидею в 50 мкм от эпителия.

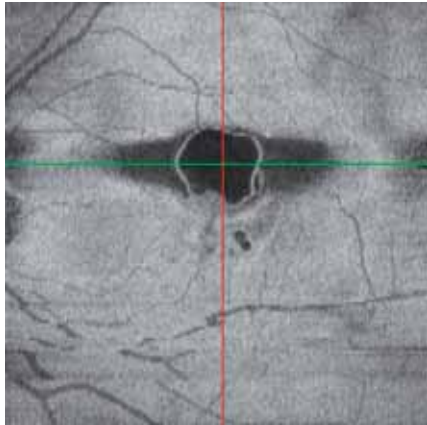


Рисунок 5.6. Фронтальный срез «en face» соответствует изгибу слоя пигментного эпителия — Полиповидная хориоидальная васкулопатия

Представленный «en face» срез демонстрирует отслойку пигментного эпителия с более тонкими, гладкими и равномерными стенками, чем при типичной неоваскулярной отслойке, характерной для возрастной макулярной дегенерации.

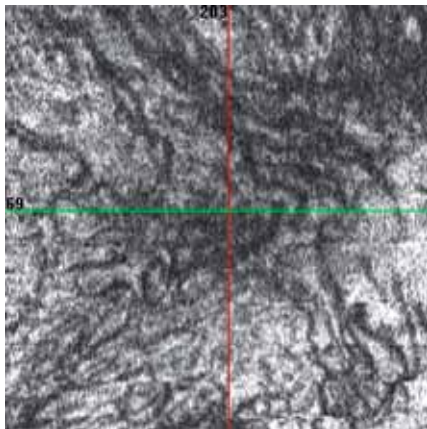


Рисунок 5.7. Фронтальный срез «en face» соответствует изгибу слоя пигментного эпителия — Хориоидальный слой Галлера

Данный фронтальный «en face» срез соответствует изгибу слоя пигментного эпителия и захватывает только слой Галлера. Если бы срез был плоским, он захватывал бы и другие слои. Данный срез параллелен пигментному эпителию и включает слой хориоидеи в 90 мкм от эпителия.

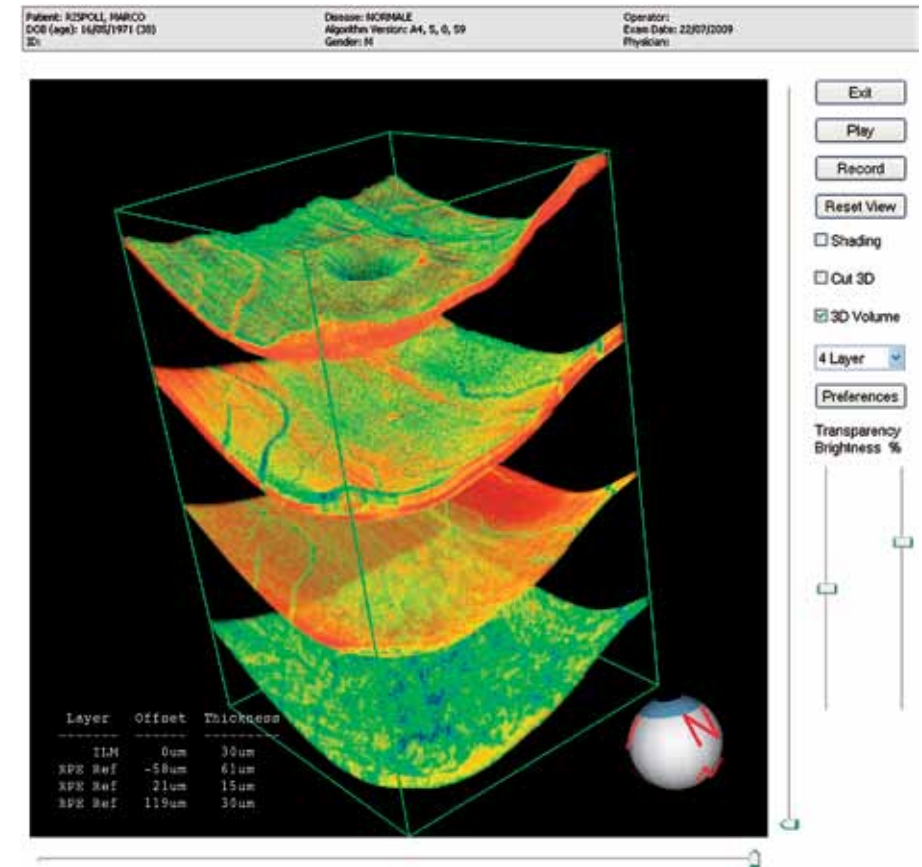


Рисунок 5.8. Фронтальный срез «en face» соответствует изгибу слоя пигментного эпителия — Здоровый глаз

Томограф Optovue позволяет автоматически получить четыре фронтальных среза «en face», соответствующих внутренней пограничной мембране, слою пигментного эпителия, слою средних сосудов хориоидеи и слою крупных сосудов хориоидеи. Полученные изображения можно поворачивать, наклонять, чтобы рассмотреть все перечисленные структуры.

Глава 6

Комплексный анализ

В рамках логического метода интерпретации изображений ОКТ комплексный анализ следует за аналитическим и заключается в оценке всех полученных данных, что позволяет поставить точный и обоснованный диагноз.

ОКТ нельзя рассматривать независимо от остальных методов изучения глазной патологии. Комплексный анализ объединяет данные, полученные с помощью различных методик.

Чтобы правильно интерпретировать томограммы, важно получить следующие данные и провести (при необходимости) исследования:

- анамнез
- возраст пациента
- состояние сердечно-сосудистой системы
- осмотр глаза, определение остроты зрения и биомикроскопическое исследование
- фоторегистрацию глазного дна в бескрасном свете
- флюоресцентную ангиографию с анализом всех последовательных фаз
- ангиографию с индоцианином зеленым
- исследование на аутофлюоресценцию
- микропериметрию и т.д.

Затем анализируются данные ОКТ: морфологические изменения, результаты структурной сегментации, изменения рефлективности, а также толщина и объем сетчатки, различные карты.

Кроме того, с помощью ОКТ возможно анатомически локализовать область повреждения в определенных слоях и провести исследование в режимах 3D и «en face».

В итоге проводится комплексный анализ всех полученных данных относительно хориоидальной или ретинальной патологии. Основные топографические изменения, касающиеся морфологических, структурных, рефлективных или количественных аномалий, были рассмотрены в предыдущих главах.

Кроме того, следует добавить также комплексный анализ самих сканов. Важно, а в некоторых случаях абсолютно необходимо, применить методы сегментации, построения трехмерного изображения, ретинальных и папиллярных карт с целью получения полной топографической реконструкции глазного дна. Различные элементы анализа позволяют расширить понимание глазной патологии (как с точки зрения ее топографии, так и с позиции вовлечения глазных структур).

Изолированный анализ томограмм не дает точную информацию о состоянии глазного дна. Единственный способ действительно понять и оценить ОКТ требует всестороннего исследования патологии, а не «угадывания», как, к сожалению, иногда происходит.

За последние несколько лет ОКТ позволила расширить понимание патологии глаза, помогая обнаружить изменения, плохо изученные до настоящего времени.

Однако следует помнить, что нормальная томограмма может быть зафиксирована у пациента с патологией глазного дна, в то время как при очевидно нормальном глазном дне может выявляться аномальное изображение ОКТ.

Связь между качественными и количественными изменениями на ОКТ очень непостоянна.

Глава 7

Составление заключения

Как и многие инструментальные методы исследования в офтальмологии, ОКТ сама по себе не является диагностически самостоятельным методом. Для правильной трактовки томограмм необходимо сопоставлять результаты ОКТ с клинической картиной (остротой зрения, данными осмотра, тонометрии, офтальмоскопии) и данными иных инструментальных методов обследования (флюоресцентная и индоцианиновая ангиография, электроретинография, микропериметрия), следуя логическому методу анализа и интерпретации. При отсутствии клинических данных отчет становится практически невозможным.

Быстрое развитие диагностических технологий позволяет получить большое количество новых данных, подчас усложняя диагностику, вместо того, чтобы ее упрощать.

Возможность получения ложно отрицательных результатов ограничивает использование ОКТ профессионалами.

Сканы

- В-сканы: аксиальные сканы (томография). Характеризуются недостаточной чувствительностью, высокой специфичностью (требуется точно сопоставить линию сканирования с патологической зоной; в противном случае скан ложно отрицателен).

- С-сканы: фронтальные сканы (стратиграфия). Возможно получение фронтальных сканов на различных уровнях. Функцию отличает высокая чувствительность, однако результаты сложны для интерпретации.

Формирование аксиальных сканов (качественный анализ) идет от стекловидного тела до хориоидеи.

У каждого обнаруженного элемента следует оценить:

- морфологию,
- структуру (метод сегментации),
- рефлективность,
- аномальные образования.

Затем необходимо провести количественную оценку на основании ретинальных карт в форматах 2D и 3D:

- оценку толщины,
- оценку объема.

Благодаря высокому разрешению на В-сканах детали глазного дна видны отчетливо, возможна сегментация ткани. В процессе анализа каждый слой сетчатки необходимо оценить качественно и количественно, не ограничиваясь оценкой только нейроэпителия и пигментного эпителия в целом (как при использовании томографов, основанных на «Time Domain» технологии).

ОКТ-исследование должно включать:

- по меньшей мере два ортогональных скана, пересекающих центральную ямку;
- хотя бы один скан патологической зоны, если патология не затрагивает фовеолярную область;
- макулярную карту;
- фронтальный скан (С-скан) зоны повреждения (плоский или соответствующий изгибу глазного дна).

При отсутствии у пациента центральной фиксации, как правило, более корректными для оценки фовеальной области оказываются вертикальные сканы. Обычно такие пациенты лучше фиксируют взгляд на вертикальном стимуле (в большинстве случаев микропериметрия показывает наличие альтернативной точки фиксации непосредственно над поврежденной центральной ямкой).

Центральная ямка определяется на томограмме как единственная зона, содержащая только наружный ядерный слой, с треугольным профилем стекловидного тела. Эта область может быть точно идентифицирована даже в случае сглаженности контура при макулярном отеке.

Макулярная карта, реконструированная на основе серийных (растровых) сканов, не зависит от фовеолярного центрирования. Поэтому она более надежна, чем карта, полученная с помощью сканов, центрированных на фовеа и, таким образом, зависимость от правильности фиксации.

Изображения, полученные с помощью спектральной технологии ОКТ, позволяют провести анализ всех структур. Продвигаясь от стекловидного тела к хориоидеи, мы можем детализировать характеристики каждой структуры:

- стекловидное тело: задняя гиалоидная мембрана может быть частично или полностью отслоена;
- ретинальный профиль: равномерный, иррегулярный, возможны складки и разрывы профиля;
- центральная ямка: нормальная или измененная по ширине и глубине;
- ядерные и плексиформные слои: оценка толщины, рефлективности и возможных аномальных структур. Анализ симметрии с показателями парного глаза;

- наружная пограничная мембрана: целостность, непрерывность, аномальные структуры;
- линия сочленения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов: рефлективность, целостность, непрерывность, аномальные структуры;
- слой пигментного эпителия: толщина, целостность, рефлективность, аномальные структуры;
- мембрана Бруха: (если видна) целостность, непрерывность;
- хориоидея: средняя толщина, калибр сосудов, слой Саттлера, слой Галлера, визуализация темной пластинки склеры (lamina fusca) и супрахориоидального пространства.

Мы рекомендуем молодым офтальмологам не давать заключение на изображение ОКТ в случае отсутствия показателей остроты зрения и достаточного количества анамнестических и иных данных.

Список литературы

1. Ducker J.S., Ho J., Castro L.C., Fumi Gomi, Lumbroso B., Rispoli M., Yasuo Tano. RTVue Fourier-Domain Томография Первой Серии. – Том 1. Сетчатка. – Optovue Inc., 2008.
2. Lumbroso B., Rosen R., Rispoli M. OCT Spectral. – Cap. 1. – Editore I.N.C., 2008.
3. Huang D., Ducker J.S., Fujimoto J.G., Lumbroso B., Schuman J.S., Weinreb R.N. Изображение глаза от начала до конца с помощью RTVue Fourier-Domain Оптического Когерентного Томографа. – Slack Inc., 2010.

**Bruno Lumbroso
Marco Rispoli**

ОКТ СЕТЧАТКИ
Метод анализа и интерпретации

ISBN 978-5-905212-07-9



Подписано в печать 05.06.2012. Заказ №99 от 01.06.2012.
Формат 148x210 мм. Печать офсетная. Бумага мелованная. Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии «CAPITAL PRESS».
111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д.11 А, корп.1