

ОРД-ОФТ-22



**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Кафедра оториноларингологии с офтальмологией**

**Курс офтальмологии**

**КОРОЕВ О.А., КОРОЕВ А.О.**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ  
ОРДИНАТОРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ  
ТОМОГРАФИЯ ГЛАЗА**



**Владикавказ 2022**

## **Практические рекомендации по получению четких и клинически информативных ОКТ-изображений**

### **СТАНДАРТНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Стандартный анализ должен включать в себя качественный и количественный анализ одного или двух линейных срезов; перпендикулярный срез, проходящий через fovea, линейный срез, проходящий через интересующую нас область; анализ изображения всей поверхности сетчатки; трехмерный анализ; анализ изображений «ep face» и анализ динамики состояния.

### **ШКАЛА СЕРОГО**

Рекомендуется изучать ОКТ-изображения в режиме шкалы серого (черно-белом), а не в традиционном псевдоцветном режиме. Это позволяет оценивать незначительные изменения в интенсивности серого цвета и выявлять детали, которые иначе можно пропустить. Негативные черно-белые изображения могут способствовать выявлению отдельных трудно выявляемых патологических картин.

При использовании цветных изображений программное обеспечение произвольно обозначает определенную степень эхогенности каким-либо цветом, что может создать резкий контраст цветов там, где иначе мы бы увидели постепенное изменение эхогенности. Нужно учесть, что такой сильный контраст может быть полезным, так же, как и сегментация и обозначение границ слоев сетчатки.

### **УСРЕДНЕНИЕ**

Усреднение большого количества поперечных срезов — простой и эффективный способ улучшить качество ОКТ-изображений сетчатки. Выполняется от десяти до тридцати ОКТ-изображений, которые с помощью программного обеспечения автоматически накладываются друг на друга и усредняются.

Эта методика используется в большинстве аппаратов ОКТ, что позволяет улучшить резкость и сделать изображение более четким, способствовать диагностике и лечению заболеваний сетчатки. Усреднение срезов ОКТ улучшает визуализацию структур сетчатки и границ между ее слоями. Сигнал ОКТ усиливается при увеличении соотношения сигнал/шум, это используется для получения более четких изображений слоев сетчатки и их изменений. При использовании этого режима гораздо лучше видны слой фоторецепторов и некоторые изменения пигментного эпителия сетчатки (ПЭС), которые невозможно четко отобразить на ОКТ-изображении, построенном на основании одного среза, так как они становятся нечеткими и смазанными.

## СКАНИРОВАНИЕ «EN FACE»

Технология «en face» позволяет получать и анализировать изображения фронтальных срезов сетчатки, выполненных с учетом естественной кривизны заднего полюса глаза. ЭЧ фронтальные или поперечные срезы являются составной частью трехмерного исследования сетчатки. Они являются полезным дополнением к традиционному перпендикулярному В-сканированию ОКТ, делая его более наглядным и легким для восприятия. Эффективность ОКТ «en face» подтверждена клиническими исследованиями.

При возрастной макулярной дегенерации и при центральной серозной хориоретинопатии фронтальные срезы позволяют определять размеры и форму отслоек пигментного эпителия, и микроструктуру фоторецепторов. Они помогают оценить форму, толщину и гладкость стенок отслойки.

При диабетической ретинопатии сканирование «en face» помогает определить тип и оценить протяженность диффузного или кистозного отека сетчатки и плотных экссудатов.

Поперечные срезы играют важную роль при исследовании кистозного макулярного отека, позволяют оценивать протяженность и форму отечных псевдокист, их эволюцию, характер и стадию: раннюю, развитую или регрессии.

Этот метод также информативен при синдромах белых точек и при острой зональной оккультной наружной ретинопатии. С его помощью оценивается форма и разветвленность тубуляций наружных слоев сетчатки.

При патологических изменениях витреоретинального интерфейса, витреоретинальных мембранах и макулярных разрывах фронтальные изображения «en face» позволяют *in vivo* оценить протяженность и динамику эпиретинальных тракций. Полученные томограммы способствуют пониманию патологических изменений витреофовеолярного интерфейса.

Режим «en face» в одно нажатие

Для упрощения и ускорения получения томограмм и их информативности, в программном обеспечении R-Vue-100 недавно появился режим «en face» в одно нажатие, позволяющий получить пять томограмм одним движением: четыре «en face» изображения наиболее клинически важных срезов и перпендикулярный срез.

Первый срез «en face» выполняется на уровне поверхности сетчатки и отображает изменения витреоретинального интерфейса. Второй срез проходит через более глубокие слои сетчатки и отображает диффузный отек, кистозный отек и экссудаты. Третий «en face» срез проходит параллельно ПЭС через друзы и отслойки ПЭС. Четвертый срез идет параллельно ПЭС через сосудистую оболочку на уровне сосудистого слоя Галлера и отражает состояние хориоидеи.

## **СЕГМЕНТАЦИЯ**

Некоторые аппараты ОКТ позволяют точно определять границы слоев нормальной сетчатки. Вообще, программное обеспечение спектральной ОКТ автоматически выявляет и фиксирует границы слоев сетчатки, это позволяет точнее картировать толщину сетчатки, что способствует диагностике и лечению ретинальных заболеваний.

Системы оптической когерентной томографии позволяют точно определять границы слоев сетчатки при наличии небольшого макулярного отека, но они не так информативны на развитых стадиях таких заболеваний, как диабетическая ретинопатия и возрастная макулярная дегенерация. Необходимо научиться определять, в каких случаях сегментация клинически информативна, а когда она может лишь затруднять диагностику.

## **АНАЛИЗ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ТЕЧЕНИЕМ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

Программное обеспечение для анализа прогрессирования — очень эффективный инструмент наблюдения за течением болезни при проведении лечения или при его отсутствии. Карты, отображающие толщину сетчатки, можно сравнивать при каждом посещении врача. Также важно сравнивать эти карты с картами микропериметрии. Это важно при наблюдении за течением заболевания.

## **АРТЕФАКТЫ НА ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Технология спектральной ОКТ позволяет уменьшить количество артефактов на томограмме. Очень быстрое считывание (более 40 изображений в секунду) и способность усреднять изображения делает томограммы четкими легко читаемыми.

Глаз может терять фиксацию, пациент может моргать. Обычно программа способна самостоятельно корректировать плохо выровненные срезы. Эти артефакты выглядят как горизонтальные щели в макулярном кубе и могут влиять на работу программы сегментации макулы и измерения толщины сетчатки.

Если дефект имеется только на нескольких срезах, можно вручную откорректировать профиль и исправить 3D изображение; иначе будет необходимо повторить исследование.

## **СТАНДАРТНЫЕ РАСПЕЧАТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОКТ**

Стандартные распечатки результатов ОКТ вместе с описанием необходимо передавать направившему больного офтальмологу и выдавать пациенту. Распечатка должна содержать минимум один перпендикулярный срез, центрированный на fovea, один или больше линейных срезов через интересующую зону, полный анализ карты сетчатки, и анализ изображения «ep face». При возможности, анализ изображений в динамике может

быть информативным при наблюдении. Стандартные распечатки результатов ОКТ всегда сопровождаются их детальным описанием.

## **Основы нормальной анатомии и ОКТ**

### **КАРКАС СЕТЧАТКИ: ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ**

Сетчатка — очень хрупкая оболочка, которой необходима поддержка сложным каркасом волокон, капилляров и клеток, организованных в горизонтальные и вертикальные структуры и формирующих эффективные анатомические и функциональные барьеры. Переплетение различных горизонтальных и вертикальных структур объясняет локализацию, размеры и форму экссудатов, кровоизлияний, кистозных полостей, которые можно исследовать при помощи ОКТ.

Распространение патологических процессов по вертикали и горизонтали ограничивается этими барьерами.

В зоне центральной ямки клетки Мюллера очень немногочисленны и располагаются под наклоном; здесь кистозные полости встречают мало препятствий для роста. Слабость каркаса из клеток Мюллера в макулярной зоне, вероятно, объясняет огромные размеры, которые достигают полости при отеке в фовеальной зоне.

#### **Вертикальные (перпендикулярные) структуры**

Клетки Мюллера являются фиброзными элементами, обеспечивающими поддержку сетчатки. Эти вертикальные клетки соединяют внутреннюю и наружную пограничные мембраны. Их ядра расположены в слое биполярных клеток. Из тела клетки Мюллера тянутся волокна, играющие важную роль в формировании каркасной сети наружного и внутреннего плексиформных слоев.

Цепочки, сформированные фоторецепторами, связанными с биполярными и ганглиозными клетками, также являются важными вертикальными структурами.

В макуле клетки Мюллера и волокна Генле ориентированы не вертикально, а косо, поэтому структура макулы менее жесткая.

На фронтальном срезе структура макеты выглядит в виде лучей, расходящихся от центральной ямки к периферии фигуры.

#### **Горизонтальные (фронтальные) структуры**

Внутренняя пограничная мембрана является базальной мембраной клеток Мюллера.

Слой нервных волокон неизменно отображается как гиперэхогенная структура.

Вены и артерии сетчатки формируют сложную горизонтальную сеть, лежащую во внутренних слоях сетчатки.

Внутренний и наружный плексиформные слои образованы горизонтальными и амакринными клетками, а также сетью межклеточных синаптических соединений между биполярными клетками и фоторецепторами с одной стороны, и ганглиозными клетками — с другой. Вследствие сложного переплетения этих волокон, они действуют как горизонтальные барьеры на пути распространения жидкости в сетчатке. Они определяют форму кистозных полостей и липоидных отложений. Они не являются истинными гистологическими мембранами, но формируют эффективные барьеры, несмотря на то, что они менее прочные и резистентные, чем внутренняя или наружная пограничные мембраны. Внутренний плексиформный слой прочнее наружного.

В области соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов сразу же над ПЭС мы наблюдали высаженную гиперэхогенную полосу. Этот оптический феномен возникает вследствие разницы в коэффициентах преломления внутренних и наружных сегментов фоторецепторов. Эта полоска, на самом деле соответствует эллипсоидной части внутренних сегментов.

Между наружным ядерным слоем и линией, разделяющей сегменты и фоторецепторы, почти всегда визуализируется наружная пограничная мембрана.

Комплекс пигментного эпителия сетчатки — хориокапилляров является прочной горизонтальной структурой.

Последними горизонтальными структурами являются сосудистая оболочка и склера.

В экстремакулярной области каркас сетчатки имеет очень простое строение. Клетки Мюллера, проходя через два плексиформных слоя, соединяют внутреннюю пограничную мембрану с наружной пограничной мембраной.

Горизонтальные структуры сетчатки представлены внутренним и наружным плексиформными слоями (зеленые), внутренней и наружной пограничной мембраной (синие). Еще одной горизонтальной структурой является пигментный эпителий (красный).

Вертикальные структуры представлены волокнами Мюллера и цепочками клеток, состоящими из фоторецепторов, связанными с биполярными и ганглиозными клетками.

Эти вертикальные и горизонтальные структуры ограничивают распространение патологических изменений, экссудатов, кровоизлияний и отека.

### **Слои сетчатки**

От внутренних слоев сетчатки до склеры горизонтальные структуры имеют не плоскую, а чашеобразную форму, и, располагаясь параллельно друг другу, формируют наложенные друг на друга параболические слои. Некоторые горизонтальные структуры,

такие, как слой нервных волокон или плексиформные слои, являются гиперэхогенными. Слои, содержащие ядра, выглядят гипоэхогенными, как, например, фоторецепторы. Слои сетчатки можно разделить на две группы: внутренние слои сетчатки и наружные слои сетчатки.

Внутренние слои сетчатки формируют важную функциональную единицу — комплекс ганглиозных клеток, состоящий из внутреннего плексиформного слоя, слоя ганглиозных клеток и слоя нервных волокон.

Гиалоид и стекловидное тело. Гиалоид и различные патологические образования видны как гиперэхогенные мембраны.

Внутренняя пограничная мембрана. Эта очень тонкая бесклеточная базальная мембрана, сформированная веерообразными окончаниями клеток Мюллера, трудноотличима от слоя нервных волокон.

#### Комплекс ганглиозных клеток

Слой нервных волокон сетчатки. Он содержит аксоны, тянущиеся от тел ганглиозных клеток к зрительному нерву. Это самая гиперэхогенная структура, состоящая из горизонтальных элементов, ее толщина увеличивается по мере приближения к диску зрительного нерва. Выше и ниже макулы волокна располагаются дугообразно.

Слой ганглиозных клеток: в макулярной зоне эти крупные клетки располагаются очень плотно, но к периферии сетчатки они рассредоточиваются. Их аксоны образуют слой нервных волокон сетчатки. В слое ганглиозных клеток также находятся тела амакринных клеток.

Внутренний плексиформный слой. На уровне этого слоя биполярные клетки и ганглиозные клетки, также называемые мультиполярными клетками, ориентированы горизонтально в нескольких плоскостях. На ОКТ-томограммах внутренний плексиформный слой выглядит гиперэхогенным из-за наличия горизонтально расположенных клеток.

Внутренний ядерный слой или слой горизонтальных и биполярных клеток. В этом слое, гиперэхогенном на ОКТ, расположены ядра биполярных клеток, горизонтальные клетки, чьи горизонтальные аксоны находятся в наружном плексиформном слое, ядра клеток Мюллера и ядра амакринных клеток.

Наружные слои сетчатки включают в себя наружный плексиформный слой и слой фоторецепторов.

Наружный плексиформный слой. Он немного гиперэхогенный. На уровне наружного плексиформного слоя зрительные рецепторы контактируют с биполярными

клетками. Здесь также проходят горизонтальные аксоны горизонтальных клеток, а их ядра лежат в слое биполярных клеток или внутреннем ядерном слое.

Слой фоторецепторов. В него входит наружный ядерный слой, в котором находятся тела палочек и колбочек, содержащие ядра клеток. Тела клеток-фоторецепторов и их ядра отображаются в виде гиперэхогенной полоски, более толстой в области fovea, где наружный ядерный слой принимает форму треугольника.

Соединение наружного и внутреннего сегмента фоторецепторов и наружная пограничная мембрана отображаются в виде гиперэхогенных линий.

Палочки и колбочки. Они разделены на наружную и внутреннюю части. Внутренняя часть, или тело клетки, содержит ядро. Наружная часть состоит из наружного и внутреннего сегмента: наружный сегмент колбочек имеет коническую форму, у палочек он представлен тонкой цилиндрической структурой. Наружный сегмент состоит из множества расположенных один над другим дисков. Наружный сегмент растет на протяжении всей жизни. Наружные диски фагоцитируются пигментным эпителием.

### **Колбочки**

Каждая колбочка состоит из наружной и внутренней частей. Внутренняя часть, или тело клетки, имеет несколько удлиненную форму. Ядро почти полностью заполняет тело клетки и соприкасается с наружной пограничной мембраной. Ядра колбочек лежат в один слой и граничат с наружной пограничной мембраной. Кнутри от ядра протоплазма становится тоньше и заканчивается небольшой конической ножкой, соединенной с терминальными сферами палочек и отростками биполярных клеток.

Наружная часть фоторецептора состоит из двух отделов: наружного и внутреннего сегмента.

Наружный сегмент довольно короткий, приблизительно конической формы и представляет собой стопку расположенных один над другим дисков.

Внутренний сегмент, в свою очередь, состоит из двух частей, внутренней зоны миоида и наружной зоной филаментов, или эллипсоидной зоны. До настоящего времени мы считали, что четкая гиперэхогенная полоска на малом расстоянии от комплекса «пигментный эпителий-хориокапилляры» отображает зону соединения внутреннего и наружного сегмента. Есть предположение, что это гиперэхогенная зона эллипсоида внутреннего сегмента, вызывающая появление гиперэхогенной полоски.

### **Палочки**

Подобно колбочкам, палочки состоят из внутренней и наружной части. Внутренняя часть, или тело клетки, состоит из удлиненной цитоплазмы, содержащей крупное овальной формы ядро, ориентированное в радиальном направлении. Ядра палочек более

многочисленна, чем ядра колбочек, и лежат кнутри от последних. Волокна, начинающиеся от ядра, идут в наружный плексиформный слой, где контактируют с биполярными клетками.

Наружная часть состоит из наружного и внутреннего сегмента. Наружный сегмент представляет собой тонкую цилиндрическую структуру, состоящую из множества дисков, расположенных друг над другом. Внутренний сегмент соединяется с наружным через диск Грефе. Внутренний сегмент, в свою очередь, также состоит из двух частей, внутренней зоны миоида и наружной зоны филаментов, или эллипсоидной зоны. Мы считаем, что эллипсоидная зона внутреннего сегмента создает гиперэхогенную полосу вблизи комплекса «пигментный эпителий — хориокапилляры», которую до настоящего времени считали отображением соединения между внутренним и наружным сегментом.

Поскольку в области центральной ямки колбочки более многочисленны и более длинные, в этой области гиперэхогенная полоска удаляется от пигментного эпителия сетчатки (ПЭС), и появляется четкая гипозэхогенная зона, соответствующая наружному сегменту колбочек.

Выраженная гиперэхогенная зона соединения между наружным и внутренним сегментом фоторецепторов отображается в виде протяженной линии перед комплексом «пигментный эпителий — хориокапилляры». Эта линия, которую часто считают отображением области соединения между внутренним и наружным сегментом фоторецепторов, на самом деле формируется зоной эллипсоида внутреннего сегмента.

Наружная пограничная мембрана формирует сеть вокруг оснований палочек, колбочек и волокон Мюллера. Она проходит параллельно зоне соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

Комплекс «пигментный эпителий сетчатки — мембрана Бруха — хориокапилляры» является прочной горизонтальной структурой.

Однослойный пигментный эпителий сетчатки состоит из плотно сцепленных друг с другом полигональных клеток. Их наружная поверхность обеспечивает транспорт метаболитов, а на внутренней расположены микроворсинки, образующие ложа для вершин палочек и колбочек. Ядра лежат базально. Пигмент более плотный в апикальной (внутренней) части клеток. Наружные сегменты палочек и колбочек постоянно растут и отторгают наружные диски, которые фагоцитируют клетки пигментного эпителия.

Мембрана Бруха — это расположенная между сетчаткой и сосудистой оболочкой многослойная мембрана, проницаемая для метаболитов.

Обычно при спектральной оптической когерентной томографии на томограмме видны четыре ярких полосы, отображающих наружные слои сетчатки.

Результаты анализа спектральных томограмм свидетельствуют о высокой вероятности правильной атрибуции полос, считающихся отображением наружной пограничной мембраны (первая, внутренняя полоса) и пигментного эпителия сетчатки (четвертая, наружная полоса).

Данные сравнительного анализа указывают на то, что вторая полоса, часто считающаяся отображением пограничной зоны между внутренними и наружными сегментами фоторецепторов, на самом деле является отображением эллипсоида внутреннего сегмента.

Третья линия соответствует зоне контакта наружных сегментов колбочек и апикальных отростков ПЭС в структуре, известной как контактный цилиндр.

Для оценки обоснованности общепринятых соответствий анатомических структур наружных слоев сетчатки четырем гиперэхогенным полосам современных ОКТ-томограмм на основании опубликованных данных была создана масштабная модель наружных слоев сетчатки, которую напрямую сравнивали со срезами ОКТ.

### **Сосудистая оболочка**

Развитие современных методик ОКТ позволяет исследовать сосудистую оболочку от пигментного эпителия до супрахориоидального пространства в 80% глаз. У пациентов со слабой пигментацией, близорукостью или атрофическими заболеваниями сетчатки можно исследовать оболочки глаза до склеры и теноновой капсулы.

Хориокапиллярный слой тонкий, гиперэхогенный. Он расположен на внутренней границе сосудистой оболочки и состоит из одного слоя полигональных сосудистых долек, получающих независимое кровоснабжение от задних коротких цилиарных артерий. Венозный отток осуществляется из мельчайших вен в вортикозные вены, одну или две в каждом квадранте.

Более крупные сосуды хориоидеи гипозоногенны. Они формируют слой Саттлера и слой Галлера сосудистой оболочки. Эхогенность находящейся между сосудами соединительной ткани варьирует от низкой до высокой в зависимости от возраста, выраженности ангиосклероза и отложений пигмента, но может быть и высокой. Дифференцировка этих двух сосудистых слоев затруднительна. Сосудистая стенка в норме не видна. В зависимости от глубины залегания сосуды хориоидеи выглядят по-разному. В более глубоких слоях видны большие округлые или вытянутые гипозоногенные полости. Эти сосуды лежат в гомогенном гиперэхогенном матриксе. Не всегда возможно увидеть их содержимое. Когда это удается, его изображение по форме напоминает песочные часы.

Слой крупных сосудов граничит с бурой пластинкой и супрахориоидальным пространством. Этот слой может выглядеть как гипозоногенная линия под несколько

гиперэхогенной хориоидальной соединительной тканью. Чем ближе к супрахориоидальному пространству, тем выше плотность пигмента хориоидеи. На этом уровне соединительная ткань немного гиперэхогенна и очень гомогенна.

Бурая пластинка — высоко пигментированная структура, отделенная от склеры супрахориоидальным пространством. Супрахориоидальное пространство в норме не существует, оно становится видимым только при скоплении в нем жидкости. Оно граничит со склерой. Бурая пластинка лучше видна у пожилых людей.

У молодых людей сосудистая оболочка имеет толщину около 320 микрон. После 25 лет ее толщина с возрастом снижается. Толщина сосудистой оболочки также уменьшается при близорукости и увеличивается при дальнозоркости.

### **Склера**

Часто современные ОКТ-срезы могут достигать склеры, и тогда становятся видимыми пересекающие склеру косые каналы, в которых проходят короткие задние цилиарные артерии и нервы. Толщина склеры уменьшается при близорукости и увеличивается при дальнозоркости. Часто удается наблюдать одну или больше цилиарных артерий. Они выглядят как косые гипоэхогенные каналы в толще склеры. Иногда в глазах с высокой миопией, можно увидеть не только склеру, но и несколько тяжёлых сухожилия косой мышцы в месте прикрепления и орбитальную жировую клетчатку позади глазного яблока. Жировая ткань выглядит как мелкие гиперэхогенные точки, хорошо различимы на темном фоне. В миопических глазах иногда удается увидеть утолщение склеры и «куполообразную макулу».

Вертикальные и горизонтальные структуры ограничивают распространение патологических процессов, в том числе экссудатов, кровоизлияний и кистозного отека.

### **Диск зрительного нерва**

На горизонтальных поперечных срезах видна физиологическая экскавация, сформированная входящими в диск зрительного нерва нервными волокнами, продолжающимися в волокна зрительного нерва.

У краев диска зрительного нерва сетчатка резко обрывается. Пигментный эпителий и слой хориокапилляров внезапно исчезают, а поверхностные нервные волокна продолжают и формируют волокна зрительного нерва. Можно увидеть склеральное кольцо.

Количественный анализ делает возможным определение диаметра диска зрительного нерва, а также диаметра и площади экскавации на различных глубинах.

# **Логические методы интерпретации ОКТ: анализ, синтез и дедукция**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Метод анализа Декарта позволяет разделять изображения на основные элементы. После анализа выполняются синтез и реконструкция. Логический анализ ОКТ позволяет исследовать морфологию, структуру, архитектуру, границы, экзогенность и стратификацию. Структура, текстура и морфология тесно связаны с экзогенностью.

Элементарные изменения иногда бывают настолько сложными и запутанными, что не поддаются расшифровке только лишь методом сортировки, а требуют глубокого анализа всех комплексных признаков. В клинической практике мы вынуждены иногда не учитывать некоторые данные, чтобы не быть перегруженными огромным количеством информации, но при этом мы рискуем пропустить какие-то факты, которые могут оказаться важными. В ходе заболевания архитектура и морфология могут настолько измениться, что распознавание и интерпретация станут невозможными.

Но при соблюдении принципов анализа упрощается синтез, что создает условия для точной диагностики.

## **АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Анализ ОКТ включает в себя количественную и качественную оценку. На первом качественном этапе врач анализирует сетчатку и сосудистую оболочку с целью интерпретации. Он искусственно разделяет их и их структуры на составляющие их элементы. Разделяют их по морфологии, структуре и экзогенности.

В ходе количественной оценки получают информацию о размерах, топографии, толщине и объеме.

## **СИНТЕЗ И ДЕДУКЦИЯ**

При сопоставлении результатов качественного и количественного анализа ОКТ с анамнезом пациента, данными клинического обследования, аутофлуоресценции, флуоресцентной и индоцианиновой ангиографии, методом дедукции ставится диагноз.

### **Осмысление архитектуры сетчатки: морфология, структура и экзогенность**

#### **Морфология**

Морфология отражает форму и толщину сетчатки и сосудистой оболочки в двух измерениях, и объем — в трех измерениях. Изучать морфологию обычно легче, чем структуру, текстуру или экзогенность.

Морфологическая интерпретация ОКТ-изображения или среза должна выполняться от стекловидного тела по направлению к сосудистой оболочке, путем последовательной оценки структур каждого слоя.

Витреоретинальный интерфейс всегда хорошо виден, так же, как и изменения стекловидного тела. Легко выявляются плотные атипичные образования стекловидного тела. Хорошо видна частично или полностью отслоенная задняя гиалоидная мембрана.

Патологические изменения вблизи поверхности, в том числе кровоизлияния, выглядят как гиперэхогенные зоны, хорошо видны плотно адгезированные эпиретинальные мембраны.

Контур, или профиль, сетчатки отражает точную картину морфологических изменений внутренних слоев сетчатки. Они могут быть распространенными или локализованными. Фовеолярная депрессия может быть нормальной или измененной.

Затем изучается морфология слоев сетчатки и их патологических изменений.

После этого исследуются морфология и патологические изменения комплекса пигментный эпителий-хориокапилляры.

Затем оцениваются более глубокие слои сосудистой оболочки и, иногда, склеры.

## **Структура**

Оценка структуру сетчатки заключается в понимании структуры ее внутреннего каркаса, разделение на слои и сегменты.

Современные методики ОКТ обеспечивают хорошую визуализацию низко- и высокоэхогенных структур, в том числе слоев сетчатки, но также и стекловидного тела, интравитреальных кровоизлияний, ватобразных экссудатов, твердых экссудатов и особенностей пигментного эпителия сетчатки.

## **Каркасные структуры сетчатки**

### **Вертикальные структуры**

- Клетки Мюллера
- Цепочки, состоящие из фоторецепторов, связанных с биполярными и ганглиозными клетками

### **Горизонтальные структуры**

- Внутренняя пограничная мембрана
- Слой нервных волокон
- Слой ганглиозных клеток
- Вены и артерии сетчатки формируют сложную горизонтальную сеть
- Плексиформные слои
- Наружная пограничная мембрана
- Комплекс пигментный эпителий — хориокапилляры
- Сосудистая оболочка
- Склеры

Ядерные и плексиформные слои необходимо оценивать на предмет толщины, эхогенности и наличия патологических образований. Если выявлены аномалии,

необходимо выяснить соотношение толщины отдельных слоев. Также необходимо тщательно исследовать толщину каждого плексиформного и ядерного слоев с целью оценки функции сетчатки в данной области.

Продвигаясь глубже, можно хорошо рассмотреть структуры на уровне фоторецепторов и ПЭС.

Тонкая высокоэхогенная линия, соответствующая наружной пограничной мембране, может наблюдаться сразу же за наружным ядерным слоем выше тел фоторецепторов. Необходимо оценивать ее эхогенность, структурную целостность и ее нарушение.

Сразу же над ПЭС определяется выражено эхогенная линия, отображающая зону соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Эта гиперэхогенная линия проходит вблизи ПЭС, но в зоне центральной ямки из-за увеличения длины колбочек удаляется от него и принимает форму треугольной крыши. Зона соединения должна оцениваться на предмет целостности и ее нарушений, эхогенности и наличия патологических образований.

Хорошо визуализируется ПЭС, на качественных срезах он отображается в виде трех параллельных линий, две из которых гиперэхогенны, между ними находится гипоэхогенная третья. Верхняя линия соответствует интерфейсу между наружными сегментами фоторецепторов и ворсинок ПЭС. Оценивается толщина, эхогенность и наличие патологических образований.

В норме невозможно дифференцировать мембрану Бруха от ПЭС; но при наличии друз или небольшой отслойки ПЭС она становится заметна в виде тонкой гиперэхогенной линии. Мембрану Бруха необходимо оценивать на предмет целостности и наличия разрывов, эхогенности и наличия патологических образований.

Сегментация: Увеличенная разрешающая способность спектральной ОКТ позволяет аппарату точно отображать границы слоев нормальной сетчатки. Программное обеспечение спектральной ОКТ позволяет автоматически определять границы слоев сетчатки и строить карты ее толщины.

Системы ОКТ также точно определяют границы слоев сетчатки при наличии небольшого макулярного отека, но это становится затруднительным при развитых стадиях заболеваний, в том числе при диабетической ретинопатии и возрастной макулярной дегенерации (ВМД). В этих случаях границы слоев сетчатки устройством определяются неправильно.

От внутренних слоев сетчатки до склеры горизонтальные структуры параллельны одна другой и немного вогнуты, они создают многослойный «бутерброд».

Внутренняя пограничная мембрана (ВПМ) является базальной мембраной клеток Мюллера.

В горизонтальном направлении идут слой нервных волокон и слой ганглиозных клеток.

Вены и артерии сетчатки формируют сложную горизонтальную сеть, лежащую во внутренних слоях сетчатки.

Внутренний и наружный плексиформные слои сформированы горизонтальными и амакринными клетками и сложной сетью межклеточных синаптических соединений биполярных клеток с фоторецепторами — наружный слой, и с ганглиозными клетками — внутренний слой.

Во внутреннем ядерном слое лежат ядра биполярных клеток, клеток Мюллера, горизонтальных и амакринных клеток.

Наружный ядерный слой содержит ядра фоторецепторов, в зоне центральной ямки он становится толще и принимает форму треугольника.

Сразу же над ПЭС можно увидеть выраженно экзогенную линию, которую традиционно считают отображением зоны соединения между наружными и внутренними сегментами фоторецепторов. На самом деле эта полоса соответствует зоне эллипсоида внутренних сегментов.

Комплекс пигментного эпителия сетчатки — хориокапилляров представляет собой прочную горизонтальную структуру.

Последние горизонтальные структуры — это сосудистая оболочка и склера.

Вертикальные и горизонтальные структуры формируют ячейки, ограничивающие распространение патологических процессов, в том числе экссудатов, кровоизлияний и отека. Кистозный отек на ОКТ выглядит как округлые полости и отверстия, ограниченные тканевыми барьерами.

Утрата структуры: хронические заболевания сетчатки и длительное лечение вызывают нарушение нормальной структуры. Системы ОКТ точно отмечают границы слоев сетчатки при начальном макулярном отеке, но это становится затруднительным при развитых стадиях заболеваний сетчатки.

Иногда при отсутствии изменений толщины сетчатки имеются нарушения структуры и уменьшение нормального контраста между слоями.

Невозможно различить анатомические слои сетчатки, в месте видны только два патологических слоя, один соответствует конгломерату внутренних слоев сетчатки, а второй - фоторецепторам.

Изучение ткани сетчатки с очень высоким разрешением дает возможность оценить степень жизнеспособности сетчатки и выявить патологические признаки нарушения нормальной структуры сетчатки.

Некоторые признаки являются общими для тканей с длительно существующими хроническими заболеваниями или неоднократно подвергавшимся лазерному лечению или воздействию ингибиторов эндотелиального фактора роста (VEGF).

При этом можно увидеть, что исследовать нормальные слои невозможно, а нейроэпителий кажется состоящим из двух основных патологических слоев: внутреннего гиперэхогенного, и наружного, слабо эхогенного, который, в свою очередь, также состоит из двух плохо различимых слоев. Наружный слой часто бывает толще внутреннего. При развитии таких изменений, становится невозможным выявить ВПМ или зону соединения внутренних и наружных сегментов. В большинстве таких случаев пигментный эпителий бывает истонченным и, иногда, разорванным.

При утрате структуры автоматическая сегментация невозможна. Аппарат не может точно определить границы слоев сетчатки.

Эти ОКТ-признаки утраты структуры часто встречаются при следующих состояниях: хронические заболевания сетчатки, фиброваскулярные макулярные дегенерации, хронический макулярный отек, ишемическая диабетическая ретинопатия, диабетическая ретинопатия после лазеркоагуляции в течение более пяти лет, диабетический макулярный кистозный отек в фазе регрессии, кистозный отек, диабетическая ретинопатия после повторного введения анти-VEGF препаратов, венозная окклюзия после повторного введения анти-VEGF препаратов, ВМД после повторного введения анти-VEGF препаратов.

### **Эхогенность**

Эхогенность бывает высокой или низкой, ее оценка является важной составляющей анализа ОКТ. Эхогенность определяется силой отраженного тканью сигнала и зависит от количества света, достигающего конкретного слоя, и, поскольку некоторое количество света поглощается вышележащими тканями, количество отраженного света, которое достигает измерительного устройства, также поглощается вышележащими тканями. Эхогенность также может быть повышенной или сниженной.

Вертикальные структуры, в частности фоторецепторы, менее эхогенны, чем горизонтальные. Структура и эхогенность сетчатки в норме часто коррелируют, поскольку каждая структура в норме характеризуется определенной эхогенностью. На основании эхогенности, при ОКТ определяют границы слоев сетчатки. Утрата структуры обычно

вызывает нарушение эхогенности, а нарушение эхогенности указывает на утрату структуры и исчезновение границ. С образовательной целью мы попробуем разделить эти два подхода.

Высокая эхогенность. При использовании цветовой шкалы высоко эхогенные зоны создают красный или белый сигнал. В черно-белом режиме такие структуры отображаются белым или серым цветом, этот режим обеспечивает большую точность оценки эхогенности ткани и более правильное изображение исследуемых тканей.

Усиление эхогенности может возникать вследствие по-ерхностных, интраретинальных или глубоко лежащих изменений:

- Витреоретинальный синдром, макулярные складки: плотные преретинальные или эпиретинальные мем-браны играют главную роль в развитии витреорети- нального синдрома.
- Плотные ватообразные экссудаты и поверхностные кро-воизлияния создают экранирующий эффект. Твердые экссудаты и гиперэхогенные узелковые образования, расположенные в глубине наружных слоев. В макулярной зоне они могут вызвать развитие тяжелых рубцов, нарушающих структуру сетчатки.

При поражении фоторецепторов линия соединения наружных и внутренних сегментов выглядит размытой, нечеткой, разорванной, прерывистой или вообще отсутствует. Часто она исчезает на ограниченном участке или виден ее разрыв или локальные изменения. Эти признаки, по-видимому, отражают поражение эллипсоидной части фоторецепторов. Уменьшение толщины линии соединения свидетельствует о повреждении фоторецепторов. Наружная пограничная мембрана обычно сохраняется лучше.

Недавние термические лазеркоагуляты выглядят как гиперэхогенные вертикальные полосы, тянущиеся от слоя нервных волокон до ПЭС, при этом отмечаются разрывы зоны соединения между наружными и внутренними сегментами и полосы пигментного эпителия.

Могут наблюдаться гипертрофия и гиперплазия пигментного эпителия.

Преэпителиальные и ретроэпителиальные неоваскулярные мембраны, сливающиеся со слоем пигментного эпителия-хориокапилляров, отображаются как гиперэхогенные зоны неправильной формы. Они могут выглядеть удлиненными, веретенообразными, круглыми или неправильной формы.

При рубцевании, вызванном хориоидитом или травмой отмечается усиление эхогенности вследствие развития рубцовой и пигментированной ткани, определяющейся под истонченной сетчаткой.

Сосудистая оболочка. Сильно пигментированные невусы сосудистой оболочки проявляются усилением экзогенности слоя пигментного эпителия—хориокапилляров с экранирующим эффектом и конической тенью.

Низкая экзогенность. Низкая экзогенность может быть вызвана снижением экзогенности самой ткани, в случае атрофии, или наличием вертикальных структур.

В том числе низкая экзогенность наблюдается в случаях утраты структуры сетчатки.

Хорошо заметны полости и серозные отслойки. Для них характерна очень низкая экзогенность, мы рассмотрим их в главе об элементарных изменениях.

Интраретинальные. Отек, кистозный отек, кисты, микрокисты, ретиношизис — эти интраретинальные полости обладают очень низкой экзогенностью.

Субретинальные, серозные отслойки сетчатки. Верхние слои полости формируют с пигментным эпителием угол менее  $45^\circ$ . В субретинальном пространстве скапливается жидкость.

Под пигментным эпителием, отслойки пигментного эпителия: пигментный эпителий отслаивается от мембраны Бруха. Пигментный эпителий образует с мембраной Бруха угол больше  $45^\circ$ .

#### **Содержимым отслойки может быть:**

- Серозная жидкость: прозрачное, оптически пустое пространство; визуализируется мембрана Бруха.
- Мутная жидкость с клеточным содержимым в случае воспалительной экссудации или старческой дегенерации.
- Кровь: выпячивание содержит плотное скопление клеток крови, формирующих умеренно гиперэкзогенную полосу под отслоенной тканью, создающую экранирующий эффект и скрывающую мембрану Бруха и другие нижележащие слои.
- Сосудистая ткань или фиброваскулярная ткань: сосудистая или фиброваскулярная ткань при ВМД или полипозной хориоидальной васкулопатии обычно располагается во внутренней верхней части выпячивания.

#### **Зоны тени — экранирующие элементы**

Плотные ткани формируют экран, который может полностью или частично экранировать оптическое когерентное излучение, создавая, таким образом, зоны тени, скрывающие глубже лежащие элементы.

Структуры сетчатки могут быть скрыты на различных уровнях, на преретинальном, интраретинальном и в задних слоях. Экранирующие элементы, обычно одиночные, иногда могут группироваться. Источниками тени являются сосуды сетчатки и другие плотные образования более глубоких слоев.

Тень, создаваемая сосудами сетчатки, на короткий промежуток прерывает линию соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Эту картину не следует путать с истинным повреждением фоторецепторов. Мы всегда должны проверять, нет ли ретинального сосуда над областью ослабления сигнала.

Передние слои. В норме сосуды сетчатки легко узнаваемы; они выглядят как округлые образования с содержимым в форме водяных часов. Они отбрасывают тень на нижележащие слои, что позволяет их обнаружить. Микро- и макроаневризмы также отбрасывают тень на нижележащие слои.

Кровоизлияния и ватообразные экссудаты создают конусовидную тень, только если они очень плотные и толстые.

Глубокие слои. Твердые экссудаты глубоких слоев сетчатки отбрасывают плотную тень. Пигментированные образования также могут экранировать свет и отбрасывать плотную тень. Для гиперплазии и гипертрофии пигментного эпителия характерна высокая плотность. Фиброваскулярные пигментированные рубцы и субретинальные неоваскулярные мембраны могут создавать зону тени.

Невусы сосудистой оболочки. На их наличие указывает усиление экзогенности сосудистой оболочкой непосредственно в зоне контакта с пигментным эпителием, небольшое увеличение толщины этого слоя, и тень, отбрасываемая на нижележащие слои.

### **Структура**

Структура сетчатки определяется ее внутренним каркасом и архитектурой, разделением на слои и сегментацией.

Современные методики ОКТ обеспечивают хорошую визуализацию высоко- и низкоэкзогенных структур, в том числе, слоев сетчатки и патологических образований.

Ядерные и плексиформные слои оцениваются на предмет их толщины, экзогенности и наличия патологических образований.

Продвигаясь глубже, можно ясно различить структуры на уровне фоторецепторов и ПЭС.

Сразу же над ПЭС имеется высоко экзогенная линия, отображающая зону соединения между внутренними и наружными сегментами фоторецепторов. Эта зона соединения оценивается на предмет ее целостности, прерывистости, экзогенности, толщины и наличия патологических образований.

ПЭС виден отчетливо, на качественно выполненных томограммах он представлен тремя параллельными линиями. Мы оцениваем их толщину, экзогенность, целостность, непрерывность и наличие патологических образований.

Мембрана Бруха оценивается на предмет целостности, непрерывности, экзогенности и наличия патологических образований.

В норме визуализация вертикальных структур сетчатки затруднена. Они лучше видны при наличии экссудатов, кровоизлияний или кистозного отека.

**Сегментация.** Высокая разрешающая способность SD-ОКТ позволяет аппарату точно идентифицировать слои неизменной сетчатки. Сетчатка представляет собой несколько наложенных друг на друга вогнутых слоев.

Программное обеспечение спектральной ОКТ успешно автоматически определяет границы слоев неизменной сетчатки, что позволяет более точно картировать толщину сетчатки.

При хронических заболеваниях сетчатка утрачивает свою структуру, и ее сегментация становится крайне затруднительной или невозможной.

Иногда сама по себе толщина сетчатки остается нормальной, но утрачивается ее структура и снижается контраст между слоями.

При невозможности определить границы нормальных слоев сетчатки определяются два патологических слоя: внутренний соответствует конгломерату внутренних слоев сетчатки, а наружный — слою фоторецепторов. Выделить другие составляющие элементы каждого конгломерата не представляется возможным.

Некоторые признаки являются общими для тканей при длительных хронических заболеваниях и при повторных лазеркоагуляциях и введениях анти-VEGF препаратов.

В этих случаях мы можем увидеть, что четко различить нормальные слои сетчатки невозможно, а нейроэпителий состоит из двух основных патологических слоев: гиперэхогенного внутреннего и низкоэхогенного наружного, состоящего, в свою очередь, из двух трудноразличимых пластинок. Наружный слой часто бывает толще, чем внутренний. На этой стадии патологических изменений становится невозможным идентифицировать ВПМ или зону соединения наружных и внутренних сегментов. В большинстве случаев пигментный эпителий истончен, иногда наблюдается его деструкция.

### **Текстура**

Оценка текстуры — важная составляющая анализа ОКТ, но она все еще не часто выполняется. Текстура может быть мелкой или грубой. Текстура и эхогенность структур сетчатки часто коррелируют, в норме каждая структура характеризуется определенной текстурой.

По текстуре исследуемая зона может быть зернистой, гранулярной, грубой, волнистой, морщинистой, шероховатой, мелкой, туманной, мутной, гладкой, мелкозернистой, шелковистой, атласной, фиброзной, фиброваскулярной. Оценка текстуры все еще широко не используется в повседневной практике интерпретации ОКТ изображений. Но, вероятно, она станет важной составляющей анализа ОКТ.

Содержимое полости или отслойки может быть оптически пустым, туманным (при ОКТ может выявляться гиперэхогенное облако фибрина в субретинальном пространстве),

геморрагическим (плотное скопление клеток крови в субретинальном пространстве, отображающееся в виде слабо гиперэхогенной полосы, создающее эффект тени и экранирующее нижележащие слои), сосудистым или фиброваскулярным.

#### **Варианты текстуры**

- Зернистая (Grainy)
- Гранулярная (Granular)
- Грубая (Rough)
- Шероховатая (Coarse)
- Мелкая (Fine)
- Гладкая (Smooth)
- Волнистая (Wavy)
- Морщинистая (Corrugated)
- Мелкозернистая (Fine grained)
- Шелковистая (Silky)
- Атласная (Satin)
- Фиброзная (Fibrous)
- Фиброваскулярная (Fibrovascular)

#### **КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ**

При количественном анализе оцениваются линейные размеры, площадь поверхности, объем элементов, составляющих ОКТ-изображение, в результате становится доступна информация о топографии, толщине и объеме.

##### **Линейные измерения толщины**

Для измерения линейных размеров на изображение ткани сетчатки помещают два маркера. Первый маркер устанавливают на витреоретинальный интерфейс, а второй на пигментный эпителий. Поскольку пигментный эпителий состоит из нескольких слоев, значения толщины сетчатки могут варьировать в зависимости от используемого аппарата ОКТ. В настоящее время стандартизация измерений ОКТ отсутствуют, поэтому нельзя сравнивать линейные значения толщины, полученные с помощью разных спектральных аппаратов.

Очень важно оценивать не только толщину всей сетчатки, но также толщину ее отдельных слоев. Установив маркер на внутреннем плексиформном слое можно отдельно оценивать толщину внутренних и наружных слоев сетчатки. В действительности чувствительность спектральной ОКТ настолько высока, что в норме мы можем оценить толщину почти любого слоя сетчатки и сосудистой оболочки. Большое значение имеет исследование наружного ядерного слоя, в котором лежат ядра фоторецепторов. Уменьшение толщины этого слоя указывает на повреждение фоторецепторов.

Толщину сосудистой оболочки удается измерить более чем в 80% здоровых глаз и более чем у 90% миопических глаз.

##### **Фронтальные и «enface» измерения**

Растровое сканирование при линейном В-сканировании позволяет построить макулярный куб. Затем мы можем получить его плоскостные срезы или же срезы, адаптированные к чашеобразной вогнутости пигментного эпителия. Мы картируем и измеряем наружные и внутренние слои сетчатки и всю сетчатку на всю ее толщину. Устанавливая на пигментном эпителии маркеры, мы можем изучить морфологию, площадь и объем друз, а также изменения пигментного эпителия. Некоторые аппараты позволяют рассчитывать параметры более глубоких слоев — сосудистой оболочки и даже склеры — в режиме 3D. В зависимости от конкретных технических возможностей спектрометра.

### **Количественная сегментация**

Сегментацию слоя нервных волокон можно выполнить на любом ОКТ-томографе. Это особенно полезно при обследовании пациентов с глаукомой. Количественная сегментация также позволяет получить данные о наружных и внутренних слоях сетчатки, комплексе ганглиозных клеток, наружных слоях сетчатки, лежащих между пигментным эпителием и внутренним плексиформным слоем. Сегментация позволяет измерять толщину и объем внутренних и наружных слоев сетчатки, но изменения сетчатки могут вызывать грубые нарушения сегментации.

### **Количественные измерения сосудистой оболочки**

Толщину сосудистой оболочки удастся измерить более чем в 80% здоровых глаз и более чем у 90% миопических глаз.

### **Картирование сетчатки**

Большинство аппаратов ОКТ на основании 100-200 горизонтальных параллельных срезов строят куб тканей размером 4x4 мм. Этот куб ограничивается ВПМ и пигментным эпителием. Большинство спектральных аппаратов выполняют 60 В-сканирований в секунду, что обеспечивает прекрасное разрешение. Делая 64 горизонтальных или расровых срезов примерно за секунду, мы получаем очень хорошее разрешение. Топографическая карта разделена на сектора с указанием их толщины и стандартного отклонения от нормальных значений. Эти карты могут быть двух- или трехмерными, на них может отображаться сетка или кривые изменения параметров. Optovue также позволяет разделять внутренние и наружные слои сетчатки по внутреннему плексиформному слою. Можно измерить толщину слоя нервных волокон и получить карту слоя нервных волокон.

Программное обеспечение мониторинга течения заболевания. Очень полезный инструмент для наблюдения за течением болезни на фоне лечения или при его отсутствии.

Карты значимости. Указывает на значения толщины, выходящие за пределы нормальных.

### **Карты микропериметрии**

Некоторые аппараты ОКТ, например, ОТИ/ОРКО, позволяют выполнять микропериметрию. Это важная и информативная методика позволяет вместе с анатомическими изменениями оценивать состояние функций.

### **Объем сетчатки и сосудистой оболочки**

Каждый аппарат ОКТ может рассчитать объем сетчатки на каждой карте. Это имеет значение при наблюдении за развитием различных изменений на фоне лечения или при его отсутствии. Некоторые программы позволяют рассчитать объем отдельных областей.

Определение объема сосудистой оболочки в настоящее время является гораздо более трудной задачей. Этот процесс все еще не автоматизирован, измерения и расчеты приходится выполнять вручную.

## **Анализ трехмерных изображений и срезов «en face»**

Технология «en face» позволяет получать фронтальные срезы, адаптированные к кривизне заднего полюса глаза. Стандартный анализ сетчатки и макулярной области должен включать в себя анализ изображений «en face».

Перпендикулярные срезы позволяют строить двухмерные изображения сетчатки. Срезы «en face» добавляют третье измерение. Трехмерное исследование сетчатки и сосудистой оболочки являются информативным и необходимым дополнением к традиционному перпендикулярному В-сканированию.

Трехмерные изображения получаются яркими и наглядными. Их преимущества в качестве учебного пособия очевидны.

Томограммы «en face» более яркие, так как они отображают количественные клинические данные о заболеваниях сетчатки и сосудистой оболочки. Они имеют большое значение для исследований.

Поскольку сетчатка имеет чашеобразную форму, плоский срез (при классическом С-сканировании) проходит через все слои сетчатки и сосудистой оболочки с получением сложного изображения, трудно поддающегося анализу и сложного для понимания.

Фронтальные срезы «en face», повторяющие вогнутость пигментного эпителия и проходящие через патологические образования, проще для анализа. Фронтальные срезы проходят параллельно идеальной поверхности пигментного эпителия на постоянной глубине через сетчатку или сосудистую оболочку, что позволяет изучать каждый слой по отдельности. Срезы «en face» легко выполнимы, такие изображения не вызывают трудностей при анализе.

Первым шагом является построение макулярного куба. Затем на основании полученных данных строятся изображения «en face». Технология позволяет оператору задавать нужную глубину и исследовать интересующий слой.

Срезы «en face» могут проходить параллельно кривизне внутренней пограничной мембраны или вогнутости пигментного эпителия. Профиль выбирается в зависимости от того, исследуются ли слои сетчатки или сосудистой оболочки.

Срезы внутренней пограничной мембраны исследуются при витреальной или витреоретинальной патологии; внутренний плексиформный слой — при наличии отека или экссудатов, при заболеваниях наружных слоев сетчатки или сосудистой оболочки срез адаптируется под вогнутость пигментного эпителия.

Технология «en face» может адаптироваться к неровностям пигментного эпителия сетчатки или внутренней пограничной мембраны. Этот метод позволяет получить трехмерные изображения, информативные при определении формы и размеров патологического образования, и является совершенным учебным пособием.

Для получения срезов в качестве контрольной поверхности обычно принимают пигментный эпителий как идеальную вогнутую поверхность. Это позволяет нейтрализовать неровности пигментного эпителия в исследуемом глазу и создает абстрактную совершенную трехмерную контрольную структуру.

Толщина среза: снижая толщину, исследователи получили тонкий срез сетчатки. Изображение выйдет немного шумным, но чувствительность будет очень высокой. При утолщении среза изображение получится более четким, но мелкие детали могут исчезнуть, поскольку исследуется не тонкий срез, а толстая пластина ткани сетчатки.

Глубина сканирования: перемещая кнутри или кнаружи от слоев сетчатки чашеобразную плоскость среза «en face», изучают различные слои сосудистой оболочки.

Аппарат автоматически выводит на экран точную глубину среза сетчатки или сосудистой оболочки и его толщину.

Фронтальные томограммы «en face» обычно более сложные, чем перпендикулярные срезы при В-сканировании. Они труднее читаются и не так интуитивны, но обучение не занимает много времени.

### **Клиническое применение сканирования «en face»**

Сканирование «en face» способствует диагностике заболеваний сетчатки и сосудистой оболочки.

Смещая срез «en face» кнутри от пигментного эпителия, получают изображения неизмененных наружных слоев сетчатки и лежащих на этом уровне патологических

образований: друз, отслоек пигментного эпителия, новообразованных субретинальных сосудов и т. д.

При возрастной макулярной дегенерации срезы «en face» позволяют досконально изучить форму отслоек пигментного эпителия и состояние их стенок. Мы также можем оценить их различные характеристики: форму, толщину, размеры и т. д. Форма отслойки пигментного эпителия может быть правильной и неправильной. Большое значение имеет измерения ее размеров и диаметра.

Форма отслоек пигментного эпителия имела характерные признаки: они были неправильной овальной формы (29%), мультилобулярными (24%) и мультилобулярными + кластерными (24%). Стенки отслоек пигментного эпителия при ВМД оказались толстыми, шероховатыми и неровными.

В зависимости от этиологии, стенки отслойки пигментного эпителия могут быть толстыми или тонкими, ровными и неровными, гладкими или шероховатыми.

При исследовании друз фронтальные срезы проходят через друзы немного кнутри от ПЭС. Друзы отображаются в виде округлых образований, немного неправильной формы, с относительно толстыми стенками.

При центральной серозной хориоретинопатии фронтальные срезы отражают размеры отслоек пигментного эпителия и позволяют точно оценивать состояние фоторецепторов. Авторы выявили, что при ЦСХРП форма отслойки пигментного эпителия сетчатки была преимущественно абсолютно круглой (45%) или округлой (45%); в глазах с центральной серозной хориоретинопатией никогда не встречалась мультилобулярная или кластерная отслойка ПЭС. В нескольких случаях она была неправильной овальной формы (10%). Стенки отслойки пигментного эпителия оказались тонкими, гладкими и прямыми.

Отслойки пигментного эпителия при хронической диффузной эпителиопатии по своей форме распределялись следующим образом: округлой формы (33%), неправильной овальной формы (33%) и мультилобулярные (34%).

Сканирование «en face» позволяет изучать отслойки пигментного эпителия и их стенки и при полипоидной хориоидальной васкулопатии. Обычно они овальной формы с гладкими и тонкими стенками, более напоминают отслойки при центральной серозной хориоретинопатии, чем при ВМД.

При диабетической ретинопатии сканирование «en face» помогает определить тип и оценить протяженность диффузного или кистозного макулярного отека. Поперечные срезы информативны при исследовании кистозного макулярного отека, они отображают протяженность и форму отечных кист, позволяют наблюдать за их развитием, оценивать их

паттерн и стадию. Этот метод позволяет наблюдать за объемом отечных кист после интравитреального введения антиангиогенных препаратов.

При исследовании кистозного макулярного отека при послеоперационном отеке сетчатки обычно наблюдается очень правильное расположение псевдокистозных полостей, лежащих гораздо более равномерно, чем при диабетической ретинопатии или венозной окклюзии.

Сканирование «en face» имеет большое значение при изучении диффузного и кистозного макулярного отека, оно позволяет оценивать его протяженность и стадию развития при окклюзии ветви центральной вены сетчатки.

Фронтальные томограммы также информативны при синдроме множественных исчезающих белых точек, острой зональной оккультной наружной ретинопатии и многих других заболеваниях сетчатки. В этих случаях на срезе «en face» проходящем в заднем полюсе глаза точно на уровне соединения наружных сегментов/внутренних сегментов можно обнаружить рассеянные поражения этих структур.

При тубуляциях наружных слоев сетчатки на поперечных срезах видно строение тубуляций. Они не так просто устроены, как можно было предположить; тубуляции могут представлять собой одну простую или разветвленную тубулу, или же сложную неправильную запутанную сеть.

Фронтальные томограммы помогают понять патогенез и определить тип изменений витреоретинального интерфейса, макулярных складок, эпиретинальных мембран и макулярных разрывов. Он позволяет *in vivo* оценивать протяженность и динамику эпиретинальной тракции. Поперечные срезы позволяют гораздо более детально наблюдать интратретинальные структурные изменения. Срезы «en face» на уровне внутренней пограничной мембраны позволяют наблюдать эволюцию складки и других послеоперационных изменений витреоретинального интерфейса. Складки сетчатки, параллельные или образующие фигуру звезды, и макулярный псевдоразрыв обычно регрессируют, но не всегда исчезают полностью. Часто наблюдается некоторое сморщивание интерфейса, видимо, это явление возникает вследствие пилинга внутренней пограничной мембраны и, возможно, изменений клеток Мюллера.

При сквозных макулярных разрывах при поперечном сканировании выявляется комплекс изменений, характерных для кистозного отека, с двумя или тремя циркулярными рядами мелких ячеек, окружающих разрыв. В таких случаях трехмерное изображение и сканирование «en face» позволяют получить обзорное изображение, помогающее понять структуру патологических изменений. Это обеспечивает точную диагностику изменений интратретинальных структур.

На изображениях «en face» хорошо видны эпиретинальные мембраны, определяется распределение тракционных сил в толще слоев сетчатки.

Смещая плоскость сканирования кнаружи от пигментного эпителия, получают срезы слоев сосудистой оболочки до склеры.

На фронтальных томограммах сосудистой оболочки в норме и при патологических изменениях исследователь видит изображение слоев хориоидеи, полученное, в отличие от ангиографии, неинвазивным методом, который может стать альтернативой ангиографии с индоциан-зеленым. Мелкие сосуды слоя Саттлера исследуют, выполняя тонкие срезы, слоя Галлера — более толстые срезы. Глубже, в склере, можно хорошо рассмотреть каналы задних коротких цилиарных артерий и нервов.

С применением технологий Optovue RTVue en face и RPEfit Zeiss Cirrus просто выполняются легко читаемые томограммы «en face», адаптированные к чашеобразной форме пигментного эпителия. Они формируют новое понимание природы многих заболеваний.

На томограммах «en face» на уровне внутренней пограничной мембраны видны патологические изменения витреоретинального интерфейса, параллельные или в форме звезды складки сетчатки. На изображениях «en face» хорошо визуализируются эпиретинальные мембраны, определяется распределение тракционных сил в толще слоев сетчатки. Это позволяет *in vivo* оценить протяженность и динамику эпиретинальных тракций. На этих срезах «en face» видна центральная плотная фиброглиальная складка, окруженная радиальными складками сетчатки, возникшими вследствие ретракции центральной складки. Эволюция эпиретинальных мембран привела к развитию макулярного псевдоразрыва.

Срезы «en face» на уровне внутренней пограничной мембраны позволяют отследить эволюцию центральной складки и других патологических изменений витреоретинального интерфейса после хирургического пилинга. Складки сетчатки, параллельные или образующие фигуру звезды, а также макулярный псевдоразрыв значительно регрессировали, но не исчезли совсем. Это может проявляться некоторым сморщиванием интерфейса, которое, вероятно, развилось в результате пилинга внутренней пограничной мембраны и, возможно, вследствие патологических изменений клеток Мюллера.

#### **Режим «en face» одним нажатием**

Новое программное обеспечение RTVue 100 упрощает и ускоряет получение изображений «en face». Оно создает режим «en face одним нажатием» (Lumbroso-vue), позволяющий одним движением получить пять срезов: четыре томограммы «en face»,

отображающих клинически наиболее значимые фронтальные срезы, и перпендикулярный срез.

Первый срез «en face» выполняется на уровне поверхности сетчатки, второй — в более глубоких слоях сетчатки. Третий срез «en face» проходит параллельно пигменту сетчатки. Четвертый срез проходит через сосудистую оболочку параллельно ПЭС на уровне сосудистого слоя Галлера.

Перпендикулярный ОКТ срез отображает точный уровень каждого фронтального среза в толще сетчатки.

На первом срезе «en face» видны патологические изменения витреоретинального интерфейса, складки сетчатки, параллельные или в форме звезды.

На втором срезе, проходящем через более глубокие слои сетчатки, можно увидеть диффузный отек, кистозный отек и экссудаты.

Третий срез «en face» проходит через друзы и отслойку ПЭС. Он информативен при БМД, хориоидальной полипозной васкулопатии, центральной серозной ретинопатии и диффузной хронической эпителиопатии.

Четвертый срез через эпителий сосудистой оболочки отражает состояние хориоидеи: дилатация сосудов хориоидеи наблюдается при центральной серозной ретинопатии, диффузной хронической эпителиопатии, венозной окклюзии и приеме некоторых препаратов. Сосуды хориоидеи становятся тоньше при атрофиях и дистрофиях сетчатки.

Так средний пользователь ОКТ сможет быстро и просто получить наиболее клинически информативные диагностические изображения с обозначением их точного расположения относительно слоев сетчатки и хориоидеи. Пользователь ОКТ — эксперт, изменяя толщину и глубину срезов, сможет оценить любые диагностические нюансы.

## **Синтез и дедукция**

Синтез — последний и наиболее важный этап, завершающий процесс логического анализа. С его помощью выполняется общая оценка всех данных, полученных при проведении различных диагностических исследований и, затем, с помощью дедукции ставится диагноз.

В процессе синтеза при обработке ОКТ участвуют технические средства и интеллектуальная составляющая, синтез является завершающей и наиболее важной частью анализа. Это обязательный этап, его нельзя пропускать, пытаясь в спешке сразу перескочить к выводам. Диагноз нельзя угадывать, он должен ставиться в результате

методического процесса, который может быть быстрым и легким, а может потребовать длительных размышлений.

Дедукция и синтез — самая важная заключительная стадия интерпретации изображений глаза, во время этой стадии применяется метод логических дедуктивных заключений.

Синтез включает в себя, в общем, данные, полученные при качественном и количественном анализе ОКТ, анамнестические сведения, результаты объективного обследования, ангиографии с флюоресцеином и индоцианином зеленым и аутофлюоресценции, также нельзя забывать о результатах микропериметрии, отражающих функциональное состояние.

### **ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

В настоящее время получаемые при оптической когерентной томографии изображения снабжают нас огромным количеством данных, которые мы должны классифицировать, оценивать, сохранять или удалять как неинформативные.

Необходимо сопоставить все элементарные изменения, выявленные при ОКТ. На стадии анализа мы должны выделить на ОКТ-томограмме ее составляющие: морфологию и структурную сегментацию, зоны высокой и низкой экзогенности. Мы получаем количественные данные: топографию, толщину сетчатки, картирование и волнометрию. Анализ прогрессирования и картирование значимости эффективны при наблюдении за течением заболевания. На картах значимости отображаются значения толщины, отличающиеся от имеющихся в базе данных; это имеет большое значение на этапах синтезе и дедукции.

### **ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Срезы при оптической когерентной томографии разделяются на составляющие, классифицируются и реорганизуются (с учетом качественных изменений, данных о гипер- и гипозоногенности, а также морфологии, структуре и архитектуре сетчатки, количественных данных, толщины сетчатки, карт сетчатки, оценки диска зрительного нерва, карты комплекса ганглиозных клеток и объема сетчатки, трехмерного изображения и срезов «en face»). Также важно установить анатомическую локализацию патологических структур в глубоких, или поверхностных слоях сетчатки.

Часто при крайне беспорядочном расположении патологических изменений анализ ОКТ вызывает трудности. Полезные сведения дает сегментация, если она выполнима. Необходимо сравнить друг с другом различные срезы: серии перпендикулярных срезов и срезов «en face».

Большинство пользователей в повседневной работе используют лишь небольшую часть возможностей ОКТ. Скорость технического развития ОКТ может превысить способности к интерпретации и анализу многих использующих ее офтальмологов, оптометристов и техников.

### **КЛИНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, НАПРЯМУЮ НЕ СВЯЗАННЫЕ С ОКТ**

Клинические данные, не связанные напрямую с ОКТ, играют важную роль в общей оценке результатов обследования пациента. Недопустимо оценивать и анализировать ОКТ, игнорируя общие признаки заболевания. Пользователи ОКТ, ставящие диагноз на основании томограмм сетчатки также должны иметь возможность ознакомиться и с другими данными: возраст пациента и общий медицинский анамнез, результаты исследования сердечно-сосудистой системы, офтальмологический анамнез и динамику зрительных функций, данные о развитии заболевания и т.д. Исследователь также должен быть информирован об анамнезе жизни пациента.

Наибольшее значение имеет полное офтальмологическое обследование, в том числе осмотр на щелевой лампе возможность фотографирования глазного дна и оценка аутофлуоресценции, выполнения флюороангиографии и ангиографии с индоцианин-зеленым, ультразвукового исследования, данные периметрии, микропериметрии, тонометрии и т. д. Важно исследовать фотографии всех фаз флюорографии, от первой до последней. Также выполняется анализ результатов полного офтальмологического обследования.

### **ПРОЦЕСС СИНТЕЗА**

Начинают с разделения данных на составляющие элементы, затем их собирают вместе, классифицируют, систематизируют, группируют, реорганизуют и объединяют отдельные части, формируя новые сложные сочетания.

### **Общая реконструкция глазного дна**

Этапы анализа при исследовании глазного дна необходимо дополнять элементами синтеза. Важно, а в некоторых случаях обязательно, пользоваться трехмерными изображениями и срезами «en face», сравнивать их с картами сетчатки и диска зрительного нерва, чтобы быстро реконструировать полное изображение глазного дна. Особенно информативны фронтальные срезы, адаптированные к вогнутости сетчатки.

Результатом синтеза является общая оценка всех данных, полученных при различных диагностических манипуляциях, на основании которой осуществляется диагностика. Комбинируются различные элементы и составные части и реконструируется логически последовательный вывод.

### **ДЕДУКЦИЯ**

Этап дедукции — это заключительный этап процесса синтеза, во время которого мы оцениваем собранные и перегруппированные элементы и строим вывод, переходим к заключению и завершаем постановкой диагноза. Точная оценка каждого из основных составных компонентов ОКТ-томограммы позволяет поставить точный логически обоснованный диагноз.

### **ТРУДНОСТИ И ОПАСНОСТИ СИНТЕЗА**

Изучение нескольких отдельных срезов не обеспечивает получения точной и исчерпывающей информации и не позволяет правильно оценить результаты ОКТ. Необходимо упомянуть, что в отдельных случаях при аномалиях глазного дна ОКТ может не выявлять патологических изменений, и, наоборот, при отсутствии изменений глазного дна при ОКТ такие изменения могут быть выявлены. Большое значение при определении распространенности и типа изменений имеют трехмерные изображения и срезы «en face».

Изображения патологических изменений сосудистой оболочки и сетчатки на отдельных перпендикулярных срезах едва ли будут информативными. Не связанные друг с другом элементы, оцениваемые комплексно, обретают новое значение и позволяют всеобъемлюще оценить патологические изменения глаза (с точки зрения топографии и при поражении различных тканей и оболочек глаза). Изучение всех этих томограмм позволяет всесторонне оценить заболевание пациента.

Другая сложность процесса синтеза заключается в том, что в повседневной работе нам приходится решать, какие данные необходимо сохранить, а какие можно удалить. Фактически невозможно постоянно учитывать все данные. Существует серьезная опасность непреднамеренно удаления важных результатов. Мы вынуждены игнорировать значительную часть получаемых данных, чтобы не оказаться перегруженными информацией, но при этом мы рискуем упустить важные факты и показатели.

Рискованно прийти к недостаточно сбалансированному заключению, не придавая должного значения какой-либо полезной информации, и уделяя слишком много внимания незначительным фактам.

Таким образом, во время последней стадии процесса анализа все имеющиеся разнородные данные реорганизуются, перегруппировываются, рекомбинируются, чтобы с помощью дедуктивных рассуждений прийти к диагнозу и назначить лечение.

Суммируя вышесказанное, синтетическая стадия обработки ОКТ-томограмм позволяет лучше изучить ранее плохо изученные патологические состояния и расширить горизонты знаний о болезнях глаз. ОКТ в первые пять лет применения позволила получить важные данные в области этиологии и патофизиологии ламеллярных и макулярных разрывов, тракций сетчатки, макулярного отека, отслоек пигментного эпителия и отслоек

сетчатки. Она изменила взгляды на заболевания сетчатки и их развитие, а также изменила показания к витреоретинальным хирургическим вмешательствам.

Позже, с появлением спектральных аппаратов этот метод исследования позволил обогатить знания о развитии глаукомы и улучшить результаты лечения. Благодаря развитию и прогрессу в этой области, а также изучению комплекса ганглиозных клеток и использованию схем прогрессирования, углубилось понимание патофизиологии различных форм глаукомы.

Значительно улучшились возможности наблюдения за хориоидальными новообразованными сосудами и их эволюцией после интравитреальной терапии. Количественная ОКТ имеет большое значение при изучении эффективности новых методов лечения, эволюции неоваскулярных мембран после проведения лечения, определении показаний к повторному лечению и сроков лечения.

Считается, что одной из наиболее важных областей применения ОКТ в будущем будет оценка новых методов лечения, включая интравитреальные и субретинальные инъекции, новые методы ретробульбарного введения, терапевтические интравитреальные импланты, и т. д.

Аналитический разбор томограмм стандартной (time-domain) ОКТ включал в себя изучение морфологии (т. е. морфологических изменений, аномальных структур), изменений эхогенности (т. е. гиперэхогенность, гипоехогенность, эффект тени) и количественных оценок (толщина, картирование, объем).

Сейчас, с появлением спектральной ОКТ использующей принцип Фурье, дополнительно анализируются структура, сегментация, текстура, трехмерные и «en face» изображения.

В ходе дальнейшей дедуктивной обработки и синтеза комбинируются элементы анализа ОКТ с другими данными анамнеза, клинического обследования, аутофлуоресценции, флюороангиографии, ангиографии с индоцианином зеленым, и комбинация этих фактов позволяет методом дедукции поставить диагноз.

ОКТ — надежный, воспроизводимый и неинвазивный метод обследования, являющийся в настоящее время обязательной частью рутинного обследования глаза при диагностике и наблюдении за развитием заболеваний заднего полюса, переднего сегмента и глаукомы.

Современные методы ОКТ позволили достичь новых рубежей в исследовании сосудистой оболочки, изучить форму и размеры слоев Саттлера и Галлера, размеры хориоидальных сосудов при различных заболеваниях, толщину сосудистой оболочки в зависимости от возраста и рефракции. Мы многое узнали об изменениях сосудистой

оболочки при центральной серозной хориоретинопатии и возрастной макулярной дегенерации, при новообразованных сосудах и окклюзиях сосудов.

В обозримом будущем, вероятно, получим аппараты ОКТ, в которых будет использоваться излучение с другими длинами волн и лучшими возможностями исследования, глубины проникновения, скорости, точности и четкости изображения. Новые методики ОКТ уже позволяют изучать склеру и в будущем позволят изучать глазницу позади глаза. Другие аппараты ОКТ позволят изучать физиологию сетчатки, и, вероятно, вскоре появится полуавтоматическая ОКТ-диагностика, которая облегчит работу перегруженному оператору ОКТ.

## **Элементарные изменения на ОКТ**

После того, как на первом этапе анализа изображение раскладывается по морфологии, структуре, стратификации и эхогенности, на втором этапе выявляются элементарные изменения. Элементарные изменения — это наименьшие основные изменения, которые можно выделить на оптической когерентной томограмме.

В процессе логического анализа ОКТ-изображения выделяются наименьшие простейшие элементы, чтобы по отдельности изучить составляющие изображение части. Выделив все основные и простейшие части, мы можем отбросить или проигнорировать некоторые моменты, чтобы сконцентрировать внимание на важных элементах, а затем вновь собрать вместе основные компоненты, чтобы воссоздать более ясную общую картину. Интерпретация станет проще и логичнее.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

#### **Элементарные изменения контуров сетчатки**

- Изменения внутреннего контура сетчатки
  - Изменения профиля центральной ямки
  - Пре- и эпиретинальные мембраны
  - Макулярные разрывы
  - Ламеллярные разрывы
  - Макулярные псевдоразрывы
- Изменения наружного контура сетчатки
  - Патология пигментного эпителия: друзы
  - Патология пигментного эпителия: атрофия
  - Куполообразная макула
  - Задняя стафилома при миопии

#### **Полости сетчатки и сосудистой оболочки**

- Серозные отслойки сетчатки
- Отслойки пигментного эпителия
- Отек (кистозный, локальный, диффузный)
  - Фокальный или диффузный отек
  - Начальный кистозный отек

- Развитой кистозный отек
- Кистозный отек в стадии регресса
- Кистозный отек при хориоидите и увеите
- Кистозный макулярный отек при макулярном разрыве
- Ювенильный X-сцепленный макулярный ретиношизис — Макулярный шизис при миопии
- Полости сосудов
- Нормальные и патологические сосуды
- Микро- и макроаневризмы
- Полости при телеангиэктазах сетчатки
- Полости наружных слоев сетчатки: тубуляции наружных слоев сетчатки
- Полости наружных слоев сетчатки: макулопатия никотиновой кислоты
- Полости наружных слоев сетчатки: патология соединения наружных и внутренних слоев фоторецепторов, напоминающая полости
- Кавитации: перипапиллярные полости сосудистой оболочки
- Плотные образования и отложения
- Кровоизлияния
- Экссудаты
- Твердые
- Ватообразные
- Субретинальные отложения
- Пигмент
- Липофусцин
- Тамоксифен
- Неоваскулярные мембраны
- Классические мембраны
- Оккультные мембраны
- Фиброваскулярные рубцы

#### **Изменения толщины слоев сетчатки**

- Атрофия, дистрофия слоев сетчатки и сетчатки целиком
- Окклюзии артерий
- Глаукома
- Атрофии зрительного нерва

#### **Изменения наружных слоев сетчатки и пигментного эпителия**

- Патология соединения наружных/внутренних сегментов
- Изменения пигментного эпителия: друзы
- Изменения пигментного эпителия: атрофия
- Аномалии пигментации: гиперплазия и гипертрофия пигментного эпителия
- Меланомы
- Невусы

#### **Изменения сосудистой оболочки**

- Возрастные изменения толщины сосудистой оболочки
- Увеличение толщины сосудистой оболочки
- Хронические эпителиопатии и центральные серозные хориоретинопатии
- Воспаления сосудистой оболочки
- Хориокапиллярит
- Болезнь Фогта-Каянаги-Харада
- Сосудистые окклюзии
- Силденафил
- Истончение сосудистой оболочки
- Близорукость
- Атрофические макулярные дегенерации
- Полости сосудистой оболочки
- Опухоли сосудистой оболочки

- Гемангиомы сосудистой оболочки
- Меланомы
- Остеомы
- Невусы

## **ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТУРОВ СЕТЧАТКИ**

Изучение состояния контуров сетчатки и фовеолярной депрессии — первый этап оценки ОКТ-томограммы.

Уменьшение или неправильная форма фовеолярной депрессии может указывать на тракцию поверхности сетчатки эпиретинальными мембранами или на наличие выраженного отека сетчатки. Исчезновение фовеолярной депрессии является проявлением клинически значимого отека сетчатки.

### **Патология внутреннего контура сетчатки**

#### **Изменения профиля центральной ямки**

В норме наблюдается симметричная фовеолярная депрессия. Она может быть расширена, уменьшена или увеличена, или вообще отсутствовать, в последнем случае поверхность сетчатки выглядит плоской.

Поверхность сетчатки может быть выгнутой, в отличие от нормальной вогнутой.

Фовеолярная депрессия может быть асимметричной или неправильной формы. Эти изменения лучше всего видны на фронтальных срезах, адаптированных к внутренней пограничной мембране. Толщина среза должна быть 25-30 микрон.

#### **Причины исчезновения фовеолярной депрессии**

- Диффузный отек
- Кистозный отек
- Зитреоретинальная тракция
- Эпиретинальный глиоз
- Диабетическая ретинопатия (диффузный отек, кистозный отек и витреоретинальная тракция)
- Макулярный ретиношизис

#### **Причины выгнутости сетчатки**

- Диффузный отек
- Кистозный отек
- Витреоретинальная тракция
- Эпиретинальный глиоз
- Диабетическая ретинопатия
- Макулярный ретиношизис
- Отслойка сетчатки
- Отслойка пигментного эпителия
- Глубокие патологические образования и ткани

— Сосудистые мембраны

— Фиброваскулярная ткань

— Липофусцин

— Отложения тамоксифена

- Полипидный хориоидальный ангиоматоз

- Куполообразная макула (патологические изменения склеры при высокой близорукости)

#### **Причины асимметрии центральной ямки**

- Окклюзия ветви вены
- Локальная витреоретинальная тракция
- Неоваскулярная мембрана
- Отслойка пигментного эпителия

#### **Пре- и эфиретинальная мембрана**

Отслоенный задний гиалоид выглядит как экзогенная линия, тонкая, но четкая, иногда адгезированная к нескольким точкам на поверхности сетчатки, которая может приподниматься под действием витреальных тракций.

Преретинальные мембраны обычно очень тонкие, иногда они бывают похожи на отслоенную заднюю гиалоидную мембрану, или же они могут быть толще за счет фиброглиальных элементов; очень гиперэхогенны.

Эфиретинальные мембраны могут оказывать тракционное воздействие на поверхность сетчатки, вызывая деформацию ее контура. Витреоретинальные тракционные воздействия со стороны преретинальных мембран на поверхность сетчатки деформируют ее контур, а иногда вызывают образование интратретинальных щелей и пространств между отслоенными внутренними слоями сетчатки.

Тракция может переднезадней или тангенциальной. В первом случае наблюдают, как она приподнимает внутренние слои сетчатки, которые принимают форму пика. При тангенциальной тракции возникают складки сетчатки, параллельные или радиальные.

#### **Причины пикообразного подъема центральной ямки**

- Послеоперационный кистозный отек
- Витреоретинальная тракция

Эфиретинальный глиоз: при эфиретинальном глиозе неровности поверхности сетчатки имеют более важное значение. Внутренние слои сетчатки утолщены и деформированы под действием многочисленных складок. Эфиретинальные мембраны толще и могут сливаться со слоем нервных волокон. Может развиваться плотная фиброглиальная ткань. Фронтальные срезы «en face» имеют большое значение при диагностике этих патологических изменений поверхностных слоев сетчатки, они позволяют оценивать форму и топографию складок.

Кистозный макулярный отек при витреомакулярной тракции: тракционные воздействия со стороны стекловидного тела вызывают развитие кистозного отека, отображаемого в виде огромных гипоэхогенных округлых полостей в фовеолярной

области. Под поверхностью сетчатки и во внутреннем и наружном ядерных слоях также визуализируются несколько отечных кист неправильной формы.

#### **Причины возникновения неровностей поверхности сетчатки**

- Профиль деформирован локальной витреоретинальной тракцией
- Профиль деформирован сложной витреоретинальной тракцией
- Эпиретинальный глиоз
- Волнистый профиль при широких складках сетчатки
- Морщинистый профиль при мелких складках сетчатки
- Псевдоразрывы
- Разрывы
- Ламеллярные разрывы

#### **Причины развития эпиретинальных мембран**

- Идиопатические
- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Травма
- Офтальмохирургия
- Макулярная дегенерация
- Рубцы сетчатки
- Увеиты
- Хориоидит
- Проникающие ранения глаза
- Последствия оперативного лечения отслойки сетчатки, или как осложнения:
- Криопексии
- Витрэктомии
- Лазеркоагуляции

#### **Макулярные разрывы**

Оптическая когерентная томография позволяет диагностировать и классифицировать макулярный разрыв, измерять его диаметр на различных расстояниях от пигментного эпителия. При угрозе разрыва, когда имеется опасность формирования отверстия, часто можно наблюдать частичную отслойку стекловидного тела с фиксацией витреальных тяжей к периферии центральной ямки и ретинальной тракцией. При тотальной отслойке стекловидного тела формирование разрыва не происходит. ОКТ позволила визуально подтвердить классификацию ретинальных разрывов Gass.

#### **Классификация разрывов сетчатки Gass**

Стадия 1 уменьшение и исчезновение фовеолярной депрессии.. Наличие ретинальной щели или кисты в зоне центральной ямки. Имеется тангенциальная или горизонтальная тракция поверхности сетчатки со стороны заднего гиалоида.

Стадия 2 кистозная полость увеличивается. Имеется псевдокрышечка, фиксированная к краю разрыва.

Стадия 3: сквозной разрыв, полная утрата ткани в зоне центральной ямки. Перед разрывом обычно обнаруживается псевдокрышечка. Имеется некоторый отек сетчатки по краям разрыва.

Стадия 4: сквозной разрыв, имеется отек или кистозный отек. Отмечается некоторый подъем отечных краев.

#### **Причины макулярных разрывов**

Частые

- Идиопатические
- Высокая близорукость
- Травматические
- Ретиношизис
- Сосудистая патология:
  - Диабетическая ретинопатия
  - Венозные окклюзии
  - Гипертоническая ретинопатия
  - Субретинальная неоваскуляризация

Редкие

- Вителлиформная макулярная дегенерация
- Колобома зрительного нерва
- Гамартома сетчатки

Стадия 1: формирование разрыва часто начинается с уменьшения глубины фовеолярной депрессии вследствие витреоретинальной тракции. Часто в зоне центральной ямки видна ретинальная щель или киста. Задний гиалоид и эпиретинальные мембраны оказывают на поверхность сетчатки тангенциальное или горизонтальное тракционное воздействие. Поверхность сетчатки приподнимается витреальной тракцией.

Стадия 2: полость увеличивается в размерах. Имеется псевдокрышечка, фиксированная к краю разрыва.

Стадия 3: сквозной разрыв сетчатки развивается при полной утрате ткани в области центральной ямки. Отслоенная псевдокрышечка лежит перед разрывом. Определяется некоторая отечность краев разрыва сетчатки.

Стадия 4: при сквозном разрыве 4 стадии края сетчатки утолщены, содержат мелкие полости, указывающие на имеющийся кистозный отек. Отечные края несколько приподняты. Гиперэхогенная параллельная сетчатке интравитреальная полоса свидетельствует об отслойке стекловидного тела. Часто перед разрывом визуализируется гиперэхогенная крышечка.

#### **Ламеллярный разрыв**

При ламеллярном разрыве центральная ямка становится глубже. Нарушается нормальный профиль сетчатки на уровне внутренних слоев. Щели расширяются в стороны от разрыва, они проходят под внутренними слоями сетчатки, это напоминает колесо, как при ретиношизисе. Часто можно наблюдать асимметричную горизонтальную щель, проходящую через наружный плексиформный слой. В ядерных слоях можно наблюдать оптически пустые мелкие полости, связанные с кистозным отеком. Щелевидная форма определяется их расположением между параллельными слоями сетчатки. Наружный

ядерный слой, ядра фоторецепторов, наружная пограничная мембрана, зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и пигментный эпителий обычно не поражаются, что объясняет хорошую остаточную остроту зрения. Над пигментным эпителием видны несколько неизмененных наружных слоев сетчатки.

### **Макулярные псевдоразрывы**

При макулярном псевдоразрыве латеральные тракции со стороны мембраны вызывает увеличение глубины фовеолярной депрессии, внешне это напоминает макулярный разрыв. Фиксированная эпиретинальная мембрана оказывает тракционное воздействие на поверхность сетчатки и вызывает деформацию ее контура. Тангенциальная витреоретинальная тракция поверхности сетчатки со стороны мембран деформирует контур сетчатки. Ткани сетчатки на дне центральной ямки сдавлены, но сохранены.

### **Варианты изменений наружного контура сетчатки**

#### **Изменения пигментного эпителия: друзы**

Друзы — патологические изменения пигментного эпителия, отображаются в виде несколько гиперэхогенных неровностей и волн пигментного эпителия. Содержимое немного гиперэхогенно. Часто визуализируется мембрана Бруха в виде тонкой линии. На срезах «en face» видны скопления округлых пустых образований.

#### **Изменения пигментного эпителия: атрофия**

При атрофии эпителий исчезает, обнажается мембрана Бруха. Отмечается усиление светопроницаемости через атрофичный эпителий. В зонах атрофии сетчатки и пигментного эпителия свет проникает в сосудистую оболочку наблюдается обратное рассеивание света.

#### **Куполообразная макула**

Часто такие изменения макулы наблюдаются в миопических глазах. При этой патологии наблюдается выпячивание всех оболочек глаза: склеры, сосудистой оболочки, пигментного эпителия и сетчатки. При современных методах ОКТ для исследования доступны все слои склеры. В основе патогенеза лежит выраженное утолщение всей склеры. Эта анатомическая аномалия вызывает макулярную дистрофию с появлением пигментированных отложений и зонами атрофии, или серозную отслойку нейроэпителия.

#### **Причины серозной отслойки сетчатки.**

Частые

- Центральная серозная хориоретинопатия
- Диффузная эпителиопатия сетчатки
- Макулярные дегенерации
- Субретинальная неоваскуляризация
- Ямки диска зрительного нерва
- Куполообразная макула
- Диабетическая ретинопатия

Более редкие

- Венозная окклюзия
- Эпиретинальный глиоз, витреоретинальная тракция
- Хориоидит

Редкие

- Болезнь Харады

- Болезнь Коатса
- Ангиоматозы
- Новообразования сосудистой оболочки: невусы, ангиомы, меланомы, метастазы
- Субретинальные паразитарные кисты

#### **Признаки серозной отслойки сетчатки**

- Форма: удлиненная
- Угол между стенкой отслойки и ПЗС менее 30°
- Размеры: от средних до огромных
- Локализация: наружные слои сетчатки перед пигментным эпителием
- Стенки: гладкие, у длительно существующих — зернистые
- Содержимое: гипоэхогенное, иногда оптически прозрачное

Иногда в макулярной зоне развивается локальный ретиношизис, ткань сетчатки расслаивается. При флюоресцентной ангиографии может наблюдаться некоторое просачивание красителя.

#### **Задняя стафилома при миопии**

Наличие локальной впадины в миопичном глазу указывает на стафилому склеры. Эту патологию можно наблюдать в 30% глаз с высокой миопией. Ее частота коррелирует с переднезадним размером глаза и часто является причиной снижения остроты зрения вследствие сопутствующих изменений сетчатки. Патологически измененная сетчатка и сосудистая оболочка повторяют форму впадины склеры.

Локализованная впадина также может возникнуть в результате перенесенного склерита.

### **ПОЛОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕТЧАТКИ И СОСУДИСТОЙ ОБОЛОЧКИ**

#### **Скопления жидкости и оптически пустые полости и пространства**

Заполненные жидкостью полости или пространства на ОКТ-томограммах отображаются в виде крайне гипоэхогенных черных, часто оптически пустых, зон. Кистозные или псевдокистозные заполненные жидкостью полости или пространства обычно имеют четкие границы и бывают различных размеров. Иногда они очень мелкие, но также могут быть и очень обширными.

#### **Серозные отслойки сетчатки**

При серозной отслойке сетчатки на ОКТ выявляется подъем сетчатки, под которым образуется анэхогенное оптически пустое и прозрачное пространство. Стенки отслойки и пигментный эпителий образуют угол менее 30°. Несмотря на подъем нейроэпителия сохраняется фовеолярная депрессия. В субретинальном пространстве скапливается жидкость. Задняя поверхность отслоенной сетчатки соответствует зоне концов наружных сегментов отслоенных фоторецепторов, обычно она гладкая. Обычно визуализируются наружная пограничная мембрана и зона соединения между сегментами фоторецепторов.

#### **Концы фоторецепторов**

Концы фоторецепторов отслаиваются от ворсинок пигментного эпителия, для них характерна выраженная экзогенность, но их поверхность остается гладкой в течение нескольких недель.

Через несколько месяцев задняя поверхность отслоенной сетчатки перестает быть гладкой и деградирует, становится все более неровной и зернистой, увеличивается ее экзогенность, появляются грануляции и хлопья. Эти признаки соответствуют структурным изменениям: отеку и дезорганизации дисков наружных сегментов. Грануляции и размытость лучше видны после более длительного периода существования отслойки.

### **Зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов**

Зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов отслоенной сетчатки также становится более широкой, размытой и неравномерной.

На пигментном эпителии и мембране Бруха возникают неровности, они становятся зернистыми, возможно, вследствие поражения ворсинок клеток эпителия.

### **Отслойки пигментного эпителия**

При серозных отслойках пигментного эпителия деформируются задние слои сетчатки, образующие с мембраной Бруха и слоем хориокапилляров угол более 45°. Жидкость, просачивающаяся из слоя хориокапилляров, скапливается под пигментным эпителием. Под отслойкой пигментного эпителия хорошо видна мембрана Бруха.

Обычно отслойка пигментного эпителия формирует угол 70-90° с нижележащими слоями.

Серозная отслойка может быть идиопатической вызываться острой или хронической пигментной эпителиопатией, возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), реже ее причиной являются другие состояния, например, близорукость, ангиоидные полосы, хориоидит, опухоли сосудистой оболочки и т. д. Часто она сопутствует субретинальным неоваскулярным мембранам.

### **Причины отслойки пигментного эпителия**

#### **Частые**

- Идиопатическая отслойка
- Острая центральная серозная хориоретинопатия
- Хроническая диффузная эпителиопатия сетчатки
- ВМДсХНВ

#### **Редкие**

- Субретинальные сосуды другого происхождения
- Субретинальные паразиты
- Опухоли сосудистой оболочки

### **Отслойки пигментного эпителия**

#### **Морфологические признаки, видимые на фронтальных срезах**

Срезы «en face» позволяют получить важную информацию о морфологии и структуре отслойки пигментного эпителия. Этот метод совершеннее плоскостного С-сканирования, так как срезы «en face» повторяют кривизну слоя пигментного эпителия и позволяют точно оценить морфологию и структуру отслойки пигментного эпителия. Можно задавать уровень фронтального среза и его расстояние от пигментного эпителия.

Отслойки пигментного эпителия при ВМД на срезах «en face» имеют характерные признаки. Они часто бывают неправильной овоидной формы, имеют дольчатое строение или возникают группами.

При идиопатической сосудистой полипоидной хориоидопатии серозные отслойки пигментного эпителия бывают преимущественно округлой или неправильной овальной формы, никогда не бывают дольчатыми и не образуют групп.

При центральной серозной хориоретинопатии серозные отслойки сетчатки преимущественно округлые или овальные немного неправильной формы.

#### **Характеристики стенки отслойки пигментного эпителия**

Признаки отслойки пигментного эпителия

- Форма: круглая
- Размеры: средний — мелкий
- Локализация: наружные слои сетчатки, под пигментным эпителием, перед мембраной Бруха
- С нижележащими слоями образует угол более 45 °
- Стенки: гладкие или зернистые
- Содержимое: часто гипозоженное, иногда оптически пустое, иногда геморрагическое или мутное

При ВМД внутренняя поверхность стенки немного или выражено зернистая. Толщина стенки неравномерная.

При идиопатической сосудистой полипоидной хориоретинопатии внутренняя поверхность стенки чаще всего немного зернистая или зернистая. Толщина сетчатки не такая неравномерная, как при ВМД.

Серозная отслойка пигментного эпителия при центральной серозной хориоретинопатии внутренняя поверхность чаще всего гладкая, редко — немного зернистая. Толщина стенки очень равномерная.

#### **Содержимое отслоек пигментного эпителия**

Содержимое отслойки может быть:

Оптически прозрачным при центральной серозной хориоретинопатии с видимыми мембраной Бруха и слоем хориокапилляров. Этот вариант встречается чаще всего.

На высококачественных томограммах иногда виден небольшой разрыв слоя пигментного эпителия в пределах серозной отслойки пигментного эпителия, соответствующий точке просачивания флюоресцеина. Через это маленькое повреждение

пигментного эпителия в субретинальное пространство просачивается небольшое облако фибрина.

Мутным, содержащим клеточные элементы, в случае воспалительной экссудации или старческой дегенерации. В тех глазах, где при офтальмоскопии вокруг точки просачивания видна желто-белая фибринозная экссудация, на ОКТ выявляется соответствующее гиперэхогенное облако фибрина в субретинальном пространстве.

Кровоизлиянием: серозные отслойки пигментного эпителия могут содержать плотное скопление клеток крови, формирующих умеренно гиперэхогенную полосу сразу под отслоенным пигментным эпителием, и создающих эффект тени. Глубже лежащие слои экранируются кровью. Такие геморрагические отслойки наблюдаются в основном при ВМД. Обычно они являются признаком наличия классической или оккультной неоваскулярной мембраны.

Сосудистой тканью: при макулярной дегенерации с оккультной сосудистой мембраной мы наблюдаем неправильной формы неоднородную по эхогенности область, создаваемую сосудистой тканью, заполняющую всю полость отслойки пигментного эпителия или верхнюю часть ее купола. После антиангиогенной терапии ткань становится менее сосудистой и более фиброзной: ее эхогенность увеличивается.

Фиброваскулярная или фиброзная ткань заполняет всю полость отслойки пигментного эпителия или самую верхнюю часть ее купола.

При идиопатической сосудистой полипоидной хориопатии содержимое отслойки пигментного эпителия менее эхогенное, гомогенное и фиксировано к куполу. Иногда видна ножка, тянущаяся от мембраны Бруха к сосудистой ткани. Сосудистая, фиброваскулярная или фиброзная ткань заполняет верхнюю часть отслойки.

Фиброваскулярная ткань: при развитой макулярной дегенерации фиброваскулярная или фиброзная гиперэхогенная ткань заполняет всю полость серозной отслойки пигментного эпителия или большую часть купола отслойки. После проведенного лечения ткань становится значительно более плотной и фиброзной и менее васкуляризированной.

#### **Дифференциальная диагностика мелкой отслойки ПЭС**

- Мелкая серозная отслойка сетчатки
- Полипоидная хориопатия
- Друзы
- Ограниченный разрыв соединений внутреннего и наружного сегментов

#### **Отек (локальный, диффузный, кистозный)**

Возможность исследования и оценки отека сетчатки является одним из основных достижений техники ОКТ. Эволюция отека сетчатки обычно включает в себя следующие фазы:

### **Фокальный или диффузный отек**

Сначала не видно никаких изменений кроме утолщения сетчатки, затем возникает пористость, снижение эхогенности сетчатки, уменьшение и часто исчезновение фовеолярной депрессии.

### **Начальный кистозный отек**

Обычно наблюдается в макулярной области. Характеризуется скоплением жидкости в мелких интраретинальных полостях, локализованных в основном вокруг центральной ямки.

Морфология и структура кистозного макулярного отека определяется архитектурой каркаса горизонтальных и вертикальных структур сетчатки. Морфология кистозных полостей может помочь определить стадию развития отека.

В начале процесса визуализируются несколько округлых ячеек отека в наружном и внутреннем ядерных слоях вокруг центральной ямки. Затем число полостей сетчатки возрастает, они разделены толстыми ровными гладкими стенками, и имеют округлую форму.

Форма полостей при кистозном отеке в зоне центральной ямки определяется особенностями каркаса из волокон Генле и клеток Мюллера. Сначала поражаются ядерные слои, затем в процесс вовлекаются все слои сетчатки. Затем полости сливаются, это приводит к увеличению толщины сетчатки и уменьшению эхогенности стенок полостей.

#### **Характеристики полостей при начальном кистозном отеке**

- Форма: гладкая округлая
- Размеры: от среднего до мелкого
- Стенки: гладкие
- Локализация: ядерные слои
- Содержимое: гипоехогенное, иногда оптически пустое

### **Развитой кистозный отек**

Через несколько месяцев мелкие полости сливаются и их размеры увеличиваются. Сначала они сливаются по вертикали: мелкие полости внутреннего слоя расширяются в сторону кист, лежащих в наружном ядерном слое, и образуют более крупные полости овальной формы.

Стенки становятся тоньше, но форма кистозных ячеек остается ровной, гладкой, округлой, сферичной. Сначала кистозный отек распространяется вертикально, в результате кисты распространяются на все слои сетчатки, а затем распространяется по горизонтали, в результате возникают огромные камеры или крипты, поддерживаемые перемычками из остаточной ткани, вертикальными цепочками клеток и клетками Мюллера.

#### **Признаки полостей развитого кистозного отека**

- Форма: гладкие, округлые

- Размеры: мелкие, средние, огромные
- Центральные кисты увеличиваются и иногда образуют огромные камеры
- Стенки: толстые и гладкие, со временем становятся тоньше
- Локализация: возникают в ядерных слоях, затем распространяются на все слои сетчатки
- Содержимое: гипохрогенное, иногда оптически пустое

Сначала увеличение кист приводит к слиянию полостей, лежащих во внутреннем и наружном ядерных слоях. Затем сливаются полости, находящиеся вблизи друг от друга.

Самые крупные кистозные полости лежат центрально, образуя одну или более выступающих над поверхностью камер. Они образуют фигуру цветка или пчелиных сот, что определяется расположением волокон Генле в форме звезды.

С течением времени из-за меньшей ригидности микроструктур в области центральной ямки могут возникать центральные фовеолярные кисты. Это вызывает еще большее снижение остроты зрения.

Чем дольше длится патологический процесс, тем крупнее кистозные полости. Постепенно перегородки между ними исчезают и образуются более крупные полости неправильной формы.

В конечной стадии увидим не скопления сферических кист, а огромные полости, разделенные остаточной тканью.

### **Кистозный отек в стадии регресса**

При начальном и развитом кистозном макулярном отеке полости округлые, ровные, разделены толстыми перегородками.

При длительном течении процесса, через много месяцев или лет, после проведенной многократной фотодинамической или интравитреальной терапии, кистозные полости уменьшаются в размерах. Уменьшается количество жидкости в кистах. Уменьшается толщина сетчатки в макулярной области.

Стенки кистозных полостей становятся неровными, истончаются и образуют острые углы и неровные изгибы. Их перегородки или перемычки косо изгибаются и расщепляются. Кистозные полости сморщиваются и становятся меньше, приобретают неправильную форму, их стенки становятся тоньше. Увеличивается их горизонтальный размер. Полости утрачивают свою округлую или сферическую форму. Часто они принимают вид неправильного ориентированного по горизонтали прямоугольника. Они становятся кривыми, раздвоенными, изогнутыми, с острыми углами и изгибами.

### **Признаки полостей кистозного отека в стадии регресса**

- Искривленные, раздвоенные, изогнутые, с острыми углами и перегибами
- Размеры от средних до мелких, в центральных отделах— крупные
- Увеличивается горизонтальный размер
- Стенки: тонкие гладкие искривленные

- Локализация: ядерные слои, иногда простираются через все слои сетчатки
- Содержимое: гипохрогенное, иногда мутное

#### **Причины диффузного макулярного отека**

- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии (центральной вены сетчатки или ее ветвей)
- Тракции со стороны эпиретинальных мембран
- Гипертоническая ретинопатия, токсикоз беременных
- Увеит или иридоциклит
- Пигментный ретинит
- Ямка диска зрительного нерва

В макулярной области они принимают квадратную или кубическую форму, простираются на всю толщину сетчатки центральной ямки.

Содержимое псевдокист может оставаться оптически прозрачным, но часто оно становится мутным, с неравномерным распределением клеточных элементов внутри полости. Плексиформные слои, хорошо видимые на первых стадиях кистозного макулярного отека, исчезают или становятся очень тонкими и неровными. Наружная пограничная мембрана и зона соединения наружного и внутреннего сегментов становятся прерывистыми или фрагментируются.

В ткани сетчатки, окружающей зону отека в стадии регрессии отмечается нарушение нормальных соотношений слоев и структуры. Выделение отдельных слоев становится невозможным, вместо нормальных слоев мы видим только два патологических слоя; один из них соответствует внутренним слоям сетчатки, другой — слою фоторецепторов. Отек в стадии регресса можно ошибочно принять за тубуляции наружных слоев сетчатки.

#### **Причины кистозного макулярного отека**

##### Частые

- Диабетическая ретинопатия
- ВМД
- Венозные окклюзии
- Хроническая диффузная эпителиопатия сетчатки
- Постоперационный катарактальный синдром (Ирвина-Гасса)
- Тракция со стороны эпиретинальной мембраны
- Эпиретинальный глиоз
- Пигментный ретинит
- Парс-планит
- Увеит и хориоидит

##### Менее частые

- Дробьевидная ретинопатия
- Макроаневризмы
- Эпинефрин

##### Редкие

- Телеангиэктазия
- Болезнь Коатса
- Болезнь Лебера
- Новообразования сетчатки и сосудистой оболочки
- Ангиома сетчатки
- Гамартома

- Остеома
- Невус сосудистой оболочки
- Меланома
- Радиационная ретинопатия
- Оперативные вмешательства на сетчатке

### **Причины кистозного отека в стадии регресса**

#### Частые

- Диабетическая ретинопатия
- ВМД
- Венозные окклюзии
- Хроническая диффузная эпителиопатия сетчатки
- Постоперационный катарактальный синдром (Ирвина-Гасса)
- Тракция со стороны эпиретинальной мембраны
- Эпиретинальный глиоз
- Пигментный ретинит
- Парс-планит
- Увеит и хориоидит

#### Менее частые

- Дробьевидная ретинопатия
- Макроаневризмы
- Эпинефрин

#### Редкие

- Телеангиэктазия
- Болезнь Коатса
- Болезнь Лебера
- Новообразования сетчатки и сосудистой оболочки
- Ангиома сетчатки
- Гамартома
- Остеома
- Невус сосудистой оболочки
- Меланома
- Радиационная ретинопатия
- Оперативные вмешательства на сетчатке

### **Дифференциальная диагностика кистозного отека**

- Макулярный ретиношизис
- Миопический ретиношизис
- Формирующийся разрыв
- Телеангиэктазия
- Микрокистозная дегенерация

### **Кистозный отек при хориоидите и увеите**

Кистозные полости при увеите обычно крупнее, но встречаются реже, чем при невоспалительных состояниях.

Их стенки могут быть более толстыми, чем обычно, и высокоэхогенными. На их внутренней поверхности часто наблюдаются зернистые неровности. Содержимое мутное и гиперэхогенное.

### **Кистозный отек при макулярных разрывах**

Сквозные макулярные разрывы на ОКТ томограммах «en face» имеют характерные признаки. Обычно правильной формы круглое отверстие окружает два или более ровных кольца кист различного размера.

### **Ювенильный X-сцепленный макулярный ретиношизис**

Ювенильный X-сцепленный макулярный ретиношизис — это двусторонняя прогрессирующая наследственная макулопатия, встречающаяся в детском возрасте. При осмотре на щелевой лампе выявляются радиально расположенные кисты макулярной области.

ОКТ «en face» очень информативны при дифференциальной диагностике кистозного макулярного отека и ювенильного X-сцепленного ретиношизиса.

При В-сканировании полости ретиношизиса всегда более ровные и одинаковые, чем асимметричные и неправильной формы полости при кистозном отеке. Иногда при ОКТ выявляются латентные периферические зоны ретиношизиса. С течением времени толщина сетчатки увеличивается, что ведет к ухудшению зрения.

#### **Причины ретиношизиса**

- Ювенильный сцепленный с полом макулярный ретиношизис
  - Периферический ретиношизис взрослых
- Ретиношизис при высокой миопии
- Синдром Гольдмана-Фавра, адгезия стекловидного тела с дегенерацией сетчатки
  - Вторичный ретиношизис вследствие
    - Тракции
    - Начинающегося разрыва
    - Ямки диска зрительного нерва
    - Витреоретинопатии Вагнера

### **Макулярный ретиношизис при миопии**

Макулярный ретиношизис у взрослых не является специфическим изменением при миопии, но при высокой миопии это состояние встречается чаще всего. Удлинение глаза, развитие миопической стафиломы и тракций со стороны эпиретинальных мембран — вот основные причины расщепления сетчатки при миопии. Обычно зрение не ухудшается и лечение не показано. В далеко зашедших случаях ретиношизис в области задней стафиломы создает картину отслойки сетчатки заднего полюса. Толщина сетчатки иногда значительно увеличена.

#### **Характеристики полостей при миопическом ретиношизисе**

- Форма: удлиненная, горизонтальные
- Размеры: крупные
- Локализация: все слои, плексиформные и ядерные слои, иногда поражается вся сетчатка
- Стенки: гладкие
- Содержимое: гипохроенное

При ОКТ легко выявляется сложное интратетинальное расслоение. Ткани сетчатки расслоены на полоски и тяжи, образующие друг с другом углы не более 10°. Слои отделяются друг от друга, но между ними все же сохраняются перемычки. В точках расхождения слои сетчатки образуют острые углы. Обычно расслоение сетчатки начинается на уровне наружного плексиформного слоя. Слои сетчатки тонкие и ровные. Картина сильно отличается от картины отека или отслойки сетчатки, поскольку разделенные слои сетчатки образуют одинаковые углы.

В некоторых случаях два слоя сетчатки круто отходят друг от друга, но через равные промежутки их соединяют параллельные тяжи.

Миопический макулярный ретиношизис может быть очень стабильным и не прогрессировать в течение длительного времени (нескольких лет).

Ретиношизису в заднем полюсе часто сопутствует ламеллярный макулярный разрыв и ухудшение зрения.

## **СОСУДИСТЫЕ ПОЛОСТИ: НОРМАЛЬНЫЕ И ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ СОСУДЫ, МИКРО- И МАКРОАНЕВРИЗМЫ**

### **Нормальные сосуды**

На перпендикулярных срезах хорошо видны сосуды сетчатки в виде округлых образований с содержимым в форме песочных часов. Форма песочных часов определяется оптическими и электрическими особенностями формирования изображения клеток крови внутри сосудов сетчатки.

Кровеносные сосуды отбрасывают коническую тень на нижележащие ткани, что может напоминать картину повреждения или разрыва слоев.

При расширении вен, как, например, при венозной окклюзии, стенки сосудов могут выглядеть неровными.

### **Причины образования микроаневризм**

- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Серповидно-клеточная анемия
- Гипертоническая ретинопатия
- Периферические телеангиэктазии
- Болезнь Коатса
- Болезнь Илса
- Иногда микроаневризмы могут выявляться на периферии сетчатки при отсутствии другой патологии

### **Характеристики полостей микроаневризм**

- Форма: округлая, правильная
- Размеры: мелкие
- Стенки: гладкие
- Локализация: внутренние слои сетчатки
- Содержимое: гипохрогенное, в форме песочных часов

### **Причины макроаневризм**

- Артериосклероз
- Гипертоническая ретинопатия

### **Сосудистые полости: микроаневризмы**

Сосудистые полости, микро- и макроаневризмы выглядят как округлые образования с содержимым в форме песочных часов, отбрасывающие тень на нижележащие слои.

Микроаневризмы являются одним из самых ранних видимых клинических проявлений диабетической ретинопатии и других сосудистых ретинопатий. Часто микроаневризмы локализируются во внутреннем ядерном слое. Они визуализируются при фоновой (непролиферативной) ретинопатии и другой сосудистой патологии. Они часто наблюдаются при ишемических сосудистых нарушениях; при их прогрессировании развивается клиническая картина, характеризующаяся увеличением числа венозных аномалий и интравитреальных сосудистых нарушений.

#### **Характеристики полостей при макроаневризмах**

- Форма: округлая, правильная
- Размеры: от среднего до крупного
- Стенки: гладкие или зернистые
- Локализация: внутренние слои сетчатки
- Содержимое: гиперэхогенное, плотное, негетерогенное, в форме песочных часов
- Вокруг — отек и твердые экссудаты

#### **Характеристики полости при телеангиэктазии**

- Форма: изогнутая, неправильная, горизонтальная
- Размеры: мелкие
- Стенки гладкие
- Локализация: наружная сетчатка
- Содержимое: гипоехогенное

Содержимое аневризм плотное, может отображаться в форме песочных часов или примерно кольцевидной формы. Оно не гомогенно. Окружающая сетчатка утолщена и отечна. Всегда наблюдается кистозный макулярный отек. Твердые липидные экссудаты формируют отложения вокруг патологически измененного сосуда. Они создают экранирующий эффект на нижележащие слои, что может имитировать повреждение или прерывистость слоев.

#### **Полости при телеангиэктазии сетчатки**

При макулярной телеангиэктазии в наружных слоях сетчатки могут возникать оптически пустые гипоехогенные пространства. Эти пространства никогда не прокрашиваются даже на поздних фазах флюоресцентной ангиографии.

Полости неправильной формы, изогнутые, удлиненные в горизонтальной плоскости, лежащие вблизи центральной ямки; также присутствуют и другие изменения, объясняющие снижение остроты зрения, высокоэхогенные очаги, вероятно, являющиеся проявлением

миграции пигментного эпителия. В области телеангиэктазии наблюдается деструкция зоны соединений наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и самого слоя фоторецепторов. В толще сетчатки иногда возникают мелкие гипоэхогенные области отека.

#### **Полости в наружных слоях сетчатки: тубуляции наружных слоев сетчатки**

При некоторых длительно протекающих заболеваниях макулярной области можно обнаружить еще один тип полостей сетчатки: тубулярные изменения. Они развиваются у пациентов с ВМД и у некоторых пациентов с другими макулопатиями.

Тубуляции выявляются по меньшей мере у 20% пациентов с ВМД. При В-сканировании они выглядят как овоидные или округлые гипоэхогенные полости с плотными гиперэхогенными границами и имеют 50-150 микрон в высоту и 50-3000 микрон в длину.

#### **Характеристики полостей при тубуляции наружных слоев сетчатки**

- Форма: округлая или овальная, на разрезе правильной формы, в других проекциях трубчатая
- На томограммах «en face» единичные прямые или ветвящиеся или тубулы, или сложные сети
- Размеры: от мелких до средних
- Стенки: зернистые
- Локализация: наружные слои сетчатки вблизи пигментного эпителия
- Содержимое: гипоэхогенное, гиперэхогенное или мутное

#### **Причины диффузного макулярного отека**

- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии (центральной вены сетчатки или ее ветвей)
- Тракции со стороны эпиретинальных мембран
- Гипертоническая ретинопатия, токсикоз беременных
- Увеит или иридоциклит
- Пигментный ретинит
- Ямка диска зрительного нерва

В макулярной области они принимают квадратную или кубическую форму, простираются на всю толщину сетчатки центральной ямки.

Содержимое псевдокист может оставаться оптически прозрачным, но часто оно становится мутным, с неравномерным распределением клеточных элементов внутри полости. Плексиформные слои, хорошо видимые на первых стадиях кистозного макулярного отека исчезают или становятся очень тонкими и неровными. Наружная пограничная мембрана и зона соединения наружного и внутреннего сегментов становятся прерывистыми или фрагментируются.

В ткани сетчатки, окружающей зону отека в стадии регрессии отмечается нарушение нормальных соотношений слоев и структуры. Выделение отдельных слоев становится невозможным, вместо нормальных слоев мы видим только два патологических слоя; один

из них соответствует внутренним слоям сетчатки, другой — слою фоторецепторов. Отек в стадии регресса можно ошибочно принять за тубуляции наружных слоев сетчатки.

### **Причины кистозного макулярного отека**

#### Частые

- Диабетическая ретинопатия
- ВМД
- Венозные окклюзии
- Хроническая диффузная эпителиопатия сетчатки
- Постоперационный катарактальный синдром (Ирвина-Гасса)
- Тракция со стороны эпиретинальной мембраны
- Эпиретинальный глиоз
- Пигментный ретинит
- Парс-планит
- Увеит и хориоидит

#### Менее частые

- Дробьевидная ретинопатия
- Макроаневризмы
- Эпинефрин

#### Редкие

- Телеангиэктазия
- Болезнь Коатса
- Болезнь Лебера
- Новообразования сетчатки и сосудистой оболочки
- Ангиома сетчатки
- Гамартома
- Остеома
- Невус сосудистой оболочки
- Меланома
- Радиационная ретинопатия
- Оперативные вмешательства на сетчатке

### **Причины кистозного отека в стадии регресса**

- Длительно существующая диабетическая ретинопатия
- Длительно существующая нелеченая макулярная дегенерация
- Длительно существующая нелеченая венозная окклюзия
- Диабетическая ретинопатия после более чем пятикратной лазеркоагуляции
- Диабетическая ретинопатия после неоднократного введения анти-VEGF препаратов
- Венозная окклюзия после неоднократного введения анти- VEGF препаратов
- ВМД после неоднократного введения анти-VEGF препаратов
- Телеангиэктазия сетчатки

### **Дифференциальная диагностика кистозного отека**

- Макулярный ретиношизис
- Миопический ретиношизис
- Формирующийся разрыв
- Телеангиэктазия
- Микрокистозная дегенерация

### **Кистозный отек при хориоидите и увеите**

Кистозные полости при увеите обычно крупнее, но встречаются реже, чем при невоспалительных состояниях.

Их стенки могут быть более толстыми, чем обычно, и высокоэхогенными. На их внутренней поверхности часто наблюдаются зернистые неровности. Содержимое мутное и гиперэхогенное.

### **Кистозный отек при макулярных разрывах**

Сквозные макулярные разрывы на ОКТ томограммах «ей face» имеют характерные признаки. Обычно правильной формы круглое отверстие окружают два или более ровных кольца кист различного размера.

### **Ювенильный X-сцепленный макулярный ретиношизис**

Ювенильный X-сцепленный макулярный ретиношизис — это двусторонняя прогрессирующая наследственная макулопатия, встречающаяся в детском возрасте. При осмотре на щелевой лампе выявляются радиально расположенные кисты макулярной области.

ОКТ «en face» очень информативны при дифференциальной диагностике кистозного макулярного отека и ювенильного X-сцепленного ретиношизиса.

На ОКТ-томограммах «en face» типичный ретиношизис отображается в виде фигуры звезды или спиц колеса, что определяется радиальным расположением волокон Генле и клеток Мюллера.

### **Характеристики полостей при ювенильном ретиношизисе**

- При сканировании «en face» центральной ямки выявляются полости, расположенные в форме звезды или спиц колеса
- На средней периферии полости округлые, ровные, с правильно закругленными стенками
- Размеры: от средних до мелких, более крупные в центральной зоне
- Локализация: плексиформные или ядерные слои, иногда простираются через все слои сетчатки
- Стенки: гладкие
- Содержимое: гипоэхогенное

Наблюдают зоны типичных одинаковых правильных полостей, соответствующих полостям ретиношизиса в ядерных и внутреннем плексиформном слоях. Стенки полостей формируют параллельные кривые, иногда сходящиеся к центральной ямке.

При В-сканировании полости ретиношизиса всегда более ровные и одинаковые, чем асимметричные и неправильной формы полости при кистозном отеке. Иногда при ОКТ выявляются латентные периферические зоны ретиношизиса.

С течением времени толщина сетчатки увеличивается, что ведет к ухудшению зрения.

### **Причины ретиношизиса**

- Ювенильный сцепленный с полом макулярный ретиношизис
- Периферический ретиношизис взрослых
- Ретиношизис при высокой миопии
- Синдром Гольдмана-Фавра, адгезия стекловидного тела

- с дегенерацией сетчатки
- Вторичный ретиношизис вследствие
  - Тракции
  - Начинающегося разрыва
  - Ямки диска зрительного нерва
  - Витреоретинопатии Вагнера

### **Макулярный ретиношизис при миопии**

Макулярный ретиношизис у взрослых не является специфическим изменением при миопии, но при высокой миопии это состояние встречается чаще всего. Удлинение глаза, развитие миопической стафиломы и тракций со стороны эпиретинальных мембран — вот основные при-чины расщепления сетчатки при миопии. Обычно зрение не ухудшается и лечение не показано. В далеко зашедших случаях ретиношизис в области задней стафиломы создает картину отслойки сетчатки заднего полюса. Толщина сетчатки иногда значительно увеличена.

#### **Характеристики полостей при миопическом ретиношизисе**

- Форма: удлиненная, горизонтальные
- Размеры: крупные
- Локализация: все слои, плексиформные и ядерные слои, иногда поражается вся сетчатка
- Стенки: гладкие
- Содержимое: гипохуоенное

При ОКТ легко выявляется сложное интратетинальное расслоение. Ткани сетчатки расслоены на полоски и тяжи, образующие друг с другом углы не более  $10^\circ$ . Слои отделяются друг от друга, но между ними все же сохраняются перемычки. В точках расхождения слои сетчатки образуют острые углы. Обычно расслоение сетчатки начинается на уровне наружного плексиформного слоя. Слои сетчатки тонкие и ровные. Картина сильно отличается от картины отека или отслойки сетчатки, поскольку разделенные слои сетчатки образуют одинаковые углы.

В некоторых случаях два слоя сетчатки круто отходят друг от друга, но через равные промежутки их соединяют параллельные тяжи.

Миопический макулярный ретиношизис может быть очень стабильным и не прогрессировать в течение длительного времени.

Ретиношизису в заднем полюсе часто сопутствует ламеллярный макулярный разрыв и ухудшение зрения.

#### **Сосудистые полости: нормальные и патологические сосуды, микро- и макроаневризмы Нормальные сосуды**

На перпендикулярных срезах хорошо видны сосуды сетчатки в виде округлых образований с содержимым в форме песочных часов. Форма песочных часов определяется

оптическими и электрическими особенностями формирования изображения клеток крови внутри сосудов сетчатки.

Кровеносные сосуды отбрасывают коническую тень на нижележащие ткани, что может напоминать картину повреждения или разрыва слоев.

При расширении вен, как, например, при венозной окклюзии, стенки сосудов могут выглядеть неровными.

#### **Причины образования микроаневризм**

- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Серповидно-клеточная анемия
- Гипертоническая ретинопатия
- Периферические телеангиэктазии
- Болезнь Коатса
- Болезнь Илса
- Иногда микроаневризмы могут выявляться на периферии сетчатки при отсутствии другой патологии

#### **Причины макроаневризм**

- Артериосклероз
- Гипертоническая ретинопатия

#### **Сосудистые полости: микроаневризмы**

Сосудистые полости, микро- и макроаневризмы выглядят как округлые образования с содержимым в форме песочных часов, отбрасывающие тень на нижележащие слои.

#### **Характеристики полостей микроаневризм**

- Форма: округлая, правильная
- Размеры: мелкие
- Стенки: гладкие
- Локализация: внутренние слои сетчатки
- Содержимое: гипохрогенное, в форме песочных часов

Микроаневризмы являются одним из самых ранних видимых клинических проявлений диабетической ретинопатии и других сосудистых ретинопатий. Часто микроаневризмы локализуются во внутреннем ядерном слое. Они визуализируются при фоновой (непролиферативной) ретинопатии и другой сосудистой патологии. Они часто наблюдаются при ишемических сосудистых нарушениях; при их прогрессировании развивается клиническая картина, характеризующаяся увеличением числа венозных аномалий и интратинальных сосудистых нарушений.

#### **Сосудистые полости: макроаневризмы**

При макроаневризмах округлое расширение сосуда значительно крупнее, стенка толстая и неровная.

### **Характеристики полостей при макроаневризмах**

- Форма: округлая, правильная
- Размеры: от среднего до крупного
- Стенки: гладкие или зернистые
- Локализация: внутренние слои сетчатки
- Содержимое: гиперэхогенное, плотное, негетерогенное, в форме песочных часов
- Вокруг — отек и твердые экссудаты

Содержимое аневризм плотное, может отображаться в форме песочных часов или примерно кольцевидной формы. Оно не гомогенно. Окружающая сетчатка утолщена и отечна. Всегда наблюдается кистозный макулярный отек. Твердые липидные экссудаты формируют отложения вокруг патологически измененного сосуда. Они создают экранирующий эффект на нижележащие слои, что может имитировать повреждение или прерывистость слоев.

### **Полости при телеангиэктазии сетчатки**

При макулярной телеангиэктазии в наружных слоях сетчатки могут возникать оптически пустые гипоэхогенные пространства. Эти пространства никогда не прокрашиваются даже на поздних фазах флюоресцентной ангиографии.

Полости неправильной формы, изогнутые, удлиненные в горизонтальной плоскости, лежащие вблизи центральной ямки; также присутствуют и другие изменения, объясняющие снижение остроты зрения, высокоэхогенные очаги, вероятно, являющиеся проявлением миграции пигментного эпителия. В области телеангиэктазии наблюдается деструкция зоны соединений наружных и внутренних сегментов фоторецепторов и самого слоя фоторецепторов. В толще сетчатки иногда возникают мелкие гипоэхогенные области отека.

### **Характеристики полости при телеангиэктазии**

- Форма: изогнутая, неправильная, горизонтальная
- Размеры: мелкие
- Стенки гладкие
- Локализация: наружная сетчатка
- Содержимое: гипоэхогенное

### **Полости в наружных слоях сетчатки: тубуляции наружных слоев сетчатки**

При некоторых длительно протекающих заболеваниях макулярной области можно обнаружить еще один тип полостей сетчатки: тубулярные изменения. Они развиваются у пациентов с ВМД и у некоторых пациентов с другими макулопатиями.

Тубуляции выявляются по меньшей мере у 20% пациентов с ВМД. При В-сканировании они выглядят как овоидные или округлые гипоэхогенные полости с плотными гиперэхогенными границами и имеют 50-150 микрон в высоту и 50-3000 микрон в длину.

### **Характеристики полостей при тубуляции наружных слоев сетчатки**

- Форма: округлая или овальная, на разрезе правильной формы, в других проекциях трубчатая
- На томограммах «en face» единичные прямые или ветвящиеся, или тубулы, или сложные сети
- Размеры: от мелких до средних
- Стенки: зернистые
- Локализация: наружные слои сетчатки вблизи пигментного эпителия
- Содержимое: гипоехогенное, гиперэхогенное или мутное

Тубулы лежат вблизи от пигментного эпителия или контактируют с ним. Их морфология варьирует от отдельных прямых или ветвящихся тубул до сложной тубулярной сети, обычно развивающейся в зоне субретинального фиброза или повреждения пигментного эпителия.

Авторы, впервые описавшие тубулы, полагают, что появление таких овоидных или циркулярных структур происходит в результате регенерации фоторецепторов, процесс, который они предложили называть тубуляцией наружных слоев сетчатки. Но возможны и другие объяснения.

Эти структуры обычно не изменяются с течением времени. Очевидно, что подобные изменения часто встречаются при развитых стадиях заболеваний наружных слоев сетчатки и пигментного эпителия (ПЭС).

#### **Интраретинальные полости, не вызывающие просачивания красителя при флюоресцентной ангиографии**

- Витреомакулярная тракция
- X-сцепленный ретиношизис
- Пигментный ретинит
- Полости при телеангиэктазии
- Ниациновая макулопатия

#### **Полости наружных слоев макулярной области**

- Юкстафовеолярная макулярная телеангиэктазия
- Тубуляции наружных слоев сетчатки
- Витреомакулярная тракция зоны центральной ямки
- Закрытый макулярный разрыв после оперативного вмешательства
- Ахроматопсия
- Злоупотребление алкил-нитритом

#### **Состояния, симулирующие полости наружных слоев сетчатки**

- Солнечная макулопатия
- Острый пигментный эпителиит сетчатки
- Острый ретинит
- Тамоксифеновая ретинопатия
- Макулопатия Вельдера
- Болезнь Штаргардта

#### **Полости наружных слоев сетчатки: ниациновая макулопатия**

У некоторых пациентов, принимающих никотиновую кислоту, развивается двустороннее кистозное утолщение сетчатки макулярной области; кистозные полости обнаруживаются в наружном плексиформном, а также во внутреннем ядерном слоях на

обоих глазах. Крупные кисты лежали в наружном плексиформном слое, они находились центральнее, более мелкие кисты выявлялись во внутреннем ядерном слое.

Полости наружных слоев сетчатки: поражения зоны соединения между наружными и внутренними сегментами фоторецепторов, симулирующие полости

В редких случаях четко отграниченных поражений зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов на ОКТ видны мелкие очень темные зоны, напоминающие полости.

Эти отграниченные являются не содержащими жидкость полостями, а мелкими дефектами фоторецепторов.

На перпендикулярных срезах они выглядят как прямоугольные горизонтально ориентированные псевдополости. Их размеры варьируют от очень мелких до мелких и средних. Они локализуются в наружных слоях сетчатки вблизи пигментного эпителия в зоне соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов. Их стенки гладкие, содержимое гипоехогенно.

**Поражения зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, симулирующие полости**

- Форма: прямоугольная, горизонтально ориентированная
- Размеры: очень мелкие, мелкие или средние
- Локализация: наружные слои сетчатки вблизи пигментного эпителия в зоне соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов
- Стенки: гладкие
- Содержимое: гипоехогенное

Эти поражения очень хорошо визуализируются на срезах «en face», проходящих точно на уровне соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

Сканирование «en face» позволяет получать информативные изображения и определять, является ли поражение одиночным или множественным. Часто на фронтальных разрезах видно, что повреждение не одиночное, а является частью более сложного патологического процесса. Можно выявить остаточную ткань. Такие дефекты часто выявляются при остром ретините, остром эпителиите, солнечной («солнечного затмения») ретинопатии, синдроме множественных исчезающих белых точек (MEWDS), острой зональной оккультной ретинопатии (acute zonal occult retinopathy — AZOOR), поражении тамоксифеном.

**Полости наружных слоев сетчатки. Причины ограниченных изменений фоторецепторов**

- Острый ретинит
- Острый эпителиит
- Солнечная ретинопатия («солнечного затмения»)
- Синдром множественных исчезающих белых точек (MEWDS)
- Острая зональная оккультная ретинопатия (AZOOR)
- Поражения, вызванные тамоксифеном

- Макулярная телеангиэктазия

#### **Причины обширного поражения фоторецепторов**

- Диабетическая ретинопатия
- Гипертоническая ретинопатия
- Макулярная дегенерация
- Венозная окклюзия
- Макулярная телеангиэктазия
- Лучевая ретинопатия

#### **Кавитация: перипапиллярные полости сосудистой оболочки**

Иногда при высокой близорукости можно наблюдать оптически пустые гипозохогенные пространства сосудистой оболочки вокруг диска зрительного нерва сразу же под пигментным эпителием. Эти полости можно ошибочно принять за перипапиллярные отслойки сетчатки. Но это не отслойки сетчатки, а интрахориоидальные полости.

При офтальмоскопии они выглядят как ограниченные желтоватые или оранжевые отслойки сетчатки.

Эти пространства никогда не прокрашиваются флюоресцеином, даже на поздних фазах флюоресцентной ангиографии.

При ОКТ полости кавитаций вытянуты горизонтально, локализованы вблизи диска зрительного нерва. Полость, образующаяся, вероятно, вследствие увеличения размеров глаза, растяжения ткани сосудистой оболочки, называется кавитацией. Форма кавитации округлая, овоидная; размеры варьируют от средних до очень больших. Они локализируются в сосудистой оболочке под пигментным эпителием и имеют гладкие стенки и гипозохогенное содержимое.

#### **Характеристики полости кавитации**

- Наблюдается в глазах с высокой близорукостью
- Форма: округлая
- Размеры: от средних до очень больших
- Локализация: в сосудистой оболочке под пигментным эпителием
- Стенки: гладкие
- Содержимое: гипозохогенное

### **ПЛОТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ОТЛОЖЕНИЯ**

#### **Кровоизлияния**

При ОКТ кровоизлияния отображаются в виде относительно плотных гиперэхогенных образований, обычно отбрасывающих коническую тень на нижележащие слои. Они бывают поверхностными, преретинальными, интратретинальными и субретинальными.

#### **Причины преретинальных кровоизлияний**

Частые

- Гипертоническая ретинопатия

- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Прямые и не прямые повреждения глаза

Менее частые

- Коагулопатии
- Анемия
- Лейкемия
- Бактериальный эндокардит
- Субдуральное кровоизлияние
- Субарахноидальное кровоизлияние
- Синдром Терсона
- Неизвестные причины

### **Причины поверхностных кровоизлияний**

Задний полюс

- Гипертоническая ретинопатия
- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Идиопатические у молодых людей
- Пероральные контрацептивы
- Идиопатические

Болезни крови

- Коагулопатии
- Анемия
- Лейкемия

Вокруг диска зрительного нерва

- Глаукома и глаукома нормального давления
- Отек диска зрительного нерва
- Папиллит
- Ишемическая нейрооптикопатия
- Птшиофлебит

### **Причины кровоизлияний в глубоких слоях**

- Гипертоническая ретинопатия
- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии
- Лаковые трещины при миопии
- Ангиоидные полосы
- Анемия
- Лейкемия
- Коагулопатии
- Пероральные контрацептивы
- Идиопатические

При преретинальных кровоизлияниях возможно появление горизонтального уровня.

Кровоизлияния поверхностных слоев обычно имеют форму языков пламени и локализируются вдоль нервных волокон, тогда как кровоизлияния, возникающие из более глубоко лежащих капилляров, имеют округлую или неправильную форму.

### **Особенности кровоизлияния**

- Внешний вид: виде языков пламени, если поверхностное, округлое, если глубокое
- Размеры: от маленьких до очень крупных
- Локализация: как поверхностная, так и глубокая
- Границы: сглаженные

- Содержимое: гиперэхогенное

## **Экссудаты (твердые, ватообразные)**

### **Твердые экссудаты**

На ОКТ они отображаются как плотные гиперэхогенные узелковые структуры, лежащие в толще сетчатки, отбрасывающие коническую тень на нижележащие слои. Они могут быть изолированными, рассеянными, образовывать фигуру звезды или собираться в скопления при кольцевидном ретините. Они состоят из липопротеинов, оседающих на границе нормальной и отечной сетчатки, и часто окружают вызывающие отек интравитреальные сосудистые аномалии.

Чаще всего они локализируются в наружном плексиформном слое, но могут инфильтрировать и наружные слои; в этом случае они отбрасывают коническую тень на нижележащие слои. При флюоресцентной ангиографии твердые экссудаты не видны.

В макулярной области они могут нарушать структуру сетчатки и вызывать образование фиброзных рубцов, что сопровождается тяжелыми нарушениями зрения. 40,41

### **Причины твердых экссудатов сетчатки**

- Диабетическая ретинопатия
- Гипертоническая ретинопатия
- Болезнь Коатса
- Макулярная дегенерация
- Венозная окклюзия
- Макулярная телеангиэктазия
- Радиационная ретинопатия

### **Характеристики твердых экссудатов**

- Форма: неправильная
- Размеры: мелкие, средние или большие
- Локализация: глубокие слои сетчатки, наружный ядерный или наружный плексиформный слои
- Границы: неправильные
- Содержимое: гиперэхогенное

### **Ватообразные экссудаты**

Они локализируются по краю ишемических изменений нервных волокон, состоят из поверхностных гиперэхогенных ретинальных узелков, соприкасаются с поверхностными слоями сетчатки и экранируют нижележащие слои.

### **Причины возникновения ватообразных экссудатов**

Частые

- Гипертоническая ретинопатия
- Окклюзия ветви артерии
- Лучевая ретинопатия
- Синдром Пурчера
- Диабетическая ретинопатия
- Венозные окклюзии

Редкие

- Болезнь Ходжкина

- Анемия
- Системная красная волчанка
- Лептоспироз
- Кала-азар

#### **Характеристики ватообразных экссудатов**

- Форма: правильная, часто веретенообразная
- Размеры: мелкие, средние или большие
- Локализация: поверхностно, слой нервных волокон
- Содержимое: немного гиперэхогенное

#### **Субретинальные отложения**

##### **Причины субретинальных отложений**

Макулярная дегенерация (пигмент или липофусцин)

- Отложения липофусцина при псевдовителлиформной макулопатии
- Отложения тамоксифена
- Макулярная атрофия (пигмент или содержимое разрушенных друз)

Они могут выявляться глубоко в наружных слоях сетчатки; иногда они соприкасаются с пигментным эпителием или сливаются с ним. Чаще всего они образованы липофусцином или пигментом

##### **Характеристики отложений липофусцина**

- Форма: правильная, округлая овоидная
- Раберы: мелкие, средние или большие
- Локализация: в глубоких слоях, соприкасаются или сливаются с пигментным эпителием
- Границы: ровные
- Содержимое: гиперэхогенное

#### **Неоваскулярные мембраны**

##### **Причины развития субретинальных неоваскулярных мембран**

Частые

- ВМД
- Идиопатическая полипозная васкулопатия
- Ретинальная ангиоматозная пролиферация
- Близорукость
- Идиопатические новообразованные сосуды у молодых пациентов
- Псевдогистоплазмоз
- Травматические разрывы хориоидеи
- Осложнения лазеркоагуляции
- Ангиоидные полосы

Редкие

Хориоидит

- Невус сосудистой оболочки
- Остеома
- Псевдовителлиформная макулодистрофия
- Болезнь Штаргардта

##### **Классические мембраны**

Неоваскулярные мембраны при недавно начавшейся ВМД и неоваскулярные мембраны у молодых пациентов и у миопов — это узловатые округлые образования, локализованные сразу же перед пигментным эпителием и сливающиеся с ним. Обычно они отбрасывают коническую тень на нижележащие слои. При их дальнейшем развитии —

через несколько недель или месяцев — они утрачивают свой характерный вид и выглядят как утолщение и разрыв слоя пигментного эпителия.

#### **Характеристики классических мембран**

- Форма: неправильная, округлая, веретенообразная овоидная
- Размеры: мелкие, средние, большие
- Локализация: в глубоких слоях, соприкасается или сливается с пигментным эпителием, или перед ним
- Границы: ровные
- Содержимое: гиперэхогенное
- Сопровождается отеком или серозной отслойкой сетчатки

#### **Оккультные мембраны**

Оккультные или скрытые неоваскулярные мембраны диагностировать гораздо труднее даже при ОКТ. Может выявиться неправильной формы утолщения слоя ПЭС-хориокапилляров с некоторой деструкцией. Они не экранируют нижележащие слои.

#### **Характеристики оккультной мембраны**

- Форма: неправильная или очень неправильная
- Размеры: мелкие, средние, большие
- Локализация: в глубоких слоях, соприкасается или сливается с пигментным эпителием, часто находится под ним
- Деструкция пигментного эпителия
- Часто сопровождается отслойкой пигментного эпителия
- Границы: неровные
- Содержимое: гиперэхогенное
- Всегда сопровождается отеком или серозной отслойкой сетчатки

Важное значение имеют косвенные признаки. Необходимо помнить, что активные неоваскулярные мембраны, классические или оккультные, всегда сопровождаются видимым отеком или серозной отслойкой сетчатки.

#### **Фиброваскулярные рубцы**

Рубцы появляются в ходе эволюции развитой макулярной дегенерации, диабетической ретинопатии, хориоретинита или травматических изменений сосудистой оболочки.

#### **Причины развития рубцов сетчатки**

- Развитая макулярная дегенерация
  - Диабетическая фиброваскулярная мембрана
  - Лазеркоагуляты
  - Фиброзные рубцы
- Хориоретинит  
— Травме

Они вызывают атрофию сетчатки и пигмента. Они обычно сухие, сопровождаются деструкцией всех слоев заднего полюса и развитием фиброваскулярной ткани. В окружающей сетчатке наблюдается утрата структуры и снижение контрастности между слоями.

При оптической когерентной томографии выявляется гиперэхогенное узловатое фиброзное или фиброваскулярное образование с деформацией профиля сетчатки в пределах зоны атрофических изменений. Рубец также содержит гиперпластические элементы пигментного эпителия. Кроме того, иногда может наблюдаться диффузная экссудация сенсорной сетчатки заднего полюса, распространяющаяся за пределы сосудистых аркад. Выявляются более толстые зоны фиброваскулярной ткани, плотная пролиферация пигментного эпителия и атрофия нормальных слоев сетчатки. Можно выявить диффузный или кистозный отек и отслойки нейро- и пигментного эпителия. Рубцы деформируют контуры сетчатки.

Вокруг рубца нормальная анатомия слоев сетчатки нарушена, возможно выделить только два патологических слоя, один из них соответствует внутренним слоям сетчатки, а другой — слою фоторецепторов. Нормальные элементы не видны. Становится невозможным выделить нормальные слои, видно два основных патологических слоя пигментного эпителия: гиперэхогенный внутренний и низко эхогенный наружный, который в свою очередь состоит из двух трудноразличимых слоев. Наружный слой часто бывает толще внутреннего. На этой стадии патологических изменений уже невозможно выделить внутреннюю пограничную мембрану и зону соединения внутренних и наружных сегментов.

### **ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ СЕТЧАТКИ**

При некоторых заболеваниях толщина отдельных слоев сетчатки в определенных зонах увеличивается или уменьшается. Методики сегментации, картирования сетчатки и выполнение различных срезов позволяют оценить топографию и интравитреальную локализацию этих изменений и отслеживать их эволюцию.

#### **Макулярные атрофии и дистрофии**

Приобретенные макулярные атрофии и дистрофии

- Атрофическая макулярная дегенерация
- ВМД
- Хроническая эпителиопатия
- Паттерн-дистрофия
- Друзы

Наследственные макулярные атрофии и дистрофии

- Болезнь Штаргардта
- Желтопятнистое глазное дно
- Доминантная прогрессирующая фовеолярная дистрофия (доминантная болезнь Штаргардта)

Штаргардта)

- Колбочковая дистрофия
- Центральный пигментный ретинит (обратная пигментная дистрофия)
- Псевдовителлиформная дистрофия (Беста)
- Доминантные наследственные друзы
- Сотовидная дегенерация Дойна
- Болезнь Hutchinson-Tay
- Malattia leventinese

- Ретикулярная дистрофия Сьегрена
  - Белоточечная дистрофия
- Воспалительные изменения
- Серпигиозная ретинопатия
  - Синдром краснухи
  - Острая задняя мультифокальная плакоидная пигментная эпителиопатия
  - Токсоплазмоз
- Токсические поражения
- Хлорохин
  - Фенотиазин
  - Этамбутол
  - Индометацин
  - Гризеофульвин

#### **Причины уменьшения толщины средней периферии сетчатки**

- Пигментный ретинит
- Тапеторетинальная дегенерация

#### **Сегментация**

Чувствительность современной ОКТ позволяет нам оценивать толщину почти любого слоя сетчатки. Высокая разрешающая способность спектральной ОКТ позволяет некоторым аппаратам точно определять границы слоев не измененной сетчатки. Программное обеспечение спектральной ОКТ способно самостоятельно определять границы слоев сетчатки и строить более точные карты толщины сетчатки только при умеренно выраженных патологических изменениях. При выраженных изменениях сегментация затруднена или вообще невозможна. В такой ситуации границы слоев определяются некорректно.

Исследование изменений толщины слоя нервных волокон (которая измеряется на циркулярных срезах сетчатки и сосудистой оболочки, центрированных на диске зрительного нерва) имеет крайне важное значение при диагностике и лечении глаукомы. Также было выявлено, что подобные изменения развиваются и при болезни Альцгеймера и рассеянном склерозе, что в будущем, возможно, будет способствовать ранней диагностике этих заболеваний.

Изменения наружного ядерного слоя, содержащего ядра фоторецепторов, позволяют нам диагностировать макулярные дистрофии и дегенерации. Его истончение отражает поражение палочек и колбочек.

#### **Атрофия-дистрофия слоев сетчатки и сетчатки в целом**

##### **Атрофическая дегенерация**

Выраженное истончение (до 100 мк и менее) толщины сетчатки наблюдается в заднем полюсе. Атрофии сетчатки сопутствует появление зон атрофии пигментного эпителия. Эти зоны появляются в областях истончения сетчатки и характеризуются снижением экзогенности вследствие потери пигмента. При гипозоногенных атрофических

сетчатке и пигментном эпителии улучшается проникновение света в сосудистую оболочку, усиливается отражение и обратное рассеяние.

#### **Причины атрофии внутренних слоев сетчатки**

- Ишемия сетчатки
- Диабетическая ретинопатия
- Глаукома
- Атрофии зрительного нерва

#### **Причины истончения и атрофии слоя нервных волокон**

- Глаукома
- Болезнь Альцгеймера
- Рассеянный склероз
- Атрофии зрительного нерва
- Ишемия сетчатки
- Окклюзии артерий

## **ИЗМЕНЕНИЯ НАРУЖНЫХ СЛОЕВ СЕТЧАТКИ И ПИГМЕНТНОГО ЭПИТЕЛИЯ**

#### **Причины поражения наружных слоев сетчатки**

- ВМД
- Географическая атрофия
- Другие макулярные дегенерации
- Венозные окклюзии
- Острые ретинопатии
- Хронические ретинопатии
- Хроническая эпителиопатия
- Травматические ретинопатии
- Последствия витреоретинальной операции
- Последствия хирургического вмешательства по поводу разрыва сетчатки
- Окклюзия артерий сосудистой оболочки
- Псевдовителлиформная макулопатия

#### **Причины патологических изменений сетчатки, ограниченных слоев фоторецепторов**

##### **Ограниченные изменения**

- Острый ретинит
- Острый эпителиит
- Солнечная (эклипс-) ретинопатия
- Синдром множественных исчезающих белых точек
- Острая зональная оккультная наружная ретинопатия
- Изменения, вызванные тамоксифеном
- Макулярная телеангиэктазия

##### **Обширные изменения**

- Диабетическая ретинопатия
- Гипертоническая ретинопатия
- Макулярные дегенерации
- Хронические эпителиопатии
- Венозные окклюзии
- Травматические ретинопатии
- Витреоретинальная хирургия
- Оперативное лечение разрывов сетчатки
- Окклюзия артерий сосудистой оболочки
- Макулярная телеангиэктазия
- Радиационная ретинопатия

## **Патологические изменения зоны соединения внутренних и наружных сегментов**

Эхогенная полоска отображает зону соединения внутренних и наружных сегментов фоторецепторов (табл. 6.56).

### **Локализованные поражения зоны соединения внутренних и наружных сегментов**

- Дробьевидная ретинопатия
- Синдром множественных исчезающих белых точек
- Острая задняя мультифокальная плакоидная пигментная эпителиопатия (АРМРРЕ)
- Точечная внутренняя хориопатия
- Мультифокальный хориоидит
- Острый ретинальный пигментный эпителиит
- Острый ретинит
- Заболеваниям сетчатки из этой группы иногда сопутствует серпигинозный хориоидит

Некоторые авторы считают, что эта полоска, относимая к зоне соединения внутренних и наружных фоторецепторов, на самом деле соответствует эллипсоидной части внутреннего сегмента фоторецепторов.

При локальных изменениях фоторецепторов эта полоска может прерываться, разделяться на сегменты или вообще отсутствовать. Иногда изменения ограничены или выглядят как фокальная деструкция гиперэхогенной линии. Через некоторое время изменения зоны соединения вызывают истончение наружного ядерного слоя, что указывает на повреждение фоторецепторных клеток. Сохранность зоны соединения между наружными и внутренними сегментами оказалась крайне важным прогностическим фактором восстановления зрения после успешного лечения отслойки сетчатки, захватывающей макулярную область.

### **Изменения пигментного эпителия**

При дистрофии пигментного эпителия его толщина неравномерно уменьшается, утрачивается один или более из трех слоев, наблюдаемых в норме. При наличии неоваскулярной мембраны мы видим локальную деструкцию и истончение ПЭС.

### **Друзы**

Друзы сетчатки вызывают появление неровностей и волнистости ПЭС с немного гиперэхогенным содержимым и часто — с локальным утолщением слоя пигментного эпителия. Становится возможным различить мембрану Бруха в виде тонкой линии.

### **Атрофия пигментного эпителия**

При тотальной атрофии эпителий полностью исчезает, открывая мембрану Бруха. В этом случае световое излучение ОКТ проникает глубже, в высоко эхогенную сосудистую оболочку. Характеристики отраженного сигнала зависят от количества света,

достигающего хориоидеи, при этом вышележащие атрофичные слои абсорбируют небольшое количество света, и измерительное устройство аппарата ОКТ фиксирует интенсивный отраженный сигнал, не ослабленный вышележащими атрофичными слоями сетчатки.

### **Аномалии пигментации: гиперплазия и гипертрофия пигментного эпителия**

Пигментные структуры могут образовывать экран и отбрасывать очень плотную тень. Гиперплазия и гипертрофии пигментного эпителия очень плотные, так же, как некоторые невусы и меланома.

### **Невус**

Невус отображается как очень плотный тяж во внутренних слоях сосудистой оболочки сразу же под пигментным эпителием, отбрасывающий плотную тень, которая скрывает сосуды хориоидеи и склеру. Если невус существует длительное время, под сетчаткой может скапливаться жидкость. Возможным осложнением является субретинальная неоваскуляризация.

## **ИЗМЕНЕНИЯ СОСУДИСТОЙ ОБОЛОЧКИ**

Современные методы спектральной ОКТ позволяют изучать нормальную и патологически измененную сосудистую оболочку при поперечной и «en face» томографии. Spaide описывает «углубленные томограммы», полученные с помощью аппарата Heidelberg Spectralis. В большинстве аппаратов ОКТ используется излучение с длиной волны 800 нм. В некоторых экспериментальных аппаратах используется излучение с длиной волны 1030 нм, что увеличивает проникающую способность.

У здоровых пациентов при ОКТ выявляется большая изменчивость нормальной структура сосудистой оболочки. Важно помнить, что у одного и того же человека, могут наблюдаться нормальные колебания толщины хориоидеи в одной и той же зоне в течение нескольких дней или часов.

В макуле сосудистая оболочка толще. Ее толщина уменьшается в носовом и височном секторах.

### **Толщина сосудистой оболочки**

#### **Увеличенная**

- Гиперметропия (нормальная)
- Хроническая эпителиопатия
- Центральная серозная эпителиопатия
- Воспаления сосудистой оболочки
- Болезнь Фогта-Коянаги-Харада
- Сосудистые окклюзии
- Силденафил

#### **Уменьшенная**

#### **Близорукость(нормальная)**

- Возраст (нормальная)
- Атрофическая макулярная дегенерация

- Наследственные макулярные дистрофии
- Пигментный ретинит (средняя периферия)

### **Изменения толщины с возрастом**

Средняя толщина сосудистой оболочки в зоне центральной ямки в возрасте 20-30 лет в здоровых эметропичных глазах составляет приблизительно 320-340 микрон. С возрастом толщина хориоидеи уменьшается до 230 мкм в возрасте старше 50 лет, и до 160 микрон и меньше в возрасте старше 70 лет.

### **Утолщение сосудистой оболочки**

#### **Хроническая эпителиопатия и центральная серозная хориоретинопатия**

При хронической эпителиопатии и центральной серозной хориоретинопатии эхогенность интерстициальной соединительной ткани ниже, чем у здоровых людей. Значительно увеличивается диаметр сосудов в слое мелких сосудов Саттлера и слое крупных сосудов Галлера. Наблюдается интенсивное интрахориоидальное просачивание. Сосудистая оболочка значительно утолщена до 450 микрон и даже свыше 650 микрон, нормальная толщина составляет 320—200 микрон в зависимости от возраста и рефракционной погрешности, она измеряется при В-сканировании от внутренней поверхности пигментного эпителия до бурой пластинки и супрахориоидального пространства в субфовеолярной зоне.

На срезе «en face», проходящем через глубокие слои сосудистой оболочки видны расширенные средние и крупные сосуды.

После проведения стандартной лазеркоагуляции, даже при увеличении остроты зрения, утолщение сосудистой оболочки сохраняется. Через 4-6 месяцев после фотодинамической терапии мы обычно наблюдаем уменьшение толщины хориоидеи.

### **Воспаления сосудистой оболочки**

В этой большой группе патологических состояний можно выделить несколько общих признаков. Сосудистая оболочка всегда значительно утолщена, тогда как в норме ее толщина составляет 320-200 микрон в зависимости от возраста, и измеряется при В-сканировании от границы пигментного эпителия до бурой пластинки. Эхогенность соединительной интерстициальной ткани ниже. И при острой, и при хронической эпителиопатии диаметр сосудов значительно увеличен в слое мелких сосудов Саттлера и слое крупных сосудов Галлера. Эти сосуды могут отображаться как гиперэхогенные зернистые структуры. Пигментный эпителий может оказаться истонченным, даже если он остается гиперэхогенным. Иногда при утолщении хориоидеи на большой площади выявляются серозная отслойка сетчатки и гиперэхогенные точки, отбрасывающие тень на нижележащие сосуды.

### **Хориокапиллярит**

При хориокапиллярите часть хориокапиллярного слоя может быть утрачена. Неизвестно, происходит ли это вследствие снижения перфузии или атрофии. Эти изменения видны на срезах «en face».

### **Болезнь Фогта-Каянаги-Харада**

При болезни Харада толщина сосудистой оболочки превышает норму. Сосуды слоев Саттлера и Галлера значительно увеличены в диаметре. Сосуды хориоидеи могут быть гиперэхогенными или зернистыми. Пигментный эпителий может быть истонченным и гиперэхогенным.

### **Окклюзии сосудов сетчатки**

При оптической когерентной томографии на поперечных срезах видно расширение средних и крупных сосудов под зоной венозной окклюзии сетчатки. Значительные изменения соединительной ткани отсутствуют.

### **Истончение сосудистой оболочки**

#### **Близорукость**

При близорукости в макуле наблюдается более толстая хориоида в зоне центральной ямки, более тонкая в носовых и височных квадрантах; при высокой близорукости имеется тенденция к ее истончению. Средняя толщина при миопии 3-8 диоптрий составила 231 мкм, 89 мкм в группе пациентов с высокой миопией и 105 мкм при миопии, осложненной развитием неоваскулярных мембран. Толщина сосудистой оболочки немного больше в центре ямки.

#### **Атрофическая макулярная дегенерация**

Атрофический процесс поражает слои сетчатки, пигментный эпителий и сосудистую оболочку. На ОКТ срезах выявляется тонкая четко отграниченная хориоида. Пигментный эпителий атрофичный и тонкий, и лазерный луч ОКТ аппарата проникает глубоко в оболочку глазного яблока.

Толщина сосудистой оболочки значительно снижена, до 70 микрон или тоньше; нормальная толщина хориоидеи варьирует в зависимости от возраста от 320 до 200 микрон.

В атрофический процесс вовлекаются слои Саттлера и Галлера. Стенки сосудов и интерстициальная соединительная ткань становятся более плотными и более эхогенными, чем в норме. Диаметр сосудов уменьшается, и часто мы наблюдаем только один слой сосудов вместо трех или четырех. Это крупные и гипоехогенные сосуды.

Соединительная ткань в зоне атрофии очень гиперэхогенная, плотная и гомогенная.

Во время исследования сосудистой оболочки при ВМД очень важно оценить плотность пигментного эпителия, так как в зонах неизменного пигментного эпителия

эхогенность хориоидеи может быть в пределах нормы, а в зонах атрофии сосудистая оболочка может быть очень гиперэхогенной.

### **Полости сосудистой оболочки**

Оптически пустые гипоэхогенные пространства сосудистой оболочки вокруг зрительного нерва могут выявляться у пациентов с высокой миопией. Эти пустые пространства называются полостями кавитации. При осмотре на щелевой лампе вблизи диска зрительного нерва выявляются отслойки оранжевого цвета. Эти пространства никогда не флюоресцируют, даже на поздних стадиях ангиографии.

Так называемые полости кавитации — это овоидные оптически пустые пространства вблизи диска зрительного нерва. Они локализируются в толще сосудистой оболочки, ближе к сетчатке, чем к склере.

Вероятно, полости возникают вследствие растяжения глазного яблока и натяжения сосудистой оболочки; этот процесс называется кавитацией.

### **Опухоли сосудистой оболочки**

Оптическая когерентная томография в большинстве случаев позволяет отличить опухоль от окружающей нормальной хориоидеи.

### **Невус**

Невус отображается в виде высокоэхогенного тяжа в передних слоях сосудистой оболочки под пигментным эпителием, отбрасывающего плотную тень на нижележащие слои. Глубокие хориоидальные сосуды и склера экранируются. Пигментное образование является экраном, отбрасывающим плотную тень на нижележащие слои.

### **Гемангиома сосудистой оболочки**

При оптической когерентной томографии выявляется губкообразная ткань и высокоэхогенная полоса, не отбрасывающая тени. Под пигментным эпителием диаметр сосудов может быть очень большим. Иногда в толще опухоли можно выявить ангиоматозные расширенные сосуды.

### **Меланома**

Используемые в клинике методики ОКТ позволяют отличить опухоль от нормальной ткани сосудистой оболочки, но лазерный луч не может проникнуть внутрь опухолевой массы. Экспериментальные методы ОКТ позволяют исследовать более глубокие структуры.

### **Остеома**

При остеоме при ОКТ определяется плотная гомогенная ткань, не отбрасывающая тени.

## Глазные синдромы и заболевания

### **ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ОКТ-СИНДРОМЫ И РАССТРОЙСТВА**

Морфологические изменения могут затрагивать всю сетчатку целиком.

#### **Выпуклость (кисты или субретинальные опухоли)**

Выпуклость очень часто наблюдается при отслойке пигментного эпителия. Иногда, однако же, она вызывается субретинальными кистами или опухолями. В таких случаях наблюдается более пологая выпуклость, захватывающая также субретинальные слои (например, пигментный эпителий и слой хориокапилляров), острые углы отсутствуют, в отличие от серозной отслойки пигментного эпителия.

В случае опухоли сосудистой оболочки, приподнимаются все слои сетчатки, а также пигментный эпителий и слой хориокапилляров, обычно визуализируются небольшие карманы с субретинальной жидкостью, а также некоторый отек сетчатки, проявляющийся ее утолщением, низкой эхогенностью и губчатой структурой. Сама опухоль при ОКТ почти никогда не выявляется.

Более выраженная выпуклость наблюдается при «куполообразной макуле».

#### **Вогнутость (близорукость)**

При высокой миопии, и особенно при наличии задней миопической стафиломы, при ОКТ можно выявить выраженную вогнутость всех слоев сетчатки.

#### **Близорукость**

При патологической близорукости (более 7 диоптрий) у большей части пациентов в пубертатном периоде или позже развивается:

- Задняя отслойка стекловидного тела
- Тракционная макулопатия
- Миопический ретиношизис
- Задняя миопическая стафилома, медленно увеличивающаяся с возрастом
- Задняя эктазия с деформацией задних отделов сетчатки
- Лаковые трещины
- Хориоидальная кавитация
- Куполообразная макула
- Хориоретинальная атрофия

#### **Миопический ретиношизис**

Макулярный шизис у взрослых чаще всего встречается при высокой близорукости. Растяжение глазного яблока, миопическая стафилома и тракция эпимакулярной мембраны — основные факторы, вызывающие расслоение сетчатки при миопии. В развитых случаях

зона шизиса может заполнять всю заднюю стафилому, создавая картину отслойки сетчатки заднего полюса. Иногда сетчатка бывает значительно утолщена. Обычно эти изменения не сопровождаются снижением остроты зрения.

При ОКТ выявляется интратетинальное расслоение. Ткань сетчатки расщеплена на полосы и тяжи, образующие друг с другом углы не более  $10^\circ$ . Различные слои отделяются друг от друга, но между ними сохраняются немногочисленные тонкие соединения. Ретиношизис заднего полюса часто развивается при ламеллярном макулярном разрыве и сопровождается снижением остроты зрения.

### **Стафилома при близорукости**

При высокой близорукости у большей части пациентов с возрастом развивается и медленно прогрессирует задняя миопическая стафилома. Склера тоньше, чем в норме, выпячивается кзади, формирует эктазию с деформацией задних отделов сетчатки, развиваются лаковые трещины и хориоретинальная атрофия. При ОКТ выявляется выраженная вогнутость слоев сетчатки, истончение или атрофия сосудистой оболочки.

### **Куполообразная макула**

Развивается выбухание макулярной зоны, часто наблюдаемое в миопических глазах. При ОКТ выявляется утолщение всех слоев склеры. Эта аномалия может вызывать развитие макулярной дистрофии с отложениями пигмента и зонами атрофии. Но чаще мы наблюдаем серозную отслойку сетчатки, как при центральной серозной ретинопатии. При флюоресцентной ангиографии может выявляться некоторое просачивание красителя. Иногда в макулярной области развивается ограниченный ретиношизис.

### **Миопическая тракционная макулопатия**

При высокой близорукости можно встретить особую форму тракционной макулопатии заднего полюса, иногда в зоне стафилемы. Эта макулопатия развивается вследствие тракции со стороны витреоретинальной мембраны или измененных задних слоев стекловидного тела. При ОКТ выявляются тракционные мембраны, отслойка сетчатки, и обычно фиксируются интратетинальные расслоение или полость. Желательно выполнять ОКТ всем пациентам-миопам с любыми жалобами или любым ухудшением зрения. Часто на парном глазу выявляется субклиническая тракция.

ОКТ позволяет получить важную информацию, позволяющую поставить точный диагноз и способствующую выбору соответствующего лечения. Нередко наблюдается спонтанный регресс тракций.

### **Кавитация: перипапиллярные полости сосудистой оболочки**

При высокой миопии иногда можно наблюдать гипозоногенные пространства, локализованные в сосудистой оболочке вокруг диска зрительного нерва под пигментным

эпителием. При офтальмоскопии выявляются плоские отслойки. При ОКТ видны горизонтальные овоидные полости вблизи кавитации зрительного нерва.

## **ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА**

Преретинальные и эпиретинальные мембраны

ОКТ позволяет оценивать плотность, толщину и локализацию преретинальных и эпиретинальных мембран по отношению к сетчатке.

Мембраны могут быть фиксированными или сросшимися с внутренним пограничным слоем, или же частично или полностью отслоенными; они вызывают образование складок поверхности сетчатки. Для мембран характерна высокая экзогенность.

### **Эпиретинальный глиоз**

Мембраны могут оказывать тракционные воздействия на сетчатку, деформировать ее профиль и вызывать развитие диффузного или кистозного макулярного отека. При фибро-глиальной пролиферации сокращение внутреннего пограничного слоя вызывает появление тангенциальных тракций внутренних слоев внутренней пограничной мембраны. Широкая глиальная преретинальная мембрана слипается с поверхностью сетчатки и фиксируется к сосудистым аркадам. При сокращении мембраны образуются складки сетчатки. Обычно складки сетчатки под сокращающейся мембраной ориентированы в поперечном направлении, а за пределами зоны ретракции — в радиальном. После хирургического пилинга на томограммах «en face» видно сморщивание поверхности сетчатки.

### **Макулярные разрывы, ламеллярные разрывы, псевдоразрывы**

При ОКТ можно увидеть различные стадии формирования и развития макулярного разрыва и получить четкое изображение макулярных разрывов и псевдоразрывов. Это позволяет обнаруживать макулярные разрывы, измерять их диаметр и оценивать протяженность отслойки.

По классификации Гасса различают четыре стадии макулярных разрывов:

Стадия 1: исчезновение фовеолярной депрессии и формирование небольшой щели или полости под поверхностью сетчатки.

Стадия 2: частичный разрыв поверхности сетчатки, крышечка фиксирована к краям разрыва.

Стадия 3: разрыв проходит через все слои сетчатки до пигментного эпителия. Псевдокрышечка отслоена. Кистозный отек, утолщение сетчатки.

Стадия 4: завершённый разрыв, полная утрата ткани сетчатки фовеолярной области. Кистозный отек сетчатки, отслойка краев разрыва.

При ламеллярном разрыве ткань сетчатки частично сохранена. Утрачивается небольшой объем внутренних слоев сетчатки, а наружные слои обычно интактны, так же, как и наружная пограничная мембрана и зона соединения наружных/внутренних сегментов. Зрение обычно сильно не страдает.

При псевдоразрывах не происходит потери ткани сетчатки, но развиваются некоторые изменения поверхности сетчатки в зоне адгезии к ней эпиретинальной мембраны.

## **МАКУЛОПАТИЯ И ЭПИТЕЛИОПАТИЯ**

### **Возрастная макулярная дегенерация**

При возрастной макулярной дегенерации (БМД) ОКТ позволяет количественно оценить и документировать изменения, сопоставить томограммы и ангиограммы, помогает наблюдать развитие заболевания и определять тактику лечения.

ОКТ (В-сканирование, «en face», 3D и топографическое картирование) позволяет документировать серозные и геморрагические отслойки сетчатки, диффузный отек сетчатки, отслойки пигментного эпителия, неоваскулярные мембраны, экссудаты, субретинальный фиброз, состояние сосудистой оболочки (ее утолщение или истончение). Также оцениваются размеры изменений, толщина сетчатки, размеры и объем отслоек. Эти данные сопоставляются с данными флюоресцентной ангиографии, ангиографии с индоцианин-зеленым, аутофлюоресценции, ОКТ. Это помогает принять решение о способах и сроках применения анти-VEGF (блокаторов вазоэндотелиального фактора роста).

Возрастная макулярная дегенерация — возрастное заболевание, обычно развивающееся в возрасте старше 50 лет. Оно характеризуется прогрессирующей дегенерацией фоторецепторов и пигментного эпителия, изменениями мембраны Бруха и, при влажной форме ВМД, неоваскуляризацией. Это заболевание вызывает ухудшение зрения. Большинство случаев возрастной макулярной дегенерации составляет сухая форма ВМД, и только 10 % приходится на влажную форму ВМД. ОКТ особенно информативна при наблюдении за спонтанным течением заболевания и при оценке результатов современных методов терапии, помогает определить сроки повторного лечения.

Друзы и отложения пигмента — первые симптомы возрастной макулярной дегенерации. Друзы — это дегенеративные образования мембраны Бруха. Бывают твердые друзы (гиалиновые отложения с четкими краями) или мягкие друзы (с аморфным содержимым). На ОКТ друзы видны как волнообразные изменения пигментного эпителия — слоя хориокапилляров.

С течением времени может развиваться атрофическая или экссудативная дегенерация.

### **Географическая или атрофическая макулярная дегенерация**

Частота географической атрофии гораздо выше, чем неоваскулярной формы возрастной макулярной дегенерации.

#### **Географическая макулярная дегенерация**

· Качественный анализ основных компонентов ОКТ

Морфология

- Изменения контуров сетчатки
- Истончение сетчатки

Структура

- Атрофия наружных слоев сетчатки
- Изменения зоны соединения наружных/внутренних сегментов фоторецепторов, даже за пределами зоны атрофии

- Атрофия пигментного эпителия
- Отложения пигментного эпителия
- Грануляции пигментного эпителия
- Тубуляции наружных слоев сетчатки

Эхогенность

- Склероз основных сосудов хориоидеи
- Увеличение эхогенности пигментного эпителия
- Обратное рассеяние вследствие снижения поглощения света патологически измененными тканями сетчатки

- Атрофия хориокапиллярного слоя
- Повышение эхогенности соединительной ткани сосудистой оболочки

ОКТ позволяет выявить уменьшение толщины сетчатки и лучшую проницаемость в сосудистую оболочку излучения ОКТ-аппарата. Имеется четкая граница между атрофичной и нормальной сетчаткой. Картирование сетчатки позволяет определять протяженность зоны атрофии и наблюдать ее эволюцию.

Исследование результатов аутофлюоресценции глазного дна указывает, что усиление сигнала аутофлюоресценции может предшествовать расширению области географической атрофии и появлению новых атрофических зон. В центральной зоне атрофии отмечается ослабление сигнала вследствие атрофии ПЭС, но вокруг зоны атрофии сигнал усиливается, что указывает на гибель фоторецепторов.

Сосудистая оболочка обычно тоньше, чем в норме у пациентов в этом возрасте. В атрофический процесс вовлекаются слои Саттлера и Галлера. Стенки сосудов и интерстициальная соединительная ткань между сосудами выглядят более плотными и более эхогенными, чем в норме. Диаметр сосудов уменьшен и часто мы видим только один слой сосудов. Соединительная ткань гиперэхогенна.

#### **Экссудативная макулярная дегенерация**

При экссудативной возрастной макулярной дегенерации наблюдаются различные комбинации следующих основных изменений:

- серозные отслойки сетчатки
- геморрагические отслойки сетчатки
- диффузный отек сетчатки
- кистозный отек
- отслойки пигментного эпителия
- неоваскулярные мембраны
- экссудаты
- субретинальный фиброз
- поражение сосудистой оболочки

Данные ОКТ коррелируют с результатами других клинических методов обследования и помогают принять решение о необходимости, методах и сроках лечения.

### **Неоваскулярные мембраны**

ОКТ позволяет визуализировать новообразованные сосуды на ранней стадии развития.

#### **Классическая неоваскулярная мембрана**

На ОКТ срезах классические или явные неоваскулярные мембраны отображаются как масса (одна или более) с неоднородной эхогенностью. Они бывают веретенообразными, округлыми, удлинёнными. Классические мембраны обычно локализуются сразу же перед пигментным эпителием сетчатки или между пигментным эпителием и мембраной Бруха, но, иногда, они срастаются с дезорганизованным пигментным эпителием или прорастают в толщу сетчатки.

#### **Классическая неоваскулярная мембрана**

Основные компоненты ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Нарушения контура сетчатки
- Утолщение сетчатки

Структура

• Неоваскулярная мембрана: одно или более неомогенных образований с неоднородной эхогенностью

- Нормальная локализация: перед пигментным эпителием сетчатки
- Сливаются с разрушенным пигментным эпителием и прорастает сетчатку (часто, но не всегда)

- Кистозный отек
- Серозная отслойка сетчатки
- Серозная отслойка пигментного эпителия
- Геморрагическая отслойка нейроэпителия
- Геморрагическая отслойка пигментного эпителия
- Тубуляции наружных слоев сетчатки
- Деструкция наружной пограничной мембраны
- Деструкция зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов

Эхогенность

- Диффузный отек сетчатки—снижается оптическое обратное рассеивание
- Мелкие гиперэхогенные точки (воспалительные клетки)
- Плотные гиперэхогенные зоны

- Отбрасывает тень на нижележащие слои

Вблизи активной неоваскулярной мембраны всегда имеются зоны отека, кистозного отека и различной степени выраженности отслойки нейрорепителия.

Оккультные или скрытые неоваскулярные мембраны обычно локализованы под, неправильной формы, удлиненными отслойками пигментного эпителия с деструкцией и фрагментацией ПЭС.

#### **Оккультные или скрытые неоваскулярные мембраны**

##### **Основные компоненты ОКТ — качественный анализ**

###### Морфология

- — изменения контуров сетчатки
- — утолщение сетчатки

###### Структура

- Локализация мембран: под или по краям плоской неправильной формы удлиненной отслойки пигментного эпителия
  - Отслойка пигментного эпителия содержит:
  - Высокоэхогенную неоваскулярную мембрану
  - Деструктированный пигментный эпителий и его фрагменты
- Эхогенность
- Диффузный отек сетчатки, снижение оптического обратного рассеяния

- Высокоэхогенная фиброваскулярная мембрана
- Гипоэхогенная субретинальная жидкость
- Мелкие гипоэхогенные точки (воспалительные клетки)
- Плотные гиперэхогенные зоны
- Отбрасывает тень на нижележащие слои
- Кистозный отек выше мембраны
- Деструкция наружной пограничной мембраны
- Деструкция зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов

##### **На более поздних стадиях**

###### Структура

- Сосуды прорастают сетчатку
- Деструкция наружной пограничной мембраны
- Выраженная деструкция или отсутствие зоны соединения наружных/внутренних сегментов фоторецепторов
- Деструкция и фрагментация пигментного эпителия
- Тубуляции наружных слоев сетчатки
- Часто — перерождение в дисциформный рубец

###### Эхогенность

- Всегда наблюдается отек сетчатки
- Всегда присутствует субретинальная жидкость
- Содержимое отслойки пэс высокоэхогенное, иногда — фиброваскулярная мембрана
- Потеря эхогенности
- Утрата структуры сетчатки

Содержимое отслоек пигментного эпителия характеризуется высокой эхогенностью, иногда под ними находится фиброваскулярная мембрана. Часто оккультные новообразованные сосуды локализуются по краям отслойки пигментного эпителия, выше

мембраны развивается кистозный отек сетчатки. Неоваскулярные мембраны могут отбрасывать тень на нижележащие слои. На более развитых стадиях новообразованные сосуды через разрушенный пигментный эпителий прорастают в толщу сетчатки. На этой стадии исчезает зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, хотя наружная пограничная мембрана может некоторое время сохраняться. Развивается деструкция фоторецепторов. Активной оккультной мембране всегда сопутствуют отек сетчатки и скопление субретинальной жидкости.

#### **Отслойки пигментного эпителия**

С развитием экссудативной макулярной дегенерации часто развиваются серозные отслойки пигментного эпителия.

При ОКТ выявляются оптически пустые зоны между пигментным эпителием и слоем хориокапилляров, соответствующие скоплениям серозной жидкости. Отслоенный пигментный эпителий образует с мембраной Бруха угол более 45°. Содержимое отслойки может становиться мутным. При развитии неоваскулярных мембран появляются геморрагические отслойки пигментного эпителия.

Иногда отслойки пигментного эпителия содержат плотную гиперэхогенную фиброваскулярную ткань.

Эти отслойки могут быть одиночными, мультилобулярными или возникать в скоплениях; срезы «en face» наиболее информативны при исследовании отслоек.

#### **Серозные отслойки нейроэпителия**

Активные неоваскулярные мембраны всегда сопровождаются отеком и мелкими серозными отслойками нейроэпителия, которые также часто развиваются при разрывах пигментного эпителия.

#### **Разрывы пигментного эпителия сетчатки**

При дальнейшем развитии отслойки пигментного эпителия могут возникать дефекты или разрывы ПЭС, что резко ухудшает прогноз. Они также могут развиваться как осложнение проведенного лечения. Слой пигментного эпителия разрывается вдоль наиболее отдаленного от фовеолярной зоны свода серозной отслойки на границе отслоенного и интактного эпителия.

#### **Эволюция дисциформных рубцов**

Происходит регресс субретинальных кровоизлияний и отека сетчатки, что создает условия для развития фиброзного рубца, обычно сухого, сопровождающегося деструкцией всех слоев заднего полюса. При ОКТ выявляется гиперэхогенное фиброваскулярное образование в толще атрофичной сетчатки. Рубец содержит в себе элементы пигментного

эпителия. До развития тотально фиброзного рубца иногда все еще обнаруживаются диффузный или кистозный отек и отслойки пигментного эпителия.

### **Изменения неоваскулярной мембраны на фоне лечения**

ОКТ позволяет наблюдать изменения неоваскулярной мембраны на фоне антиангиогенной терапии и помогает определить показания и сроки повторного лечения.

Кистозный отек переходит из развивающегося в регрессирующий. Кистозные полости приобретают неправильную форму, становятся мельче, у них появляются неодинаковые и острые углы. Увеличивается их горизонтальный размер и теряется округлая форма. Они искривляются, у них появляются острые углы. Плексиформные слои, легко различимые на первой стадии развития кистозного макулярного отека, постепенно исчезают.

После повторных введений препаратов часто наблюдается утрата структуры со снижением контрастности между слоями. Становится невозможно различить нормальные слои, вместо них видны только два патологических слоя, один из них соответствует внутренним слоям сетчатки, а другой — слою фоторецепторов. Наружный слой часто бывает толще, чем наружный. Пигментный эпителий подвергается деструкции и истончается. При утрате структуры сегментация слоев становится невозможной.

### **ВМД: идиопатическая полипозная васкулопатия**

У 10-20% пациентов с ВМД развивается атипичная форма поражения макулы — идиопатическая полипозная васкулопатия.

#### **Идиопатическая полипозная васкулопатия**

#### **Основные компоненты ОКТ — качественный анализ**

##### **Морфология**

- Изменения профиля сетчатки
- Утолщение сетчатки

##### **Структура**

- Серозные и геморрагические отслойки сетчатки
- Субретинальная жидкость
- Деструкция и фрагментация пигментного эпителия
- Отслойки пигментного эпителия: округлые, серозные и геморрагические
- Отслойки пигментного эпителия: фиброваскулярная ткань под куполом
- Отслойки пигментного эпителия: иногда имеется перемычка («ножка», «стебелек») между хориоидеями и сосудистой тканью под куполом отслойки
  - Возможно развитие кистозного отека сетчатки
  - Деструкция наружной пограничной мембраны
  - Зона соединения между наружными и внутренними сегментами часто остается интактной

##### **Эхогенность**

- Отбрасывает тень на нижележащие слои
- При выявлении тонкой сосудистой сети с группами ангиом в хориоидеи информативна ангиография с индоцианин-зеленым

При ангиографии с индоцианин-зеленым в хориоидеи выявляется тонкая сосудистая сеть с группами полпюидных ангиом, сопровождающимися серозными и геморрагическими отслойками сетчатки и пигментного эпителия.

При ОКТ выявляются мелкие куполообразные отслойки пигментного эпителия, содержащие фиброваскулярную ткань и серозные и геморрагические отслойки сетчатки и пигментного эпителия. Иногда между хориоидеей и сосудистой тканью под отслойкой ПЭС удается обнаружить перемышчку.

### **ВМД: ангиоматозная пролиферация сетчатки**

Ангиоматозной пролиферацией сетчатки называется интратретинальная неоваскулярная мембрана, содержащая интратретинальные сосудистые анастомозы; заболевание протекает особым образом, что можно наблюдать при ОКТ.

Неоваскулярная мембрана изначально локализуется во внутренних слоях сетчатки.

Позже, также интратретинально, развивается неоваскуляризация, распространяющаяся к пигментному эпителию и поверхности сетчатки, что сопровождается отеком сетчатки.

Затем отмечается интратретинальная неоваскуляризация, которой сопутствует серозная отслойка пигментного эпителия, появление экссудатов, кровоизлияний и серозной отслойкой нейроэпителия.

В редких случаях имеются ретинохориоидальные анастомозы.

## **ДРУГИЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ МАКУЛОПАТИИ**

### **Псевдовителлиформная макулярная дистрофия**

Псевдовителлиформная макулярная дистрофия — это аутосомно-доминантное генетическое заболевание, связанное с поражением макулы по типу «яичного желтка», вызванное аномальным скоплением липофусцина в пигментном эпителии сетчатки. Для этого заболевания характерна субнормальная электроокулограмма. Изменения обычно двусторонние. Обычно болезнь дебютирует в детстве, иногда позже — в подростковом возрасте. Заболевание прогрессирует очень медленно, от вителлиформной стадии, до стадии псевдогипопиона, а затем до стадии атрофии.

В развитии заболевания выделяют три стадии:

1. Вителлиформная стадия
2. Стадия псевдогипопиона
3. Стадия атрофии, также описываемая как стадия «взбитого яйца».

В начале стадии псевдогипопиона выявляется субретинальное отложение ярко оранжевого цвета, окруженное отслоенной сетчаткой. При ОКТ в зоне центральной ямки выявляется гиперэхогенное нодулярное образование, вероятно, липофусциновое, плотно

контактирующее с пигментным эпителием. Острота зрения остается высокой в течение длительного времени. Позже пораженная зона неравномерно пигментируется, и острота зрения постепенно падает.

На первой стадии при ОКТ выявляется плотное нодулярное гиперэхогенное образование в зоне центральной ямки. Вещество, образующее это отложение, состоит из липофусцина, скапливающегося между пигментным эпителием и сетчатки и субретинальным пространством. Сетчатка над образованием тонкая, при В-сканировании наружная пограничная мембрана видна плохо и с развитием заболевания постепенно исчезает. При наличии небольшой отслойки сетчатки зона соединения наружных и внутренних сегментов остается интактной.

На второй стадии при ОКТ под серозной отслойкой сетчатки определяется горизонтальный уровень — псевдогипопион. Для отложений липофусцина характерна гиперфлуоресценция.

В третьей стадии сетчатка истончена, атрофична, с россыпью пигментных отложений.

#### **Множественная псевдовителлиформная макулярная дегенерация**

В некоторых случаях наблюдаются множественные экстрамакулярные изменения, кровоизлияния или макулярные разрывы. Эти изменения локализуются в основном в заднем полюсе вокруг макулы.

На ОКТ недалеко от центральной ямки выявляется множество плотных нодулярных гиперэхогенных структур. Образующее их вещество состоит, вероятно, из липофусцина, накапливающегося над пигментным эпителием сетчатки. Сетчатка над этими множественными изменениями тонкая, наружная пограничная мембрана визуализируется плохо и совсем исчезает в зоне подъема сетчатки. Зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов остается интактной до развития поражения сетчатки.

#### **Кистозный макулярный отек после операции по поводу катаракты — синдром Ирвина-Гасса**

Через несколько недель или месяцев после операции по поводу катаракты или другой операции на глазу может развиваться ухудшение зрения; при флюоресцентной ангиографии выявляется кистозный макулярный отек и гиперфлюоресценция диска зрительного нерва.

При ОКТ в центральной ямке выявляется отек колбочек и расположенные правильными рядами во внутреннем ядерном слое ячейки кистозного интратретинального отека. Кистозные полости также можно обнаружить в наружных слоях сетчатки. Выявляется утолщение внутренних слоев сетчатки, наружная пограничная мембрана

остаётся интактной, хорошо визуализируется зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов.

#### **Кистозный макулярный отек после операции**

Основные компоненты ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Изменения профиля сетчатки
- Часто профиль в форме пика
- Отек сетчатки
- Утолщение сетчатки

Структура

- Кистозный отек: кисты очень правильно расположены вокруг центральной ямки во внутреннем ядерном слое
- Кистозный отек: кистозные полости также возникают и в наружных слоях сетчатки
- Наружная пограничная мембрана интактна
- Зона соединения внутренних/наружных сегментов фоторецепторов не изменена

Через несколько недель

Морфология

- Более округлый контур профиля

Структура

- Центральная отечная полость проходит через все слои сетчатки
- Зона соединения внутренних/наружных сегментов фоторецепторов подвергается деструкции и фрагментации

Через несколько недель ячейки кистозного отека увеличиваются и проходят через все слои сетчатки, достигают зоны соединения между внутренними и наружными рецепторами, вызывая их фрагментацию и деструкцию.

Этот синдром хорошо поддается рано начатому лечению.

### **ЭПИТЕЛИОПАТИИ СЕТЧАТКИ**

#### **Центральная серозная хориоретинопатия**

Центральная серозная хориоретинопатия обычно развивается у мужчин в возрасте от 25 до 45 лет, часто бывает двусторонней или рецидивирующей.

При флюоресцентной ангиографии выявляется одна или несколько точек просачивания, видимых на ранних стадиях и постепенно увеличивающихся в размерах и все более флюоресцирующих. При серозных отслойках пигментного эпителия краситель скапливается в зонах, где отслоенный от мембраны Бруха пигментный эпителий образует пузыри, заполняющиеся флюоресцентным красителем.

ОКТ позволяет оценить выраженность и протяженность серозных отслоек сетчатки, выраженность, локализацию и число отслоек пигментного эпителия. Иногда при флюоресцентной ангиографии в зоне просачивания красителя выявляется небольшой разрыв пигментного эпителия. Изредка через этот разрыв виден фибрин, который, вероятно, просачивается внутрь отслойки из сосудистой оболочки. На уровне внутренней границы серозной отслойки видно, что зона соединения наружных и внутренних сегментов и верхушки фоторецепторов отслоены и характеризуются повышенной экзогенностью. В

большинстве глаз с активной серозной хориоретинопатией через несколько недель после начала заболевания мы можем наблюдать изменения наружных сегментов фоторецепторов. Слой наружных сегментов может быть утолщенным, неровным или характеризоваться повышенной экзогенностью, с расслоением или грануляциями на внутренней поверхности отслойки.

#### **Острая центральная серозная хориоретинопатия**

Основные компоненты ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Серозная отслойка сетчатки
- В первые недели наружная поверхность отслойки сетчатки гладкая
- Через несколько недель развиваются изменения наружных сегментов фоторецепторов (утолщение, неровности с грануляциями и расслоением)
  - Локальные изменения пигментного эпителия, мелкие разрывы пигментного эпителия, соответствующие точкам просачивания на флюоресцентной ангиографии V
  - Отслойки пигментного эпителия
  - Наружная пограничная мембрана не изменена
  - Истончение наружного ядерного слоя
  - Зона соединения наружных/внутренних сегментов не изменена или фрагментирована
- Эхогенность
  - Увеличение эхогенности зоны центральной ямки

#### **Хроническая эпителиопатия или диффузная пигментная эпителиопатия сетчатки**

Хроническая эпителиопатия обычно развивается у пациентов в возрасте 45-69 лет. Она сопровождается просачиванием красителя, дистрофическими изменениями пигментного эпителия и серозными отслойками пигментного эпителия. Зоны пигментного эпителия могут отсутствовать, могут присутствовать области гравитационной эпителиопатии. Часто развивается хориоидальная неоваскуляризация.

При развитых хронических формах серозной хориоретинопатии с частично разрешившимися отслойками, при ОКТ обычно различима наружная пограничная мембрана, отмечается истончение наружного ядерного слоя, сопровождающееся изменениями зоны соединения наружных/внутренних сегментов. ОКТ позволяет оценить выраженность и протяженность остаточных серозных отслоек сетчатки, выраженность, локализацию и количество оставшихся отслоек пигментного эпителия. На наружной поверхности отслойки видны изменения слоя наружных сегментов фоторецепторов. В зоне отслойки он может быть утолщен, неравномерной толщины, с грануляциями или расслаивающимся, характеризоваться повышенной экзогенностью.

#### **Острая центральная серозная хориоретинопатия**

Основные элементы ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Серозные отслойки сетчатки

- Поражение наружного сегмента фоторецепторов (утолщение, неровность или повышенная экзогенность, грануляции или расслоение)

- Отслойки пигментного эпителия

Структура

- Наружная пограничная мембрана остается нормальной

- Истончение наружного ядерного слоя

- Зона соединения наружных/внутренних сегментов может быть утолщенной, неровной или искривленной

- Деструкция зоны соединения наружных/внутренних сегментов

- Фиброзная ткань

- Всегда различима наружная пограничная мембрана

Эхогенность

- Повышенная эхогенность зоны центральной ямки

- Атрофия сетчатки

- При разрешении серозной отслойки — повышение эхогенности наружного ядерного слоя в зоне центральной ямки

**Позже, в ходе естественного течения заболевания или после лечения**

Структура

- Атрофия сетчатки

- Тотальная утрата наружных слоев сетчатки

- Зона соединения наружных/внутренних сегментов может быть утолщенной, неровной или искривленной

- Фиброзная ткань

- Неоваскулярная мембрана

После разрешения серозной отслойки в зоне центральной ямки повышается эхогенность наружного ядерного слоя. Это повышение эхогенности ядерного слоя фоторецепторов, вероятно, возникает в результате изменения нормальной анатомии или развития фиброзной ткани. Другими видимыми изменениями является истончение сетчатки в зоне центральной ямки и, иногда, истинная атрофия. Наружная пограничная мембрана всегда различима, что позволяет оценить изменения зоны соединения наружных/внутренних сегментов, почти всегда сопровождающиеся истончением наружной пограничной мембраны. Края зоны соединения наружных/внутренних сегментов могут быть утолщенными, неровными, искривленными.

Позже, в ходе естественного развития заболевания или на фоне проведенного лечения, может наблюдаться истончение сетчатки, сопровождающееся изменениями наружной пограничной мембраны и зоны соединения наружных/внутренних сегментов. Другие возможные изменения включают в себя атрофию сетчатки с тотальной утратой ее наружных слоев. Зона соединения наружных/внутренних сегментов может быть утолщенной, искривленной или неровной.

В ходе естественного развития заболевания могут развиваться неоваскулярные мембраны.

## **СОСУДИСТЫЕ РЕТИНОПАТИИ**

### **Диабетическая ретинопатия**

Диабетическая ретинопатия развивается почти у всех пациентов с длительно существующим диабетом. Она делится на пролиферативную и непролиферативную ретинопатию.

ОКТ играет важную роль при диагностике, наблюдении и лечении диабетической ретинопатии, при оценке, в т.ч. количественной, отека сетчатки, определении толщины и объема сетчатки, определении показаний к лазер- коагуляции и интравитреальному лечению и при последующем наблюдении.

Было доказано, что возможности ОКТ при диагностике макулярного отека превосходят возможности флюоресцентной ангиографии. Данные о толщине сетчатки, полученные при ОКТ, плохо коррелируют с остротой зрения.

При фоновой диабетической ретинопатии при ОКТ выявляется небольшое количество кровоизлияний, венозные аномалии и интравитреальные микрососудистые аномалии.

#### **Фоновая диабетическая ретинопатия**

##### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

##### **Морфология**

- Профиль сетчатки не изменен или неровный
- Макулярная депрессия не изменена, или уменьшена, или отсутствует
- Эпиретинальные мембраны

##### **Структура**

- Локализованный или диффузный губчатый отек Эхогенность
- Зоны утолщения внутренних слоев сетчатки, уменьшение обратного рассеяния
- Фокальный отек, уменьшение оптического обратного рассеяния
- Диффузный отек сетчатки, уменьшение оптического обратного рассеяния

##### **Патологические образования**

- Микроаневризмы
- Микрокровоизлияния
- Венозные аномалии
- Интравитреальные микрососудистые аномалии
- Твердые экссудаты
- Ватообразные экссудаты

##### **Иногда**

- Кольцевидные экссудаты
- Микрополости кистозного отека
- Наружная пограничная мембрана не изменена или разрушена
- Зона соединения наружных/внутренних сегментов не изменена или разрушена
- Серозная отслойка сетчатки

Выявляется несколько мелких гиперэхогенных отложений, отбрасывающих тень на нижележащие слои, указывающих на наличие твердых и ватообразных экссудатов.

#### **Ишемические сосудистые изменения, вызывающие развитие пролиферативной ретинопатии**

Через несколько лет течения заболевания могут возникнуть ишемические сосудистые изменения, затем развиваются нарушения капиллярной перфузии, что приводит

к клинической картине, характеризующейся увеличением числа кровоизлияний, венозных аномалий и интратинальных микроангиопатий. Также часто выявляются мелкие гиперэхогенные отложения, соответствующие твердым экссудатам, и микрополости кистозного отека, твердые и ватообразные экссудаты. Ишемические формы проявляются обтурацией капилляров и пролиферацией новообразованных сосудов диска зрительно нерва, сетчатки, радужки.

### **Пролиферативная диабетическая ретинопатия**

#### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

##### Морфология

- Неровный профиль сетчатки
- Деформация фовеолярной депрессии
- Эпиретинальные мембраны
- Тракционный отек
- Сокращение внутренней пограничной мембраны
- Отслойка гиалоида
- Пролиферация новообразованных сосудов сетчатки
- Пролиферация новообразованных сосудов диска зрительного нерва

##### Структура

- Серозная отслойка сетчатки в зоне центральной ямки
- Тракционная отслойка сетчатки
- Глиоз
- Деструкция наружной пограничной мембраны
- Деструкция зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов

##### Патологические образования

- Кровоизлияния
- Твердые экссудаты
- Ватообразные экссудаты
- Кистозный отек
- Сливающиеся псевдокисты формируют крупные объединенные полости

##### Эхогенность

- Зоны утолщения внутренних слоев сетчатки, для них характерно уменьшение обратного оптического рассеяния
- Фокальный отек: уменьшение обратного оптического рассеяния
- Диффузный отек сетчатки: уменьшение обратного оптического рассеяния

##### **Терминальная стадия**

- Пролиферация новообразованных сосудов радужки
- Неоваскулярная глаукома
- Слепота

С течением времени это часто приводит к развитию пролиферативной ретинопатии, неоваскулярной глаукомы и слепоты.

При ОКТ в зонах ишемии сетчатки выявляется утолщение внутренних слоев сетчатки с отеком губчатого типа.

#### **А. Причины преретинальной и папиллярной неоваскуляризации: обширная ишемия сетчатки**

##### Частые причины

- Диабетическая ретинопатия
- Окклюзии центральной вены сетчатки
- Окклюзии ветвей центральной вены
- Болезнь Илса

- Другие васкулиты
- Парс-планиты
- Серповидно-клеточная анемия
- Талассемия

#### **Редкие причины**

- Лейкемия
- Криоглобулинемия
- Миеломная болезнь
- Болезнь Вальденстрема
- Неизвестные причины

#### **Б. Диабетические макулопатии**

- Макулопатия с диффузным отеком
- Макулопатия с кистозным отеком
- Серозная отслойка сетчатки макулярной области
- Ишемическая макулопатия
- Тракционная макулопатия

### **Непролиферативная диабетическая ретинопатия**

Макулярный отек — ведущая причина нарушения зрения при непролиферативной диабетической ретинопатии.

Он начинается с фокального отека и прогрессирует до диффузного отека сетчатки.

При ОКТ выявляются зоны утолщения и гипоехогенных губчатых изменений сетчатки.

#### **Непролиферативная диабетическая ретинопатия**

##### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

##### **Морфология**

- Профиль сетчатки не изменен или неровный
- Эпиретинальные мембраны
- Фовеолярная депрессия уменьшена или отсутствует Структура
- Деструкция наружной пограничной мембраны
- Деструкция зоны соединения наружных/внутренних сегментов фоторецепторов

##### **Эхогенность**

- В зонах утолщения внутренних слоев сетчатки уменьшено обратное оптическое рассеяние
- Фокальный отек: уменьшение обратного оптического рассеяния
- Диффузный отек сетчатки: уменьшение обратного оптического рассеяния

##### **Патологические образования**

- Микроаневризмы
- Кровоизлияния
- Венозные аномалии
- Интратинальные микроангиопатии
- Твердые экссудаты
- Ватообразные экссудаты
- Кольцевидные экссудаты
- Кистозный отек с формированием больших полостей
- Серозные отслойки сетчатки

#### **После длительного развития и повторных терапевтических вмешательств**

##### **Структура**

- Утрата структуры сетчатки
- Атрофия сетчатки
- Фиброзные рубцы сетчатки

##### **Патологические образования**

- Сливающиеся псевдокисты образуют крупные объединенные полости
- Регрессирующий кистозный отек

- Тубуляции наружных слоев сетчатки

### **Фокальный отек**

Фокальный отек легко выявляется при ОКТ, на томограммах отображается утолщенная губчатая сетчатка. Она становится гипоехогенной со сниженным оптическим обратным рассеянием. В случаях фокального отека большое значение имеет ОКТ-картирование сетчатки, поскольку оно позволяет лучше, чем при флюоресцентной ангиографии, локализовать поражения с целью последующей лазеркоагуляции. В последствии, эта методика также информативна при оценке эффективности проведенного лечения.

### **Диффузный отек**

При ОКТ сетчатка утолщена, видны множественные мелкие неправильной формы полости, напоминающие губчатую ткань. Расширяются зоны низкой эхогенности, прежде всего они обнаруживаются в наружных слоях сетчатки. Зоны отека гипоехогенны, для них характерно уменьшение обратного оптического рассеяния. Диабетический отек локализуется преимущественно в наружных слоях сетчатки. В наибольшей степени отеком поражается наружный плексиформный слой. Считается, что зоны губчатой сетчатки на ОКТ отображают патологические изменения клеток Мюллера. Через годы прогрессирования диффузного отека неправильной формы микрокисты сливаются, таким образом, возникают первые псевдокисты.

### **Кистозный макулярный отек**

Персистирующий отек сетчатки вызывает некроз клеток Мюллера, что ведет к появлению в сетчатке кистозных полостей. Эти пространства начинают возникать в наружном плексиформном слое, постепенно распространяются на ядерные и внутренний плексиформный слой. Развитой кистозный отек распространяется на все слои сетчатки, вызывая атрофию остаточных тканей.

Важное значение имеет количественная оценка отека, измерение его объема, а также толщины сетчатки и поверхности кистозных образований. Топография отека играет важную роль при прогнозировании развития ретинопатии.

### **Серозная отслойка**

С помощью оптической когерентной томографии было показано, что серозные отслойки развиваются на завершающей стадии диабетического отека. Можно наблюдать мелкие локальные серозные отслойки сетчатки с оптически пустым содержимым между отслоенной сетчаткой и пигментным эпителием. Серозная отслойка может сопровождаться губчатым отеком отслоенной сетчатки, или же отслоенная сетчатка может выглядеть

нормальной или даже атрофичной. По нашим данным, серозная отслойка развивается реже, чем диффузный или кистозный отек.

### **Тракционный отек**

Тракционный отек возникает, когда из-за тракции со стороны эпиретинальной мембраны сокращается внутренняя пограничная мембрана. ОКТ позволяет выявить эпиретинальные мембраны. Иногда они легко различимы, иногда они сливаются со слоем нервных волокон сетчатки. Эпиретинальная мембрана оказывает тракцию на сетчатку, вызывает развитие отека и иногда — серозной отслойки. Нейроретина утолщена, фовеолярная депрессия исчезает. Часто натяжение со стороны ЭРМ вызывает развитие витреоретинального тракционного синдрома.

### **Развитие заболевания**

Развитие непролиферативной ретинопатии приводит сначала к усилению кистозного отека, а затем к развитию центрального фиброзного рубца.

В настоящее время существует множество способов лечения пациентов с макулярным отеком при диабетической ретинопатии: лазеркоагуляция по типу решетки, интравитреальное введение антиангиогенных препаратов, интравитреальные имплантаты кортизона. Выполнение ОКТ обязательно при выборе метода лечения и при наблюдении за прогрессированием заболевания.

### **Количественная оценка**

Картирование сетчатки имеет большое значение при определении локализации фокального отека, границ диффузного отека и выявлении отечных зон.

Измерение толщины и объема сетчатки позволяет нам дать количественную оценку отеку, что, в свою очередь, позволяет оценивать эффективность проводимого лечения.

Толщина сетчатки в первом приближении обратно пропорциональна остроте зрения. При увеличении толщины сетчатки снижается острота зрения, при наличии или отсутствии кистозного отека. Измерение толщины и объема сетчатки имеет большое значение при прогнозировании, определении показаний к оперативному лечению и наблюдении за прогрессированием заболевания.

## **ВЕНОЗНАЯ ОККЛЮЗИЯ**

### **Окклюзия центральной вены сетчатки**

Окклюзии центральной вены сетчатки можно разделить на отечные окклюзии, ишемические окклюзии, смешанные (отечно-ишемические) окклюзии и воспалительные окклюзии у молодых людей.

При отечных окклюзиях сетчатка отечна, с расширенными и деформированными кровеносными сосудами: в слое (нервных) волокон и в наружном плексиформном слое появляются кровоизлияния.

#### **Отечная окклюзия центральной вены**

Основные элементы ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Профиль сетчатки неровный
- Отек сетчатки
- Расширенные и деформированные кровеносные сосуды Структура
- Утолщение внутренних слоев сетчатки
- Изменения внутренней пограничной мембраны
- Деструкция или фрагментация зоны соединения наружных и внутренних сегментов

фоторецепторов

Патологические образования

- Кровоизлияния в слое (нервных) волокон и наружном плексиформном слое
- Кистозные полости, в основном в наружных слоях сетчатки Эхогенность
- Снижение обратного оптического рассеяния в зонах утолщения внутренних слоев

сетчатки

- Снижение обратного оптического рассеяния в зонах диффузного отека сетчатки

Через несколько недель

- Профиль сетчатки принимает форму пика
- Центральные отечные полости проходят через все слои сетчатки

На ОКТ видно увеличение толщины сетчатки из-за появления кистозных полостей, локализованных в основном в наружных слоях сетчатки. Также возможно утолщение внутренних слоев. При исследовании функций сетчатки и фиксации информативна микропериметрия.

При ишемической окклюзии вены через 6 месяцев развития заболевания ишемические изменения сосудов приводят к прекращению перфузии капилляров, что проявляется характерной картиной изменений сетчатки, включающей кровоизлияния и венозные аномалии.

#### **Ишемическая окклюзия центральной вены сетчатки**

Основные элементы ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Неровный профиль сетчатки
- Отек сетчатки
- Расширенные и деформированные сосуды
- Деформация фовеолярной депрессии
- Эпиретинальные мембраны
- Тракционный отек
- Ретракция внутренней пограничной мембраны Структура
- Изменения наружной пограничной мембраны
- Деструкция или фрагментация зоны соединения наружных и внутренних сегментов

фоторецепторов

Эхогенность

- Снижение обратного оптического рассеяния в зонах утолщения внутренних слоев

сетчатки

- Снижение обратного оптического рассеяния в зонах фокального отека
- Снижение обратного оптического рассеяния в зонах диффузного отека сетчатки

Патологические образования

- Кровоизлияния в слое (нервных) волокон и наружном плексиформном слое

**Через несколько месяцев**

Морфология

- Неоваскулярная пролиферация сетчатки
- Проллиферация новообразованных сосудов диска зрительного нерва

Структура

- Тракционная отслойка сетчатки
- Глиоз

Терминальная стадия развития

- Проллиферация новообразованных сосудов радужки
- Неоваскулярная глаукома
- Слепота

При ОКТ выявляются мелкие гиперэхогенные твердые экссудаты и ватообразные экссудаты. При ишемической форме развивается окклюзия капилляров и пролиферация новообразованных сосудов диска зрительного нерва, сетчатки и радужки. Часто с течением времени это вызывает развитие пролиферативной ретинопатии с отслойкой сетчатки, неоваскулярной глаукомы и слепоты.

### **Окклюзия ветви центральной вены сетчатки**

Окклюзия ветви вены сетчатки так же, как и окклюзии центральной вены сетчатки, делятся на отечные окклюзии, ишемические окклюзии, смешанные окклюзии (отечно-ишемические) и воспалительные окклюзии у молодых пациентов.

### **Отечная окклюзия ветви центральной вены сетчатки**

#### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

Морфология

- Неровный профиль сетчатки
- Отек сетчатки пораженной зоны

Структура

- Локальный отек пораженной зоны
- Расширенные и деформированные сосуды

Эхогенность

• Из-за диффузного отека слоя нервных волокон и слоя ганглиозных слеток снижается обратное оптическое рассеяние

- Фокальный отек: снижение обратного оптического рассеяния
- Диффузный отек сетчатки: снижение обратного оптического рассеяния

Патологические образования

• Кровоизлияния, локализующиеся в слое нервных волокон и наружном плексиформном слое

- Экссудаты на границе отечной и нормальной сетчатки
- Ячейки кистозного отека во внутреннем ядерном и наружном плексиформном слоях

**Позже**

- Более крупные кисты более неправильной формы
- Крупные отечные полости простираются через все слои сетчатки
- Изменения наружной пограничной мембраны
- Фрагментация зоны соединения наружных/внутренних сегментов

### **Ишемическая окклюзия ветви центральной вены сетчатки**

#### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

Морфология

- Неровный профиль сетчатки

- Деформация фовеолярной депрессии
- Эпиретинальные мембраны
- Тракционный отек
- Ретракция внутренней пограничной мембраны

#### Структура

- Расширенные и деформированные сосуды
- Изменения наружной пограничной мембраны
- Деструкция или фрагментация зоны соединения наружных внутренних сегментов

#### фоторецепторов

##### Эхогенность

- Фокальный отек: уменьшение оптического обратного рассеяния
- Диффузный отек сетчатки: снижение оптического обратного рассеяния
- Снижение обратного оптического рассеяния при диффузном отеке слоя нервных

#### волокон и ганглиозных клеток

##### Патологические образования

- Кровоизлияния в слое нервных волокон и наружном плексиформном слое

##### Через несколько месяцев

- Неоваскулярная пролиферация сетчатки
- Проллиферация новообразованных сосудов диска зрительного нерва
- Тракционная отслойка сетчатки
- Глиоз

##### **В терминальной стадии**

- Проллиферация новообразованных сосудов радужки
- Неоваскулярная глаукома
- Слепота

Окклюзии венозной ветви вызывают ограниченный отек в зоне кураженной ветви. Отмечается значительное утолщение сетчатки, сопровождающееся диффузным отеком слоя нервных волокон и слоя ганглиозных клеток. Развивается кистозный отек сетчатки, поражается часть внутреннего ядерного слоя, также в наружном плексиформном слое возникают более крупные кисты более неправильной формы. Появляются экссудаты. В зоне окклюзии сосуда поражается наружная пограничная мембрана и зона соединения наружных/внутренних сегментов фоторецепторов.

Пациентам с окклюзией ветви центральной вены сетчатки и относительно сохранными зрительными функциями рекомендовано наблюдение.

Пациентам с макулярным отеком вследствие окклюзии ветви центральной вены сетчатки необходимо выполнить лазеркоагуляцию или интравитреальное введение антиангиогенных препаратов, интравитреальных имплантов триамцинолона или кортизона.

При ишемической окклюзии ветви центральной вены сетчатки выявляются отек, кровоизлияния. В дальнейшем развиваются преретинальные неоваскулярные патологические образования. При отсутствии лечения развивается неоваскулярная глаукома.

#### **Причины окклюзий центральной вены сетчатки**

##### Системные причины, частые

- Диабет
- Гипертония

- Атеросклероз
- Полицитемия
- Серповидно-клеточная анемия
- Талассемия
- Антикардиолипинемиа (антифосфолипидный синдром)
- Гиперлипидемия
- Терапия контрацептивами

#### Глазные причины, частые

- Тромбофлебит сетчатки
- Глаукома
- Венозные мальформации Гиппеля-Линдау
- Друзы диска зрительного нерва
- Лучевая ретинопатия

#### Системные причины, редкие

- Синдром повышенной вязкости крови
- Криоглобулинемия
- Макроглобулинемия
- Лейкемия
- Анемия
- Красная волчанка
- Другие болезни крови
- Синдром Такаясу
- Эндокардит

#### Инфекция

- Риккетсия
- Бруцеллез
- Болезнь Бехчета
- Геморрагическая лихорадка

#### Местные редкие причины

- Тромбоз кавернозного синуса
- Окклюзия сонной артерии
- Опухоли зрительного нерва
- Опухоли орбиты

### **Окклюзия центральной артерии сетчатки**

При ОКТ, выполненной в первые несколько дней окклюзии центральной артерии сетчатки, выявляется выраженный отек внутренних слоев сетчатки: слоя нервных волокон, слоя ганглиозных клеток, внутреннего плексиформного слоя и слоя биполярных клеток. Наблюдается увеличение эхогенности и толщины внутреннего ядерного слоя и слоя нервных волокон.

#### **Причины окклюзии центральной артерии сетчатки**

##### Эмболы

- Болезни сердца
- Поражения митрального клапана
- Искусственные клапаны сердца
- Эндокардит
- Аневризмы аорты
- Катетеризация сердца
- Артериография и другие диагностические манипуляции
- Тальк в самостоятельно вводимых наркотиках
- Жировые эмболы при открытых переломах костей
- Синдром Пурчера

##### Облитерация сосудов

- гипертензия
  - Атерома сонной артерии
  - Другие заболевания внутренних оболочек сонных артерий
  - Височный артериит
  - Узелковый полиартериит
  - Пероральные контрацептивы
  - Мигрень
  - Склеродерма
  - Целлюлит глазницы
  - Гранулематоз Вегенера
  - Дерматомиозит
  - Синдром Такаясу
- Высокое внутриглазное давление
- Закрyтоугольная глаукома
  - Травмы глаза
  - Иногда — высокое внутриглазное давление во время хирургических операций

Через несколько дней сохраняется повышенная эхогенность и утолщение внутреннего ядерного слоя и слоя нервных волокон, а эхогенность наружных слоев сетчатки снижается.

#### **Окклюзия артерии сетчатки: ОКТ в первые недели**

##### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

###### Морфология

- Неровный профиль сетчатки
- В первые недели—отек внутренних слоев сетчатки пораженной зоны

###### Структура

- Диффузный отек слоя нервных волокон и слоя ганглиозных клеток
- Никогда не развивается кистозный отек
- Наружные слои сетчатки внешне нормальны
- Наружная пограничная мембрана не изменена
- Зона соединения наружных/внутренних сегментов в целом не изменена

###### Эхогенность

- Снижение обратного рассеяния вследствие диффузного отека слоя нервных волокон и слоя ганглиозных клеток

Через несколько месяцев отек внутренних слоев сетчатки разрешается, развивается их атрофия, сопровождающаяся деструкцией и истончением внутренних слоев сетчатки. Через 6 месяцев наблюдается тотальная атрофия внутренних слоев со вторичным поражением фоторецепторов.

#### **Окклюзия артерии сетчатки: ОКТ через шесть месяцев**

##### **Основные элементы ОКТ — качественный анализ**

###### Морфология

- Неровный профиль сетчатки

###### Структура

- Атрофия внутренних слоев сетчатки пораженной зоны
- Наружные слои сетчатки внешне нормальны
- Наружная пограничная мембрана не изменена
- Зона соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов в целом не изменена

###### Эхогенность

- Снижение обратного рассеяния в пораженной зоне вследствие атрофии внутренних слоев сетчатки

## **ТРАВМА**

### **Травматический разрыв сосудистой оболочки**

Контузии глаза могут сопровождаться разрывами сосудистой оболочки, часто имеющими циркулярную или дугообразную форму, центрированными вокруг диска зрительного нерва. Им всегда сопутствуют глубокие кровоизлияния. Если разрыв проходит через макулярную зону, в течение нескольких недель, как правило, развивается неоваскулярная мембрана. При ОКТ выявляется разрыв пигментного эпителия, мембраны Бруха и слоя хориокапилляров. Свет глубоко проникает в сосудистую оболочку. Плотные кровоизлияния выявляются в слоях сетчатки и под ней.

### **Травматический разрыв сетчатки**

При контузиях глаза могут возникать макулярные разрывы. Большинство клиницистов считают, что механизм образования травматического разрыва отличается от патогенеза идиопатического разрыва. В некоторых случаях такие макулярные разрывы могут спонтанно заживать.

## **ЧАСТЬ II: ОКТ ПРИ РЕДКИХ СИНДРОМАХ**

### **Врожденные или наследственные макулопатии**

Существует большое количество макулярных дистрофий, некоторые встречаются часто, другие редко.

#### **Наследственные макулярные дистрофии**

##### **Часто встречающиеся**

- Болезнь Штаргардта
- Желтопятнистое глазное дно
- Белоточечная дистрофия
- Палочко-колбочковая дистрофия
- Центральный пигментный ретинит (инвертированная пигментная дистрофия)
- Псевдовителлиформная дистрофия (Беста)
- Доминантные наследственные друзы

##### **Редко встречающиеся**

- Сотовидная дегенерация Дойна
- Болезнь Хатчинсона-Тейя
- Malattia leventinese
- Ретикулярная дистрофия (Шегрена)

### **Болезнь Штаргардта — желтопятнистое глазное дно**

Болезнь Штаргардта — это дебютирующая в детском возрасте макулярная дистрофия, сопровождающаяся быстрым ухудшением центрального зрения, прогрессирующей двусторонней атрофией пигментного эпителия сетчатки в зоне центральной ямки и — часто — появлением желтых отложений вокруг макулы и/или в

центральной и ближней периферической зонах сетчатки. Это аутомно-рецессивное генетическое заболевание, проявляющееся в течение первой или второй декады жизни. Зрение ухудшается. При офтальмоскопии выявляется крапчатость зоны центральной ямки. Позже в макуле появляется овальный очаг размером примерно 1-2 диаметра диска, обычно окруженный желто-белыми отложениями. С развитием заболевания изменения макулярной области становятся более обширными. Развиваются атрофические изменения пигментного эпителия и поражение фоторецепторов.

Может развиваться неоваскулярная мембрана.

### **Желтопятнистое глазное дно**

Это состояние сходно с болезнью Штаргардта, с центральными изменениями по типу «бычьего глаза», но желтые отложения более выражены, неодинаковых размеров, рассеяны по всему заднему полюсу на обоих глазах, часто распространяются до экватора.

#### **Макулопатия по типу «бычьего глаза»**

##### **Наследственные**

- Болезнь Штаргардта
- Колбочковая дистрофия
- Палочковая дистрофия
- Доброкачественная концентрическая кольцевидная дистрофия
- Синдром Лоуренса-Муна-Барде-Бидля
- Наследственная атаксия
- Болезнь Баттена

##### **Токсические**

- Хлорохиновая дистрофия
- Гидроксихлорохиновая дистрофия
- Тамоксифен

### **Палочко-колбочковая дистрофия**

Аутомно-рецессивная палочко-колбочковая дистрофия вызывает дегенерацию фоточувствительных клеток — палочек и колбочек и часто приводит к слепоте.

Генетические варианты гена ABCA4 связаны с несколькими фенотипами сетчатки, в том числе с болезнью Штаргардта и палочко-колбочковой дистрофией.

## **ПАТОЛОГИЯ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА**

### **Ямка диска зрительного нерва**

Нечасто встречающаяся врожденная патология, представляющая собой вертикальное овальное углубление или щель, локализованную обычно на височной стороне диска зрительного нерва. Эта ямка выглядит более темной, чем ткань диска. Часто при врожденных ямках диска зрительного нерва развивается серозная отслойка сенсорной сетчатки, которая может имитировать центральную серозную ретинопатию. Во всех случаях центральной серозной ретинопатии необходимо тщательно исследовать диск зрительного нерва.

Происхождение жидкости все еще является предметом споров. Возможно, цереброспинальная жидкость просачивается из субарахноидального пространства в субретинальное пространство. Другие возможные источники — фильтрация жидкости из стекловидного тела или из проходящих внутри ямки кровеносных сосудов.

В большинстве случаев серозная отслойка при отсутствии лечения приводит к субтотальной отслойке сетчатки.

При ОКТ макулярной области часто выявляется крупная серозная отслойка сетчатки, сопровождающаяся появлением интратетинальных полостей вследствие полостей ретиношизиса. При В-сканировании необходимо тщательно исследовать срезы сетчатки, проходящие вблизи диска зрительного нерва, чтобы выяснить, граничит ли отслойка с височной половиной диска, где выявляется ямка. Часто можно обнаружить канал между полостью под отслоенной сетчаткой и головкой зрительного нерва. Также часто выявляется ретиношизис.

#### **Дифференциальная диагностика ямки диска зрительного нерва**

- Центральная серозная хориоретинопатия
- Диффузно эпителиопатия сетчатки
- Ретиношизис

#### **Застойный диск — отек диска зрительного нерва**

При повышении внутричерепного давления возникает пассивный застой диска зрительного нерва, диск отекает. В начале заболевания диск зрительного нерва немного приподнят, но позже отек может быть очень выраженным. Отек обычно развивается и в прилегающих зонах слоя нервных волокон сетчатки.

#### **Папиллит диска зрительного нерва**

Как и при повышении внутричерепного давления, диск зрительного нерва отечен. В начале заболевания диск зрительного нерва приподнят лишь немного, но позже отек может быть очень выраженным. При дифференциальной диагностике между внутричерепной гипертензией и папиллитом ОКТ неинформативно.

#### **Друзы диска зрительного нерва**

Друзы диска зрительного нерва — это часто встречающаяся (0,5%) врожденная семейная патология: у детей диск несколько увеличен, его поверхность неровная. Это состояние можно ошибочно принять за отек диска зрительного нерва.

У взрослых друзы появляются на поверхности диска и становятся заметны в виде контрастных образований неодинакового размера наподобие жемчужин. Острота зрения не страдает. Могут выявляться секторальные дефекты полей зрения.

#### **Косой выход зрительного нерва**

Это очень частая врожденная патология, вызванная входом зрительного нерва в глазное яблоко под косым углом. Изменения чаще всего двусторонние. Диск имеет овальную форму, длинная ось ориентирована косо. Часто сопровождается высокой близорукостью или астигматизмом с косыми осями. Сетчатка нижних квадрантов гипопигментирована. Возможны дефекты верхне-височных квадрантов поля зрения.

У некоторых пациентов с косым выходом диска могут спонтанно возникать кровоизлияния.

При ОКТ виден косой выход зрительного нерва. Косой выход зрительного нерва может напоминать картину отека диска, но при ОКТ патологии слоя нервных волокон не выявляется. В зонах дисплазии этот слой может истончаться.

### **Синдром утреннего сияния**

Редко встречающаяся колобома зрительного нерва напоминает цветок вьюнка пурпурного. Диск значительно увеличен в размерах, окружен кольцом пигментных отложений и кровеносных сосудов, расходящихся радиально от диска. Часто наблюдается серозная отслойка сетчатки. В таких глазах зрение значительно снижено даже при отсутствии отслойки сетчатки, но, к счастью, патологические изменения обычно односторонние.

При ОКТ видны увеличенный диск с тотальной экскавацией и несколько тяжелой ткани, тянущихся с его поверхности.

### **Туберозный склероз (болезнь Буренвилля)**

Это наследственное системное врожденное заболевание, при котором развиваются опухоли кожи, центральной нервной системы и глаз. Могут возникать опухоли сетчатки или зрительного нерва.

## **ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ГЛАЗА: ХОРИОРЕТИНИТЫ, УВЕИТЫ, ПАРАЗИТОЗЫ**

### **Болезнь Фогта-Коянаги-Харада**

Болезнь Фогта-Коянаги-Харада — это системный воспалительный синдром, при котором развиваются поражения сетчатки и сосудистой оболочки, головного мозга, кожи и внутреннего уха. Заболевание дебютирует внезапным ухудшением зрения, сопровождающимся головной болью и головокружением. При прогрессировании заболевания могут развиваться неоваскулярная мембрана и субретинальный фиброз. Головные боли и изменения кожи, такие, как диспигментация и витилиго, развиваются не всегда. Может развиваться глухота.

При флюоресцентной ангиографии выявляются множественные серозные отслойки нейроэпителия, множественные точки просачивания и зоны накопления пигмента.

Болезнь Харада распространена в Азии, в Америке встречается реже и редко — в Европе.

В глазах развивается диффузный передний и задний увеит и множественные изолированные или многокамерные серозные отслойки сетчатки с белесыми отложениями. Серозные отслойки сетчатки сопровождается плотной субретинальной экссудацией. Часто возникают отслойки пигментного эпителия. Они могут сливаться друг с другом и образовывать обширные отслойки, распространяющиеся почти на всю сетчатку. Сосуды сетчатки расширены. Этот синдром часто сопровождается папиллитом.

#### **Болезнь Фогта-Коянаги-Харада**

Основные элементы ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Помутнение и отложения в стекловидном теле, профиль сетчатки неровный
- Деформация фовеолярной депрессии
- Зазубренные складки сетчатки

Структура

- Расширенные и деформированные кровеносные сосуды
- Серозные отслойки сетчатки
- Отслойки пигментного эпителия
- Отек и разрывы пигментного эпителия
- Деструкция и фрагментация зоны соединения наружных/ внутренних сегментов

фоторецепторов

Эхогенность

Снижение обратного оптического рассеяния вследствие диффузного отека всех слоев сетчатки

Снижение обратного оптического рассеяния вследствие диффузного отека слоя нервных волокон и слоя ганглиозных клеток

Патологические образования

- Фиброзные изменения в области отслоек сетчатки и ПЭС
- Субретинальный глиоз

При спектральной ОКТ выявляется отек различных слоев сетчатки, вызывающий ее утолщение. Кистозные полости отсутствуют. Могут наблюдаться изменения витреоретинального интерфейса и множественные зубчатые складки сетчатки. Серозные отслойки сетчатки образуют с пигментным эпителием широкие углы. Часто развиваются отслойки пигментного эпителия. Отмечается отек наружных слоев сетчатки. Возникают патологические изменения и утолщение зоны соединения наружных/внутренних сегментов фоторецепторов. Сосудистая оболочка переполнена кровью и утолщена. Таблица

#### **Дифференциальный диагноз болезни Фогта-Коянаги-Харада**

- Симпатическая офтальмия
- Острая эпителиопатия
- Ретинит
- Склерит
- Тохосара sam's

#### **Токсоплазмоз**

Токсоплазмоз — наиболее частая причина, вызывающая врожденный или приобретенный хориоидит.

При приобретенной форме в заднем полюсе или в макуле выявляется ярко-белый округлый очаг, сопровождающийся макулярным отеком, увеитом, витриитом и некоторыми признаками васкулита.

При врожденной форме основным офтальмологическим клиническим признаком является хориоретинальный пигментированный рубец. При рецидиве активного хориоидита вблизи пигментного очага появляется округлый белый очаг, что сопровождается макулярным отеком, увеитом и витриитом.

При ОКТ во внутренних слоях сетчатки обычно выявляется гиперэхогенная зона поражения с нечеткими границами, кистозный отек и серозные отслойки сетчатки.

### **Синдромы белых точек**

Ретинопатии, проявляющиеся появлением множественных рассеянных белых точек (очаги хориоретинального воспаления) образуют интересную группу воспалительных заболеваний сетчатки: они нередко встречаются в повседневной практике, но диагноз может быть поставлен неправильно, поскольку эти изменения не всегда хорошо визуализируются.

После перенесенной легкой простуды у молодых людей, часто — у женщин-миопов, резко ухудшается зрение, от минимальных изменений до 200/100. Некоторые случаи двусторонние, некоторые — односторонние. У некоторых пациентов при исследовании полей зрения выявляется увеличение слепого пятна. У большинства из них выявляются невыраженные проявления заднего витриита. Этиология остается неизвестной, возможны аутоиммунные причины. При ангиографии с индоцианин-зеленым выявляются рассеянные по всей поверхности сетчатки гипофлюоресцентные точки.

#### **Синдром белых точек**

##### **Симптомы**

- Дробьевидная хориоретинопатия
- Синдром множественных исчезающих точек
- Острая задняя мультифокальная плакоидная пигментная эпителиопатия
- Точечная внутренняя хориопатия
- Мультифокальный хориоидит
- Острый пигментный эпителиит сетчатки или острый ретинит
- Иногда серпигинозный хориоидит связан с этой группой заболеваний сетчатки

При ОКТ-сканировании выявляются очень ограниченные изменения слоя фоторецепторов с сегментацией или разрывом соединений между наружными и внутренними сегментами фоторецепторов, совпадающие с зонами гипофлюоресценции в поздней фазе ангиографии с индоцианин-зеленым.

#### **Синдромы белых точек**

Основные элементы ОКТ — качественный анализ

Морфология

- Профиль сетчатки не изменен
- Отсутствует отек сетчатки

Структура

- Отек отсутствует
- Наружная пограничная мембрана не изменена
- Патологические изменения слоя фоторецепторов
- Области сегментации и фрагментации зоны соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, соответствующие областям гипофлюоресценции при ангиографии с индоцианин-зеленым

Эхогенность

- Отек отсутствует

На ОКТ-срезах «en face», проходящих точно через зону соединения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, видны зоны изменения; такие срезы позволяют построить точную карту патологических изменений. Зоны снижения чувствительности, выявленные при микропериметрии, соответствуют зонам разрыва соединений между наружными и внутренними сегментами фоторецепторов, выявляемыми при ОКТ.

### **Субретинальный цистицеркоз**

Паразитозы глаз в Европе встречаются редко. 40-летний мужчина обратился с жалобами на ухудшение зрения в течение нескольких недель. Он никогда не выезжал за пределы Италии. В течение 20 лет он работает мясником. При офтальмоскопии выявлена небольшая отслойка сетчатки в заднем полюсе и белесое овоидное образование между центральной ямкой и диском зрительного нерва. Отмечалось небольшое воспаление.

### **Дифференциальный диагноз субретинальных образований**

- Цистицеркоз
- Миаз
- *Toxocara canis*
- Опухоль сосудистой оболочки

### **Васкулит типа «ветки в инее»**

Васкулит типа «ветки в инее», также часто называемый ангиитом, вызывает образование характерных периваскулярных муфт вокруг артериол и венул, сопровождается увеитом, отеком сетчатки и ухудшением зрения. Васкулит сетчатки двусторонний и выглядит наподобие ветки, покрытой инеем. Часто наблюдается ирит, от легкого до средней тяжести, а также отек сетчатки. Васкулит типа «ветки в инее», как правило, развивается у детей или молодых людей, обычно в возрасте 5-30 лет; как правило, наступает выздоровление.

При флюоресцентной ангиографии выявляются те же характерные периваскулярные муфты артерий и вен сетчатки.

Этот вид васкулита может быть идиопатическим или связанным с болезнями глаз или системными расстройствами.

При ОКТ сканировании видно, что характерные прозрачные периваскулярные муфты артерий и вен сетчатки образованы скопившейся вокруг сосудов жидкостью. Сосуды расширены, с неомогенным гиперэхогенным содержимым, вероятно, жидкость просачивается через сосудистую стенку между слоем нервных волокон и слоем ганглиозных клеток. Увеличивается толщина слоя нервных волокон.

Цитомегаловирусный (ЦМВ) ретинит, ретинит при ВИЧ-инфекции и токсоплазмозный хориоретинит — наиболее частые глазные заболевания, связанные с ангиитом типа «ветки в инее»; из системных заболеваний, связанных с ангиитом типа «ветки в инее», описаны системная красная волчанка, болезнь Крона, крупноклеточная лимфома и острый лимфобластный лейкоз.

#### **Причины ангиита по типу «ветки в инее»**

- Цитомегаловирусный (ЦМВ) ретинит
- Ретинит при ВИЧ
- Токсоплазмоз
- Системная красная волчанка
- Болезнь Крона
- Крупноклеточная лимфома и острый лимфобластный лейкоз
- Вторичный фокальный ангиит по типу «ветки в инее» на фоне цитомегаловирусного ретинита
- Herpes simplex virus
- Varicella zoster virus
- Туберкулез
- Антистрептолизин О
- Вирус Эпштейна-Барр
- Вирус Коксаки АЮ
- Аденовирус
- Корь
- Краснуха
- Болезнь Бехчета

Фокальный ангиит типа «ветки в инее» также может возникать вторично на фоне интраокулярных воспалений другой этиологии, особенно цитомегаловирусного ретинита. Описаны положительные серологические реакции на Herpes simplex (HSV), Varicella zoster virus (VZV), туберкулез, антистрептолизин О, вирус Эпштейна-Барр, ЦМВ, вирус Коксаки АЮ, аденовирус, краснуху и корь. Описаны и другие случаи заболевания, часто локализованные, которые развились вторично на фоне внутриглазной инфекции — ЦМВ, HSV, токсоплазмоза — или в связи с системной красной волчанкой, болезнью Крона, лимфомой, лейкозом или болезнью Бехчета.

#### **Причины васкулита**

Заболевания глаз

- Болезнь Илза

- Увеит
  - Дробьевидная ретинопатия
  - Ангиит по типу «ветки в инее»
  - Идиопатический
- Генерализованные инфекции
- Токсоплазмоз
  - Туберкулез
  - Цитомегаловирус
  - Болезнь Лайма
  - Herpes simplex
  - Herpes Zoster-Varicella
  - Бруцеллез
  - Болезнь кошачьей царапины
  - Другие инфекции
- Системные заболевания
- Болезнь Бехчета
  - Саркоидоз
  - Системная красная волчанка
  - Узелковый артериит
  - Рассеянный склероз
  - Лейкемия
  - Болезнь Крона
  - Другие системные заболевания

Вероятно, заболевание представляет собой неспецифичный иммунный ответ на воздействие различных инфекционных агентов. Оптимальная терапия включает в себя, как представляется, системную стероидную терапию и устранение возможного этиологического фактора.

## **Анализ и интерпретация сочетанных патологических изменений**

В повседневной офтальмологической практике клинические признаки зачастую бывают не такими явными и четкими, как это показано в предыдущих разделах руководства. У пациентов, которых офтальмолог обследует в повседневной работе, могут встречаться сочетанные патологические изменения, при которых одновременно наблюдаются элементы, характерные для разных заболеваний глаза.

Они более трудны для диагностики не из-за их редкости, а вследствие того, что в этих случаях на одной томограмме выявляются признаки, характерные для разных патологических состояний сетчатки.

В еще большей степени эти случаи требуют от офтальмолога умения выделять на томограмме элементарные изменения, оценивать их и анализировать каждый участок томограммы. Затем врач должен решить, какие данные сохранить, а какие можно

проигнорировать. Фактически невозможно постоянно учитывать все полученные результаты.

При анализе встречающейся в повседневной практике сочетанной патологии логический метод еще более востребован, чем при анализе сложных и редких случаев.

После анализа врач должен отнести различные элементарные изменения на томограмме к одному или нескольким заболеваниям, сопутствующим друг другу в конкретном случае. Интеллектуальная операция синтеза включает в себя оценку офтальмологом каждого элемента, который может присутствовать при различных патологических состояниях, с целью сопоставления последних и формирования диагноза, в наибольшей степени соответствующего имеющимся изменениям.

Изучение отдельных элементарных изменений позволяет исследователю перейти к синтезу, который логически приводит к диагностике нескольких сочетанных сосуществующих заболеваний.

Анализ часто становится очень трудной задачей, если изменения при ОКТ сочетаются друг с другом неправильно и несбалансированно. Сегментация, если она выполнима, дает полезную информацию. Необходимо сравнивать друг с другом различные срезы (серии поперечных и «en face» срезов).

Клинические данные, полученные в результате других исследований играют важную роль при общей оценке клинического случая. Как уже говорилось выше, невозможно анализировать ОКТ, игнорируя другие клинические проявления заболевания. Клиницист, пытающийся поставить диагноз на основании сканирования сетчатки должен также учитывать и другую информацию: возраст пациента и его анамнез, результаты исследования сердечно-сосудистой системы, остроту зрения и офтальмологический анамнез, и т. д. Он должен быть информирован об анамнезе заболевания.

Наибольшее значение имеет офтальмологическое исследование, включающее осмотр на щелевой лампе, фотографии глазного дна и исследование аутофлюоресценции, флюоресцентная ангиография и ангиография с индоцианин-зеленым, ультразвуковое исследование, периметрия, микропериметрия, тонометрия и т.д. Важно изучить все различные фазы флюоресцентной ангиографии, с первой до последней.

# Глаукома

## **ВВЕДЕНИЕ**

Глаукома представляет собой нейрооптикопатию, часто связанную с повышением внутриглазного давления. При этом утрачиваются ганглиозные клетки и повреждается слой нервных волокон.

На данный момент еще предстоит определить значение оптической когерентной томографии при выявлении глаукомы, а особенно — значение нового оборудования, в котором применяется технология спектральной томографии. Один из основных вопросов, широко обсуждаемый в литературе, это определение и сравнение диагностической значимости толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС), измеренной различными приборами.

В общем, как недавно было показано в ходе исследования по сравнению диагностических возможностей трех различных аппаратов для спектральной ОКТ при выявлении нет существенных различий между аппаратами ОКТ по выявлению изменений слоя нервных волокон сетчатки.

## **ПРОТОКОЛЫ СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ГЛАУКОМЕ OPTOVUE-RTVUE 100**

При диагностике глаукомы в RTVue применяются четыре режима сканирования:

### **1. Протокол сканирования диска зрительного нерва.**

В кубе 6 ммх6 мм, состоящем из 101 линии, строится 3D изображение диска зрительного нерва, которое в дальнейшем используется как базовое для идентификации нейроретинального пояса и сосудов диска зрительного нерва. Границы базового 3D изображения диска определяются программным обеспечением автоматически.

**2. Сканирование слоя нервных волокон сетчатки.** Этот режим используется для определения толщины слоя нервных волокон. При исследовании СНВС в течение 0,16 секунды вокруг диска зрительного нерва выполняется четыре круговых среза диаметром 3,45 мм. Вычисляются средние показатели этих четырех срезов, которые сравниваются с нормальными значениями.

Профиль толщины слоя нервных волокон сетчатки у ДЗН — это толщина СНВС на расстоянии 3,45 мм от центра диска, а не центра среза. В конечном итоге смещение диска не влияет на результаты измерений. Карта толщины СНВС отображается внизу справа, более яркие цвета соответствуют большим значениям толщины СНВС, а более темные — меньшим.

Внизу справа отображается диаграмма толщины СНВС вокруг диска зрительного нерва, на которой сначала отражается толщина СНВС с височной стороны, затем в верхнем квадранте, затем с носовой стороны, в нижнем квадранте, и снова с височной стороны (ВВННВ). Профиль толщины показан черной линией на фоне границ нормальных значений, показанных зеленой полосой; область значений вне пределов нормы обозначена красным цветом. Слева параметры СНВС и диска зрительного нерва приведены в виде таблицы.

**3. Карта диска зрительного нерва.** Этот протокол предусматривает выполнение 13 круговых срезов вокруг диска зрительного нерва диаметром 1,3-4,9 и 9 радиальных срезов. По результатам этих срезов определяются границы пигментного эпителия и диска зрительного нерва. Устройство автоматически определяет центр диска зрительного нерва, а не центр срезов. При построении карты прогрессирования будет использоваться та же точка. Карты диска зрительного нерва позволяют получить важную информацию о морфологии зрительного нерва: площадь диска и экскавации, соотношение Э/Д, карты толщины СНВС в 3,45 и на расстоянии в 2 мм от центра диска.

**4. Карта КГК.** Сканирование комплекса ганглиозных клеток (КГК) позволяет получить дополнительные данные для диагностики глаукомы. Слой нервных волокон, слой ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой макулярной зоны образуют комплекс ганглиозных клеток. Качество диагностики глаукомы улучшается, если оценивать толщину комплекса ганглиозных клеток, а не толщину всей сетчатки. Было показано, что глаукома вызывает истончение преимущественно нервных волокон, слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя, умеренное истончение внутреннего ядерного слоя и не поражает наружные слои сетчатки. Исследование комплекса ганглиозных клеток информативно при ранней диагностике глаукомы и при оценке прогрессирования заболевания. Потеря ганглиозных клеток развивается перед изменениями полей зрения и до истончения слоя нервных волокон.

Толщина комплекса ганглиозных клеток определяется как расстояние от внутренней пограничной мембраны (ВПМ) до внутреннего плексиформного слоя (ВПС), охватывающее три внутренних слоя сетчатки (слой нервных волокон, слой ганглиозных клеток (СЕК) и внутренний плексиформный слой). При глаукоме поражается каждый из этих трех слоев. С гибелью ганглиозных клеток слой ганглиозных клеток становится тоньше. Также исчезают аксоны слоя нервных волокон, являющиеся частью этих клеток, что вызывает истончение слоя нервных волокон.

Дендриты ганглиозных клеток, расположенные во внутреннем плексиформном слое, с гибелью клеток также исчезают, и внутренний плексиформный слой также истончается.

При сканировании КГК измеряется толщина всех трех слоев сетчатки, поражающихся при глаукоме.

Еще одно преимущество анализа срезов КГК заключается в том, что в макулярной зоне находятся 50 % всех ганглиозных клеток сетчатки, однако слой нервных волокон в макуле очень тонкий и отсутствует в фовеоле из-за смещения клеток, формирующих центральную ямку. В перифовеолярной зоне слой нервных волокон все еще очень тонкий, но слой ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой становятся толще. В этой зоне ганглиозные клетки могут располагаться одна над другой в 6 рядов.

Сканирование включает в себя 12 вертикальных срезов длиной 7 мм и один горизонтальный срез 7 мм длиной. Они проходят через интервалы в 0,5 мм и центрированы в 1 мм височнее центральной ямки, чтобы захватить наибольшее количество ганглиозных клеток. При этом составляется карта толщины внутренних слоев сетчатки, на которой отражаются отклонения от нормальных значений.

Карта девиаций отражает отклонения от нормальных значений, соответственно возрасту и расовой принадлежности, содержащихся в базе данных.

Карта значимости отражает полученные при обследовании пациента значения в сравнении с нормальными для данной этнической группы, содержащимися в базе данных. При этом для обозначения изменений за период наблюдения используются красный, желтый и зеленый цвета. Они отражают степень значимости (насколько велико отклонение по сравнению с нормой) или статистическую вероятность того, что изменения значимы по сравнению с соответствующей нормой. Или проще: насколько велика разница с нормой.

Фокальная потеря объема (ФПО) — это параметр, отражающий количественные изменения объема комплекса ганглиозных клеток. ФПО — это отношение суммарного значимого уменьшения объема КГК к площади отображаемой на карте зоны. Он отражает процент значимой потери объема. ФПО представляется более точным показателем для дифференцировки нормальных и глаукоматозных глаз, чем показатель средней толщины КГК.

RTVue предоставляет уникальную возможность оценки состояния слоя ганглиозных клеток и сравнения полученных показателей с нормальными, соответствующими возрасту и этнической принадлежности.

### **Артефакты**

Движения глаз и моргание могут стать причиной появления артефактов. При картировании движения глаз проявляются как разрывы рисунка кровеносных сосудов. При появлении таких разрывов сканирование необходимо повторить.

### **Наблюдение при глаукоме**

При анализе прогрессирования RTVue сравнивает показатели толщины СНВС и карты КГК, полученные в течение периода наблюдения и выявляет статистически значимые изменения. Выполняется количественная оценка выявленных изменений.

Отчет о прогрессировании глаукомы на основании оценки комплекса ганглиозных клеток

Отчет о прогрессировании на основании оценки КГК представляет собой до 4 одновременно отображаемых срезов (один первичный и три полученных в ходе наблюдения) по отдельности для каждого глаза. Печатный отчет содержит 4 раздела. Первые три раздела отображают карту толщины КГК (карта толщины с цветовой кодировкой, отражающая толщину КГК макулярной зоны), карту девиаций (с помощью цветовой кодировки отражаются потери в процентах по сравнению с содержащимися в базе данных нормальными значениями) и карту значимости (с помощью цветовой кодировки отображаются зоны, в которых отличия от нормальных показателей достигают статистически значимых величин; при цветовой кодировке используются зеленый, желтый и красный цвета, обозначающие показатели в пределах нормы, пограничные со значением  $p < 5\%$  и находящиеся за пределами нормы со значениями  $p > 1\%$  соответственно) каждого среза, что позволяет визуально сравнивать результаты исследования при каждом последующем визите к врачу. Четвертый раздел содержит таблицу «соответствия каждого значения для средней, верхней и нижней толщины КГК (т. е. средние показатели толщины всей сетчатки, верхних и нижних ее квадрантов соответственно, за исключением круговой зоны в центральной ямке). В этом разделе также приводится таблица результатов первичного и каждого последующего сканирования, а также изменения значений в микронах между первичным и последним сканированием.

Отчет о прогрессировании глаукомы на основании оценки слоя нервных волокон сетчатки

Протокол оценки слоя нервных волокон сетчатки 3,45 предусматривает измерение толщины слоя нервных волокон сетчатки в круговом срезе, проходящем в 3,45 мм от центра диска зрительного нерва, так же, как это делалось и при использовании стандартной (time-domain) ОКТ технологии. Средняя толщина слоя нервных волокон 3,45 рассчитывается по результатам 4 круговых срезов, каждый из которых строится по данным 1024 А-сканирований, в сумме 4096 точек, суммарное время исследования 0,15 секунд.

Печатный отчет о прогрессировании на основании оценки слоя нервных волокон сетчатки содержит три раздела. В первом разделе отображаются результаты измерения толщины слоя нервных волокон и индекса тяжести симптомов при первичном и всех повторных исследованиях. Во втором разделе отображается диаграмма ВВННВ (височный-

верхний-носовой-нижний-височный квадранты) для визуального сравнения профиля слоя нервных волокон сетчатки на протяжении всего среза, имеющего при таком изображении форму двугорбой кривой. В третьем разделе приводится таблица соответствий каждого значения толщины слоя нервных волокон всей сетчатки в среднем, в верхних и нижних квадрантах и таблица результатов первичного и каждого последующего сканирований, а также разница между первичным и последним выполненным сканированием.

### **База нормальных значений**

База нормальных значений позволяет различать состояние нормы и патологические изменения. База данных RTVue является самой большой базой данных ОКТ и содержит параметры 600 глаз (США) и 1000 глаз (международная). Она содержит параметры, имеющие значение при диагностике патологии сетчатки (отек и ишемические изменения макулярной области) и глаукомы (ДЗН, перипариллярный слой нервных волокон, слой нервных волокон в радиусе до 4 мм, КГК). Это помогает врачу сравнивать результаты обследования пациента с результатами обследования соответствующих по возрасту здоровых людей. В базе нормальных параметров слоя нервных волокон сетчатки для обозначения распределения значений среди пациентов соответствующей возрастной группы используется цветовой код. Красным обозначены патологические значения, находящиеся за пределами нормы. Желтым обозначаются пограничные значения, они трактуются как подозрительные. Зеленым обозначаются нормальные показатели.

Нормальные значения в базе данных подразделяются по трем параметрам:

1. Возраст (карты сетчатки и при диагностике глаукомы)
2. Размер диска зрительного нерва (только при сканировании ДЗН)
3. Этническая принадлежность: африканцы, китайцы, японцы, европейцы, латиноамериканцы, индусы, другие/смешанные (это исходный параметр, если исследователь не указывает этническую принадлежность пациента).

База нормальных значений применяется, чтобы выяснить, попадают ли результаты конкретного пациента в границы «нормальных» для его возрастной и этнической групп. В цветовой кодировке используются зеленый (для обозначения параметров в пределах нормы), желтый (для пограничных значений) и красный (вне границ нормы) цвета.

Важно знать, что база нормальных значений формировалась только на основе статистики и могут встречаться здоровые пациенты, имеющие показатели вне границ нормы. Врач должен помнить, что 5 % здоровых глаз попадут в желтую или даже в красную зону. Для уменьшения вероятности диагностических ошибок мы не должны полагаться только лишь на базу данных, рекомендуется проводить комплексное обследование.

### **ПРОТОКОЛЫ СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ГЛАУКОМЕ CIRRUS ZEISS**

Технология спектральной ОКТ Cirrus™ HD-ОКТ является основной для диагностики глаукомы.

Оптическая когерентная томография позволяет получать важные количественные и качественные данные, тем самым, способствуя более успешному лечению глаукомы. Этот метод позволяет изучать морфологию и выполнять морфометрию диска зрительного нерва и перипапиллярных нервных волокон. Даже применение ОКТ первого поколения позволяет нам напрямую измерять толщину слоя нервных волокон сетчатки и визуализировать срезы сетчатки *in vivo*. Многочисленные исследования показали соответствие измерений при ОКТ гистологическим данным. Поэтому клиницисты с целью ранней диагностики глаукомы и точной оценки прогрессирования болезни чаще определяют толщину слоя нервных волокон сетчатки.

Технология спектральной ОКТ Cirrus™ HD-ОКТ — это следующий шаг в изучении глаукомы. В нем применяется простая, легкая в использовании система, позволяющая получать и четко отображать точную информацию о перипапиллярной зоне и слое нервных волокон сетчатки.

### **Сканирование диска зрительного нерва**

При сканировании диска зрительного нерва Cirrus HD-ОКТ захватывает куб 6x6 мм, состоящий из 200 В-срезов, каждый из которых, в свою очередь, образован 200 А-сканированиями. Зона 6x6 мм подвергается сегментации и анализируется.

Исходя из данных, полученных при анализе этого куба, аппарат автоматически вычисляет центр диска зрительного нерва и определяет вокруг него окружность в 3,46 мм. В срезе, проходящему через окружность определяется толщина слоя нервных волокон и сравнивается с нормальными значениями. Даже если куб не центрирован по диску зрительного нерва, круговой срез слоя нервных волокон центрируется автоматически, что обеспечивает высокие точность и воспроизводимость измерений.

### **База нормальных значений слоя нервных волокон сетчатки**

Эта база позволяет нам сравнивать толщину слоя нервных волокон конкретного пациента и здоровых людей соответствующей возрастной группы и таким образом выявлять зоны, представляющие клинический интерес. Нормальные значения отображаются при каждом обследовании на предмет глаукомы пациентов в возрасте старше 18 лет.

В базе нормальных значений для обозначения перцентилей нормального распределения в конкретной возрастной группе применяется цветовая кодировка:

- красный: 1 % самых низких значений результатов измерений попадает в красную зону. Эти результаты считаются находящимися вне пределов нормы, т. е. патологическими.
- желтый: 5 % самых низких значений результатов измерений попадают в желтую зону и трактуются как подозрительные.
- зеленый: 90 % результатов измерений попадают в зеленую зону и считаются нормальными.
- 5 % наибольших значений результатов измерений попадают в белую зону.

При трактовке нормальных показателей нельзя забывать, что при каждом измерении параметры одного из 20 здоровых глаз (5 %) будут находиться ниже зеленой зоны.

### **Мощность сигнала**

Мощность сигнала, определяемая для всей томограммы, колеблется от 0 до 10, где 10 — максимальная мощность сигнала. Мощность сигнала меньше 5 считается неприемлемой.

Однако, поскольку у некоторых пациентов невозможно создать сигнал достаточной мощности, оператор/клиницист должен просмотреть томограмму и результаты анализа, чтобы решить, насколько они приемлемы.

### **Изображение глазного дна**

Изображение глазного дна, полученное с помощью лазерного сканирующего офтальмоскопа (ЛСО) с наложенной на него ОКТ-томограммой отображается в верхней части монитора или распечатанного анализа слоя нервных волокон сетчатки. Локализация кругового среза для анализа слоя нервных волокон в височном, верхнем, носовом, нижнем и снова височном (ВВННВ) квадрантах отмечена красным. Оператор может скорректировать положение кругового среза после получения томограммы, но обычно этого не требуется, поскольку аппарат делает это автоматически достаточно точно. Отображаемое изображение В-скана — это круговой срез, рассчитанный по данным, полученным при сканировании куба, развернутый и сориентированный по схеме ВВННВ.

### **Карта слоя нервных волокон сетчатки**

Карта слоя нервных волокон строится на основании данных, полученных при анализе всего куба. Используется цветовая шкала, аналогичная шкале топографических карт — холодными тонами отмечаются зоны истончения слоя, теплыми тонами — зоны, где он толстый — показана толщина слоя нервных волокон в каждой точке в пределах зоны 6х6 мм. На карте не отображается диск зрительного нерва, его поверхность отмечена темно-синим цветом. Цветовым кодом обозначается толщина от нуля (синий) до 350 микрометров (белый) и отображаются имеющиеся дефекты.

## **Карта девиаций**

На карте девиаций отображается толщина слоя нервных волокон сетчатки пациента в сравнении с параметрами из базы нормальных значений. Показатели, находящиеся за пределами нормальных значений, отмечаются красным или желтым цветом, как описано выше.

## **Средние значения толщины**

Цифровые значения толщины слоя нервных волокон сетчатки отображаются в виде диаграммы по схеме ВВННВ. Средние значения толщины во всех точках кругового среза приводятся для обоих глаз. Средняя толщина также показана для каждого квадранта и для каждого меридиана условного циферблата. В каждой из этих диаграмм показателями пациента сравниваются с нормой. Если результаты оказываются симметричными, они также сравниваются с нормальными параметрами.

## **Профиль толщины ВВННВ**

ВВННВ профиль отражает толщину слоя нервных волокон сетчатки в каждой точке перипапиллярного кругового среза в сравнении с нормальными значениями. Для сравнения с нормальными показателями в той же возрастной группе применяется цветовая кодировка (белый, зеленый, желтый, красный).

## **Наблюдение при глаукоме**

Программа управляемого анализа прогрессирования (GPA — guided progression analysis) сравнивает показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки в кубе сканирования диска зрительного нерва, определенные в различные сроки, и выявляет статистически значимые изменения. Отображаются результаты анализа событий, анализа тенденции и количественные характеристики выявленных изменений.

## **Важный диагностический инструмент**

Cirrus™ HD-OCT позволяет получать и ясно и доступно отображать многочисленные данные о глаукоматозном поражении. Однако необходимо помнить, что больной глаукомой нуждается в комплексном обследовании, и информации, полученной с помощью лишь одного инструмента, пусть даже очень точного, недостаточно для диагностики сложных случаев. Диагноз должен основываться на результатах всех проведенных клинических исследований, в том числе периметрии.

## **ПРОТОКОЛЫ СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ГЛАУКОМЕ HEIDELBERG SPECTRALIS**

Применение спектральной ОКТ увеличивает линейное разрешение и скорость сканирования по сравнению со стандартной ОКТ, повышает воспроизводимость, чувствительность и специфичность диагностики глаукомы.

Heidelberg Spectralis OCT (Heidelberg Engineering) позволяет получать высококачественные изображения головки зрительного нерва и анализировать толщину перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки. При круговом сканировании сетчатка автоматически сегментируется, на всем протяжении среза измеряется толщина слоя нервных волокон, полученные показатели сравниваются с нормальными значениями из базы данных.

### **Профиль толщины слоя нервных волокон сетчатки**

На распечатанном отчете OCT Spectralis отображается классификация толщины перипапиллярных нервных волокон сетчатки по шести стандартным секторам в виде круговой диаграммы: височному (T), верхнее-височному (TS), нижневисочному (TI), носовому (N), верхнее-носовому (NS) и нижнее-носовому (NI). В центре круговой диаграммы отображается средняя толщина слоя нервных волокон кругового среза (G).

График, в нижнем правом углу этого окна, отображает профиль толщины слоя нервных волокон по ходу кругового среза в сравнении с нормальными значениями. Толщина слоя нервных волокон пациента показана черной кривой.

В обоих графиках присутствуют три различных цветовых обозначения. Зеленый цвет обозначает нормальные значения толщины слоя нервных волокон сетчатки, желтым цветом — пограничные значения, и красным — толщину слоя нервных волокон за пределами нормы.

В верхней части распечатки приводится истинное изображение головки зрительного нерва, а справа показаны срезы, совпадающие с графиками толщины слоя нервных волокон сетчатки.

### **Наблюдение за изменениями слоя нервных волокон сетчатки**

Spectralis OCT с помощью «Отчета о тенденции изменения толщины слоя нервных волокон сетчатки» с FoDi (FoDi — функция определения положения макулы относительно диска) также позволяет проводить наблюдение за больным глаукомой. Отчет представляет собой диаграмму тенденции отношения средней измеренной толщины к толщине в норме для каждого сектора. Поскольку это программное обеспечение позволяет оценивать изменения профиля толщины слоя нервных волокон сетчатки с течением времени и осуществлять раннее выявление уменьшения толщины слоя нервных волокон, оно может способствовать эффективному выявлению признаков прогрессирования заболевания.

### **Анализ заднего полюса**

Spectralis OCT предлагает новое программное обеспечение для выявления ранних глаукоматозных изменений, названное Posterior Pole Analysis. С его помощью измеряется толщина всей сетчатки заднего полюса, строится карта толщины сетчатки в различных

точках и анализируется асимметрия толщины сетчатки внутри одного глаза («внутриглазная» асимметрия) и между обоими глазами («межглазная» асимметрия). Дополнительно оно позволяет напрямую выявлять потерю ганглиозных клеток при глаукоме.

Глаукома с течением времени всегда вызывает патологические изменения, поэтому наблюдение имеет огромное значение. Определение изменений толщины сетчатки информативно при анализе изменений ее внутренних слоев при сравнении результатов первичного и последнего исследований.

Печатный вариант результатов исследования включает в себя две карты. На первой карте отображается асимметрия верхней и нижней половин сетчатки, на второй — толщина сетчатки.

Первая из них представляет собой решетку, в которой сравнивается средняя толщина сетчатки в верхних и нижних квадрантах (при анализе сравниваются участки сетчатки квадратной формы, лежащие на одинаковом расстоянии от оси центральная ямка — диск зрительного нерва). В верхней части решетки квадратные поля отражают разницу между значениями толщины сетчатки верхних и нижних квадрантов. В нижней половине решетки рассчитана разница толщины между нижними и верхними участками. Если различия равны или превышают ноль, поле обозначается белым цветом; темно-серые или черные поля соответствуют локальной асимметрии. При анализе заднего полюса врач имеет возможность сравнивать толщину сетчатки обоих глаз пациента и выявлять «межглазную» асимметрию.

### **ДИАГНОЗ ГЛАУКОМЫ**

Описанные выше аппараты спектральной ОКТ выполняют анализ головки зрительно нерва, разделяя ее на сектора:

- Spectralis ОКТ строит круговую диаграмму, разделенную на шесть секторов: носовой, височный, верхне-височный, верхне-носовой, нижне-носовой и нижне-височный.
- Cirrus ОКТ строит две отдельных круговых диаграммы.
- Классическое деление на сектора: верхний, нижний, носовой и височный.
- Отображение толщины слоя нервных волокон сетчатки по меридианам условного циферблата.
- Optovue ОКТ строит все перечисленные выше круговые диаграммы.

## **ОКТ при заболеваниях нервной системы**

Оптическая когерентная томография (ОКТ) представляется перспективным методом при диагностике рассеянного склероза и болезни Альцгеймера. Было показано, что при этих заболеваниях с помощью ОКТ выявляются специфические дефекты слоя нервных волокон сетчатки. Это также может оказаться информативным и при других нейродегенеративных заболеваниях, например, болезни Паркинсона и мозжечковой атаксии.

### **БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА**

Болезнь Альцгеймера характеризуется деменцией, которая обычно начинается с незначительных и трудно диагностируемых нарушений памяти, медленно прогрессирует и постепенно делает пациента недееспособным. Болезнь Альцгеймера — дегенеративное заболевание головного мозга, часто выявляемое у людей в возрасте старше 65 лет. В 2010 году в Соединенных Штатах было 5 миллионов больных, в мире — 50 миллионов. У пациентов с болезнью Альцгеймера часто развиваются нарушения зрения.

Вероятно, эти характерные нарушения вызываются дегенеративными изменениями зрительного нерва. Строение органа зрения позволяет выявлять и наблюдать нейродегенеративные заболевания с помощью неинвазивных методик.

Было показано, что с помощью оптической когерентной томографии при болезни Альцгеймера и легких когнитивных нарушениях можно обнаружить специфические изменения. Эти изменения проявляются утратой слоя нервных волокон. Ретроградное разрушение слоя нервных волокон может быть ранним признаком болезни Альцгеймера. Утрата слоя нервных волокон может являться ранним симптомом болезни Альцгеймера, и такие дефекты слоя нервных волокон сетчатки могут являться самым ранним признаком болезни Альцгеймера, развивающегося еще до поражения гиппокампа.

Одновременно с легкими когнитивными нарушениями у пациентов с начальной стадией болезни Альцгеймера, при помощи оптической когерентной томографии были выявлены структурные дефекты слоя нервных волокон сетчатки.

В ходе многих исследований изучались изменения толщины нервных волокон сетчатки при ОКТ у пациентов с болезнью Альцгеймера. С помощью ОКТ определялась толщина слоя нервных волокон сетчатки у пациентов с болезнью Альцгеймера и здоровых лиц соответствующей по возрасту контрольной группы. По сравнению со здоровыми лицами контрольной группы, слой нервных волокон сетчатки был значительно тоньше в основном в верхнем и нижнем квадрантах. Эти морфологические изменения связаны с

дисфункцией сетчатки, которая проявляется аномальным паттерном ответов на электроретинограмме.

Утрата нервных волокон у пациентов с болезнью Альцгеймера может вызывать зрительные симптомы. Отмечена положительная корреляция между потерей нервных волокон и тяжестью деменции.

Недостаточность слоя нервных волокон и зрительного нерва могут являться самыми ранними признаками болезни Альцгеймера, развивающимися раньше поражения ответственной за память области головного мозга. ОКТ может стать простым неинвазивным и эффективным методом ранней диагностики болезни Альцгеймера. Этот метод может оказаться информативным при наблюдении за течением заболевания и оценке результатов проводимого лечения.

### **РАССЕЯННЫЙ СКЛЕРОЗ**

Рассеянный склероз — это хроническое демиелинизирующее нейродегенеративное заболевание центральной нервной системы. Это воспалительное заболевание головного мозга, часто диагностируемое у молодых людей. Часто возникает поражение глаз в форме внезапно начинающегося неврита зрительного нерва. При этом неврит зрительного нерва может сопровождаться васкулитом, кистозным макулярным отеком или увеитом, или протекать изолированно.

С целью оценки ОКТ как метода, дополняющего существующие способы диагностики рассеянного склероза, сравнивают толщину слоя нервных волокон сетчатки и остроту зрения у больных рассеянным склерозом и у здоровых людей.

Толщина слоя нервных волокон сетчатки уменьшена при первичном прогрессирующем, рецидивирующем-ремиттирующем и вторичном прогрессирующем рассеянном склерозе по сравнению с клинически изолированным синдромальным поражением глаз. Толщина слоя нервных волокон сетчатки в глазах с рецидивирующей нейропатией зрительного нерва меньше, чем в глазах с единичной атакой. Наибольшая корреляция между изменениями толщины слоя нервных волокон и неврологическими нарушениями отмечается при рецидивирующем-ремиттирующем рассеянном склерозе.

Выявлена корреляция между толщиной слоя нервных волокон сетчатки и зрительными функциями, особенно в глазах с невритом зрительного нерва.

Установлено, что у больных рассеянным склерозом с невритом зрительного нерва или без него толщина слоя ганглиозных клеток резко снижается на месяцы раньше истончения слоя нервных волокон.

Во всех группах больных рассеянным склерозом по сравнению с соответствующей по возрасту контрольной группой отмечаются значительные изменения слоя нервных

волокон всей поверхности сетчатки или, по меньшей мере, в одном из секторов перипапиллярной зоны.

У пациентов, ранее перенесших неврит зрительного нерва, выявлено еще большее истончение слоя нервных волокон сетчатки. Однако у многих пациентов толщина слоя нервных волокон была в пределах нормальных значений. Корреляции между изменениями слоя нервных волокон сетчатки и длительностью заболевания не выявлено.

ОКТ является перспективным новым методом диагностики и оценки изменений у пациентов с болезнью Альцгеймера и рассеянным склерозом. ОКТ может оказаться информативной и при других нейродегенеративных заболеваниях, например, при болезни Паркинсона и мозжечковой атаксии, и при оценке атрофии у пациентов с невритом зрительного нерва. При многих нейродегенеративных заболеваниях толщина слоя нервных волокон степень утраты ганглиозных клеток коррелирует с остротой зрения и неврологическими нарушениями. В настоящее время проводятся исследования в этой интересной области.

### **ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

**Постоянное экспоненциальное увеличение объема данных, которые приходится обрабатывать оператору ОКТ**

Большинство операторов в своей повседневной работе пользуются только немногими из возможностей ОКТ. В настоящее время скорость эволюции аппаратов ОКТ начинает превышать способности использующих ОКТ специалистов к анализу и интерпретации.

Процесс оценки и интерпретации зависит и от технических возможностей, и от интеллектуальной составляющей. Специалист по заболеваниям сетчатки может столкнуться с большим количеством информации. Способности человеческого разума по обработке информации не безграничны. С помощью ОКТ можно получить невероятное количество цифровой информации, и ее количество быстро увеличивается, особенно после введения в практику 3D и «en face» томограмм, методик исследования сосудистой оболочки и склеры, и т.п. При полном ОКТ-исследовании (В-сканирование, растровая, С-сканирование, 3D, топография), исследователь получает больше информации, чем при стандартном исследовании, для обработки которой у офтальмолога, оптометриста, техника или ортоптика нет ни времени, ни желания. Он завален информацией. И этот разрыв между количеством получаемой информации и способностями пользователя к ее обработке все увеличивается.

Возникает необходимость в селективной обработке информации.

Всего несколько лет назад аналитическая обработка ОКТ-томограмм включала в себя оценку морфологии (т. е. морфологических изменений, наличия патологических образований), изменений эхогенности (т.е. гиперэхогенности, гипоэхогенности и эффекта тени) и количественные оценки (толщина, картирование, объем).

В настоящее время оцениваются все эти аспекты, а также многие другие. Необходимо оценить структуру, сегментацию, текстуру, трехмерные изображения и томограммы «en face», комплекс ганглиозных клеток и диаграммы прогрессирования. ОКТ достигла нового рубежа — сосудистой оболочки — и теперь нужно изучать форму и размеры слоев Сатлера и Галлера, размеры сосудов хориоидеи при различных заболеваниях, оценивать толщину сосудистой оболочки в зависимости от возраста и рефракции, изменения сосудистой оболочки при ЦСХРП и ВМД, новообразованных сосудах хориоидеи и сосудистых окклюзиях. Новые методики ОКТ вскоре позволят изучать склеру и глазницу за пределами глазного яблока.

#### **Клиническое применение аналитического метода**

Получаемые данные можно легко классифицировать и разделять. Необходимо выполнить реконструкцию сетчатки и собрать вместе большинство элементов головоломки в процессе синтеза и интерпретации. Приходится отбирать и игнорировать определенное количество информации, и это трудный этап рассуждений. Этап дедукции — последний этап процесса синтеза, во время которого оцениваются вновь собранные и реорганизованные элементы, чтобы построить умозаключение, прийти к выводу, которые, в конце концов, приведут к диагнозу.

В случае сочетанных патологических изменений на ОКТ одновременно выявляются элементы, характерные для различных не связанных друг с другом заболеваний, одновременно протекающих в одном глазу; такие случаи часто встречаются в повседневной практике и иногда представляют собой трудноразрешимые проблемы.

С развитием ОКТ возникла необходимость компенсировать разрыв между технологией и клинической практикой.

Разработки будущего приведут к исчезновению разрыва между технологией и медициной.

Клинические исследования будущего заинтересуют клиницистов и инженеров, их взаимодействие приведет к повышению качества лечения пациента. В этих исследованиях будут участвовать команды молодых энтузиастов — офтальмологов, оптометристов и инженеров.

#### **Развитие техники**

В обозримом будущем, вероятно, при ОКТ будет использовано излучение с другой длиной волны, чтобы обеспечить еще лучшие условия визуализации, глубину проникновения, скорость, точность и четкость.

### **Функциональная ОКТ**

Новые методы ОКТ позволят проводить исследования в области физиологии и нейрофизиологии и получать еще большее количество информации. Допплер-ОКТ позволит детально изучать кровообращение сетчатки и сосудистой оболочки, не прибегая к инвазивной ангиографии.

### **Полуавтоматический и автоматический анализ ОКТ**

Многие люди в мире офтальмологии заняты в развитии новых технологий получения новой информации, некоторые пытаются оценивать полезность информации и методы отбора данных.

Существует необходимость специфической интерпретации данных.

Для облегчения работы пользователя ОКТ необходимо разработать программное обеспечение для полуавтоматической интерпретации на первом этапе и последующей автоматической диагностики.