**Оптические методы исследований в офтальмологии**

Наиболее широкое распространение инструментальные, неинвазивные оптические методы получили в офтальмологии.

Одним из наиболее распространенных оптических методов исследования глаза является биомикроскопия.

Биомикроскопия – метод исследования прозрачных сред глаза с использованием щелевой лампы, представляющей собой комбинацию бинокулярного микроскопа с устройством для освещения исследуемой части глаза щелевидным пучком света.

Щелевая лампа позволяет получить «оптический срез» роговицы, хрусталика, стекловидного тела и исследовать их при большом увеличении под микроскопом. Этот метод позволяет выявить и точно локализовать помутнения оптических сред и другие патологические изменения сред глаза.

В осветителе щелевой лампы установлены светофильтры, позволяющие производить исследования в свете различного спектрального состава, что дает возможность получить дополнительную информацию о состоянии оптических сред. Кроме того, возможно проведение исследований в поляризованном свете, что осуществляется путем использования поляроидных светофильтров.

Обыкновенный свет состоит из множества волн, плоскости поляризации которых ориентированы произвольно, так как процессы излучения света атомами происходят независимым образом. Свет, в котором в равной мере представлены электромагнитные волны со всевозможными направлениями колебаний, называется естественным или неполяризованным.

Поляризация света - это процесс выделения из светового пучка составляющих со строго определенной ориентацией плоскости поляризации. Устройства, служащие для этих целей, называются поляризаторами (или поляроидами).

Их действие может быть основано либо на поляризации света при отражении и преломлении на границе раздела двух изотропных прозрачных диэлектриков, либо на явлении оптической анизотропии и связанного с ним двойного лучепреломления, либо на явлении оптического дихроизма. Дихроизм – изменение окраски вещества в проходящем свете в зависимости от направления распространения и поляризации этого света.

Дихроизм является одним из проявлений оптической анизотропии вещества и обусловлен анизотропией поглощения, которое зависит от длины волны и поляризации излучения.

Дихроизм является частным случаем полихроизма и наблюдается на одноосных кристаллах, у которых имеются две «главные» окраски - при прохождении света вдоль оптической оси и перпендикулярно к ней. Это свойство кристаллов находит практическое применение при изготовлении поляроидов.

Современные поляроиды представляют собой прозрачную целлулоидную пленку, на поверхность которой нанесен слой целлюлозы, заключающий в себе множество одинаково ориентированных мельчайших кристалликов герапатита йодистого соединения сернокислого хинина, открытого в 1852 году Герапатом.

Эти кристаллы обладают настолько сильным дихроизмом, что даже при малой толщине полностью поляризуют проходящий свет (степень поляризации 99.5%).

В последние годы появились поляроиды, получаемые путем йодирования и растягивания пленки из пластмассы.

Использование поляризованного света позволяет не только улучшить качество оптических изображений, но и исследовать физические свойства сред. Среда, физические свойства которой зависят от направления, называется анизотропной.

Анизотропия среды имеет место по отношению к каким-либо ее свойствам - механическим, оптическим, электрическим и др. Среду называют оптически анизотропной, если ее оптические свойства (фазовая скорость света и абсолютный показатель преломления) зависят от направления распространения световой волны и характера ее поляризации. Среду называют оптически изотропной, если ее оптические свойства одинаковы по всем направлениям.

Зависимость скорости плоской волны в анизотропной среде от направления распространения и характера поляризации приводит к тому, что лучи света, преломляясь на поверхности среды, раздваиваются. Это явление называют двойным лучепреломлением.

Анизотропия среды может быть обусловлена как анизотропией молекул, составляющих ее, так и характером их взаимного расположения. Однако нет прямой зависимости анизотропии среды от анизотропных свойств элементов, составляющих ее.

Существуют среды, состоящие из анизотропных элементов, являющиеся изотропными. Обычно при хаотической ориентации молекул вещество является изотропным или почти изотропным.

Оптической анизотропией обладают многие биологические ткани и, даже, целые организмы. Выраженной анизотропией обладают, например, мышечная и костная ткань. Миофибриллы поперечнополосатых мышечных волокон при микроскопии в поляризованном свете обнаруживают двулучепреломление.

Оптической анизотропией обладают волокна некоторых растений, отдельные части клеток, хлоропласты. Структура биологических объектов сложнее кристаллической, это не простая периодичность элементов, а сложная картина двулучепреломления, меняющаяся в процессе жизнедеятельности структур и различная в разных частях этих структур.

Наибольший интерес представляет анизотропия, вызванная механическими деформациями (растяжением, сжатием, тугим зажатием в оправу). При этом изотропные тела становятся оптически анизотропными, а анизотропные - меняют свою анизотропию.

Это явление названо фотоупругостью или пъезооптическим эффектом. Физическая причина фотоупругости заключается в деформации электронных оболочек атомов и молекул, ориентации оптически анизотропных молекул, раскручивании и ориентировании значительных участков полимерных цепей, ориентации кристаллических участков и проч.

При исследовании оптически анизотропных сред в поляризованном белом свете на них наблюдаются ярко окрашенные интерференционные картины в виде цветных полос, форма которых зависит от характера анизотропии.

Всем точкам среды, в которых величина напряжений будет одинаковой, будет соответствовать одна и та же разность хода для света любой длины волны, окраска изображения для всех таких точек будет одинаковой.

Геометрическое место таких точек называется **изохромой**. Темные полосы, пересекающие интерференционную картину, называются **изоклинами**.

Анализируя форму изохром и изоклин, можно получать информацию о характере оптической анизотропии вещества.

Большой интерес представляет исследование тканей глаза в поляризованном свете, поскольку все они, в большей или меньшей степени, обладают оптической анизотропией, которая проявляется при их взаимодействии с поляризованным светом.

Своими анизотропными свойствами роговица, склера и сосудистая оболочка глаза обязаны коллагеновым волокнам. Коллаген является регулярной структурой с упорядоченным расположением волокон, что обусловливает его оптические свойства.

Нерегулярные коллагеновые волокна, идущие параллельно поверхности глазного яблока, были обнаружены в эписклере. В склеральной строме поляризованный свет дал возможность проследить направление нервов, обладающих не большим двулучепреломлением.

Установлено, что волокна соединительных и нервных тканей, состоящие из сочетания протеиновых цепей в форме мицелл, обладают двойным лучепреломлением, причем оптическая ось параллельна оси волокна.

Впервые оптическая анизотропия роговой оболочки глаза была описана Д. Брюстером в 1815 году. В 1861 году было произведено первое детальное изучение изолированной роговицы в скрещенных поляроидах и описана интерференционная картина на ней в виде темного креста по центру и цветных колец по периферии.

Наблюдаемая картина была сходна с картиной на одноосных кристаллах в поляризованном свете, что вызвало предположение, что роговица ведет себя подобно изогнутой кристаллической пластинке, оптическая ось которой перпендикулярна ее поверхности.

Новый подход к вопросам оптической анизотропии роговой оболочки глаза предложил F. Zandman в 1966 году.

Он провел изучение интерференционных картин на роговой оболочке живого глаза и указал на возможность использовать их для диагностики. Было отмечено, что фотоупругие свойства роговой оболочки глаза зависят от ее состояния и существенно изменяются при различных патологических процессах.

Основной целью работы была разработка способа измерения внутриглазного давления без контакта датчиков с роговицей. В работе был установлен вид интерференционной картины на роговой оболочке здорового глаза и указаны основные факторы, формирующие интерференционную картину.

Это растягивающее действие глазодвигательных мышц и внутриглазного давления, а также вязко-упругие свойства анизотропных волокон роговицы.

Как было описано ранее, роговая оболочка глаза оптически анизотропна, причем анизотропия складывается из двух частей - статической и динамической.

Статическая обусловлена:

структурой роговичного коллагена;

взаиморасположением его волокон в ткани роговицы;

формой самой роговицы;

Динамическая связана с уровнем внутриглазного давления и анатомо-функциональным состоянием глазодвигательных мышц (т.е. имеет фотоупругую природу).

Оптическая анизотропия любого вещества или конструкции может быть обнаружена и исследована в поляризованном свете.

При освещении оптически анизотропного вещества поляризованным светом и рассматривании его через поляроид на нем наблюдается интерференционная картина, которая может быть различной, т.е. представлять собой набор полос или световых пятен. Если исследование проводится в поляризованном белом свете, то интерференционная картина, обычно, ярко окрашена.

При освещении роговой оболочки живого глаза поляризованным белым светом, на ней наблюдается специфическая интерференционная картина, представляющая собой темный крест, образованный двумя гиперболами, по центру картины и радужно окрашенную фигуру в форме ромба по периферии.

Поскольку экраном для наблюдения картины служит радужка, которая у разных людей имеет различную окраску, цветовой состав интерференционной картины у разных людей различается.

Форма картины, тоже, может быть различной, что обусловлено различиями в структурно-функциональной организации экстраокулярных мышц глаза, наличием роговичного астигматизма или повышением внутриглазного давления.

Биомикроскопия осуществляется с помощью роговичного микроскопа типа ЩЛ-56, состоящего из осветителя, который дает щелевой пучок света различной толщины, бинокулярного микроскопа и координатного столика.

В основной части прибора – осветителе – находится электрическая лампа СЦ-69 (6 В, 25 Вт), питающаяся от электрической сети с напряжением 127 или 220 В через понижающий трансформатор.

При помощи щелевой лампы можно получить не только вертикальную, но и горизонтальную щель. Посредством диафрагмы регулируется длина и ширина щели – от 0,06 до 8 мм.

Голова испытуемого фиксируется с помощью специальной подставки, имеющей упоры для лба и подбородка. Осветитель, микроскоп и исследуемый глаз должны находиться на одном уровне.

Исследователь рассматривает глаз через бинокулярный микроскоп, изменяя ширину щели осветителя, увеличение микроскопа, спектральный состав света.

Специальная диафрагма на осветителе позволяет менять ширину световой щели (от полностью открытого осветителя, когда освещена вся поверхность глазного яблока, до узкого пучка, что позволяет увидеть оптический срез на полупрозрачных и прозрачных тканях глаза). Щелевая лампа типа ЩЛ-56 оснащена набором цветных светофильтров, которые можно вводить в систему осветителя путем вращения барабана.

Для проведения исследований в поляризованном свете поляризационные фильтры закрепляются в скрещенном положении на осветителе (поляризатор) и в канале окуляров (анализатор), причем один из них ориентируется строго по вертикали, а второй - по горизонтали.

Роговая оболочка освещается поляризованным белым светом, и интерференционная картина при этом имеет радужную окраску. Визуальные исследования интерференционных картин на роговой оболочке глаза проводятся при увеличении в 5 или 9 раз и полностью открытой диафрагме осветителя.

В проходящем свете исследуют все прозрачные среды глаза: роговицу, влагу передней камеры, хрусталик, стекловидное тело. Для этих целей используется такая методика, как **офтальмоскопия**. Для проведения исследования внутренних структур глаза пациенту предварительно расширяют зрачок.

Пучок света, пройдя через прозрачные среды глаза, отражается от глазного дна. Часть отраженных лучей через отверстие офтальмоскопа попадает в глаз врача; зрачок больного при этом «загорается» красным цветом.

Свечение зрачка основано на законе сопряженных фокусов. Красный цвет обуславливает сосудистая оболочка, наполненная кровью. Если на пути светового пучка, отраженного из глаза испытуемого, встретятся помутнения, то в зависимости от формы и плотности они задержат часть лучей и на красном фоне зрачка появятся либо темные пятна, либо полосы и диффузное затемнение.

При отсутствии помутнений в роговице и передней камере возникающие тени будут обуславливаться помутнениями хрусталика или стекловидного тела.

Исследование в проходящим свете дает лишь отражение от глазного дна. Для того чтобы рассмотреть детали сетчатки, зрительного нерва и хориоидеи применяют офтальмоскопию в обратном или прямом виде.

Офтальмоскопия в обратном виде производится в затемненном помещении с помощью офтальмоскопа, лупы 13,0 D и источника света. При такой офтальмоскопии видно не само глазное дно, а его мнимое изображение.

Для непосредственного осмотра дна глаза применяют офтальмоскопию в прямом виде, которая выполняется с помощью ручного электроофтальмоскопа. В ручке прибора в качестве источника света помещается электролампа. В настоящее время в электроофтальмоскопах используется волоконная оптика.

Исследование картины глазного дна позволяет выявить такую патологию, как глаукома, осложненная близорукость, дистрофические, воспалительные и метастатические изменения сетчатки, хориоретиниты, ангиопатии, ретинопатии, отслойки сетчатки.

Кроме того, при осмотре диска зрительного нерва определяется такая патология, как воспаления, ретробульбарный неврит, застойный диск, атрофия зрительного нерва, опухоли зрительного нерва.

Для фоторегистрации картин глазного дна используется устройство, называемое ретинофот.

Кроме неинвазивных методов оптических исследований в офтальмологии применяются и инвазивные методы, например метод **флюоресцентной ангиографии**.

Первоначально он применялся только для исследования кровеносных сосудов глазного дна, а в настоящее время и для исследования кровообращения в сосудах радужной оболочки, роговицы, склеры.

Сущность метода флюоресцентной ангиографии, как глазного дна, так и переднего отдела глаза заключается в том, что пациенту вводят внутривенно раствор красителя - флюоресцеина и затем производят серию фотоснимков.

Для этого необходимы определенные условия. На источнике освещения должен быть установлен темно-синий осветительный светофильтр, пропускающий только синие, фиолетовые и часть ультрафиолетовых лучей с длиной волны более 350 нм.

Под влиянием такого освещения флюоресцеин, проходящий вместе с кровью по сосудам, излучает желто-зеленый свет.

Для того чтобы это сравнительно слабое свечение не было подавлено отраженным от объекта сине-фиолетовым светом, перед объективом фотокамеры устанавливают так называемый запирающий светофильтр, почти полностью поглощающий отраженный сине-фиолетовый свет, но свободно пропускающий желто-зеленую флюоресценцию.

Таким образом, флюоресцирующие кровеносные сосуды оказываются светлыми на более темном фоне.

Все современные приборы, предназначенные для фотосъемки глазного дна, рассчитаны на выполнение флюоресцентной ангиографии и снабжены соответствующими светофильтрами, оптимальная частота фотосъемки 1-2 снимка в секунду.