

Современные методы визуализации диска зрительного нерва в диагностике глаукомы

УДК 617.7-007.681:617.732-07-

071 Поступила в редакцию

12.02.2010

Резюме

Изучение топографической структуры диска зрительного нерва является приобретенным направлением в современной диагностике и мониторинге у пациентов с глаукомой, в том числе и в связи с доказанным фактом приоритета структурных изменений перед функциональными, что может быть особенно информативно на ранних стадиях болезни. В последние десятилетия появились принципиально новые диагностические методы, позволяющие получить объективную информацию о состоянии внутренних структур глаза. Наиболее распространенными методами оценки толщины слоя нервных волокон в практической клинической работе являются оптическая когерентная томография (прибор "OCT Stratus фирмы Carl Zeiss), сканирующая лазерная поляриметрия (прибор GDx VCC фирмы Carl Zeiss) и конфокальная сканирующая лазерная офтальмоскопия (прибор HRT II - Heidelberg Retina Tomograph). Все методы отличаются высокой точностью не только в диагностике ранних глаукомных изменений слоя нервных волокон, но и в оценке динамики их развития. В статье рассматриваются особенности каждого из вышеперечисленных методов исследования.

Ключевые слова: глаукома, глаукомная оптическая нейропатия, диск зрительного нерва (ДЗН), поле зрения, оптическая когерентная томография, сканирующая лазерная поляриметрия, конфокальная сканирующая лазерная офтальмоскопия.

Традиционный интерес к проблеме глаукомы со стороны офтальмологов объясняется высокой частотой, значительным разнообразием клинических форм, трудностями ранней диагностики и лечения (Нестеров А.П., 1995, 1999). Проблема раннего выявления глаукомы остается одной из наиболее сложных и офтальмологии. По мере эволюции знаний о механизмах развития данного заболевания происходило переосмысление диагностических подходов [1,2]. Ранняя диагностика глаукомы сопряжена со значительными трудностями, так как ни один из диагностических симптомов не является характерным только для глау-

комы, а диагностические тесты недостаточно чувствительны и к тому же не вполне специфичны. В связи с этим диагностика глаукомы должна основываться на оценке совокупности симптомов и результатов проб [3]. Согласно современным представлениям о патогенезе первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ), главным симптомом глаукомы считается наличие глаукомной оптической нейропатии (ГОН), сопровождающейся развитием структурных изменений диска зрительного нерва (ДЗН) и патологическими изменениями поля зрения [1, 4]. Во многих отношениях исследование диска зрительного нерва уникально, поскольку оно дает возможность в микроскопических масштабах напрямую наблюдать результаты прогрессирования глаукомной оптической нейропатии. Изучение топографической структуры ДЗН является приоритетным направлением в современной диагностике и мониторинге у пациентов с глаукомой, в том числе и в связи с доказанным фактом приоритета структурных изменений перед функциональными, что может быть особенно информативно на ранних стадиях болезни [3,5].

Именно методы визуализации ДЗН и слоя нервных волокон наиболее динамично и эффективно развиваются в последние годы [1, 6, 7]. Лишь в последние десятилетия появились принципиально новые диагностические методы, позволяющие получить объективную информацию о состоянии внутренних структур глаза. В последние годы наиболее распространенными методами оценки толщины слоя нервных волокон (СНВ) в практической клинической работе являются оптическая когерентная томография (прибор «OCT Stratus» фирмы Carl Zeiss), сканирующая лазерная поляриметрия (прибор GDx VCC фирмы Carl Zeiss) и конфокальная сканирующая лазерная офтальмоскопия (прибор HRT II - Heidelberg Retina Tomograph). По данным литературы, все методы отличаются высокой точностью не только в диагностике ранних глаукомных изменений слоя нервных волокон, но и в оценке динамики их развития. Установлено, что морфологические изменения структуры СНВ предшествуют появлению основных функционально-диагностических признаков глаукомы - патологических изменений полей зрения [1,2,6]. Ассоциация международных глаукомных обществ рекомендует считать применение объективных методов исследования ДЗН при глаукоме как рутинные [8].

В последнее время в профессиональной печати стали заметны статьи, посвященные изучению и анализу морфометрической структуры ДЗН с применением современной диагностической аппаратуры, однако публикуемые в них данные зачастую противоречивы [7]. Тому есть множество объяснений: глаукома мультифакторное заболевание, и ее своевременная диагностика и мониторинг сталкиваются с объективными трудностями, например, из-за огромного многообразия так называемых нормальных ДЗН. Именно поэтому исследователи и производители регулярно вводят новые типы анализов, таким образом повышая информативность и достоверность обрабатываемых результатов [1,7].

Конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия

Конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия - это высокоскоростная неинвазивная технология, использующая методику сканирования тканей при помощи специально сфокусированного лазер-

ного луча и позволяющая получать реалистичные изображения глазного дна с высочайшим качеством разрешения [9]. Суть метода заключается в измерении потока света, отраженного от определенной плоскости, перпендикулярной к оси посылаемого луча [1]. Конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия выполняется с помощью Хейдельбергского ретинального томографа (Heidelberg retina tomograph, HRT, Германия) [3]. В стандартное программное обеспечение HRT включен ряд функций, использование которых позволяет проводить детальную локальную диагностику мельчайших изменений ультраструктуры ДЗН: воспроизводит объемные графические изображения, обеспечивает количественный анализ изменений, наблюдаемых при патологических процессах (размер, контур и форму ДЗН, нейроретинального пояска, экскавации, а также измерений перипапиллярной сетчатки и слоя ретинальных нервных волокон). Метод отличается высокой чувствительностью (62-78%) и специфичностью (80-96%) [3, 9]. Точность методики базируется на оптическом законе конфокальности: свет, отраженный от заданной плоскости, минует диафрагму, помещенную перед детектором, и учитывается аппаратом, а свет, который отражен плоскостями, находящимися вне заданной, - поглощается ею. Для получения изображений HRT используют быстрое сканирование диодным лазером с длиной волны 670-675 нм. Сканирование и получение изображений происходят неинвазивно, в режиме реального времени, при низком уровне освещенности, как правило, без необходимости медикаментозного мидриаза. Наиболее значимыми параметрами при диагностике глаукомы являются: площадь нейроретинального пояска (НРП) ($1,489 \pm 0,291 \text{ мм}^2$), объем нейроретинального пояска ($0,362 \pm 0,124 \text{ мм}^3$), объемный продольно-контурной линии ($0,384 \pm 0,087 \text{ мм}$), средняя толщина слоя нервных волокон сетчатки ($0,244 \pm 0,063 \text{ мм}$). В скобках указаны нормальные значения. Индивидуальные параметры пациентов весьма переменны и даже при наличии глаукоматозного повреждения могут находиться в пределах нормы, поэтому значения указанных параметров являются ориентировочными [3]. Было установлено, что при повышении уровня ВГД на 10 мм рт. ст. средняя глубина экскавации увеличивалась на 25,40 и более мкм. В первом случае следует говорить о нормальной устойчивости ДЗН, а если экскавация увеличивается более чем на 40 мкм — о сниженной устойчивости. Сниженная устойчивость была выявлена у пациентов с установленным диагнозом глаукомы [9].

При оценке результатов лазерного сканирования ДЗН выделяют шесть фаз, характеризующих его состояние. Первые две - норма и пограничные изменения, четыре следующих отражают последовательные изменения ДЗН при глаукоме. Чрезвычайно важное значение играет конфигурация профиля ДЗН, которая имеет характерный «двугорбый» вид, соответствующий наибольшей толщине нервной ткани в верхней и нижней частях ДЗН. Этот профиль постепенно сглаживается по мере прогрессирования атрофии нервных волокон и приближается к базовой линии, или референтной плоскости, и даже опускается ниже ее по мере прогрессирования экскавации ДЗН. По мере прогрессирования глаукомного процесса HRT выявляет сглаживание профиля ДЗН, увеличение экскавации ДЗН, истончение невральное ободка. Для про-

двинутых стадий глаукомы характерна более высокая визуализация мелких кровеносных сосудов, ранее скрытых слоем нервных волокон. Полезным оказывается и сравнение изображений ДЗН, закодированных цветом. Если в норме экскавация окружена широким невральным ободком, то по мере прогрессирования процесса становится заметным расширение площади экскавации и уменьшение площади неврального ободка. Оценивая в динамике данные изменения, можно получить представление о скорости прогрессирования заболевания, что важно при выборе тактики лечения [1, 3].

Преимущества метода заключаются в возможности исследования всех топографических структур: ретинальных нервных волокон, нейроретинального пояса и экскавации, высокое качество изображения, возможность динамического наблюдения, быстрота исследования, простота выполнения, неинвазивность и др. Недостатками метода следует считать невозможность его применения при непрозрачных оптических средах, в продвинутых стадиях заболевания применение метода ограничено ввиду сужения полей зрения и отсутствия должной фиксации взора у пациента [1,2,3]. Таким образом, внедрение в практику ретинотомографов позволило перейти к непосредственной оценке изменений ДЗН и сопоставлению этих изменений с результатами функциональных проб в реальном времени [9]. Новые доказательства эффективности продолжительного мониторинга состояния ДЗН при помощи ретинотомографии послужат улучшению понимания не только патофизиологии глаукомы, оценки рисков прогрессирования ГОН и взаимоотношений между структурными и функциональными изменениями, но также позволят более правильно назначать и корректировать, при необходимости, терапию либо переходить к другим более радикальным методам лечения. Такой подход дает возможность индивидуализировать методы лечения уже хотя бы потому, что в микроскопических масштабах можно контролировать прогрессию болезни (естественно, при соблюдении ряда условий).

Однако необходимо помнить, что все полученные данные всегда следует интерпретировать в контексте клинической истории болезни, заключений обследования и результатов прочих тестов. HRT - эффективный инструмент клинического наблюдения, подлежащий использованию совместно с другими исследованиями. При этом всегда следует помнить, что никакие машины, пусть самые умные и точные, не могут заменить тщательной клинической оценки, доступной клиницисту [1, 9].

Оптическая когерентная томография

В последнее десятилетие все большее значение в исследованиях сетчатки и головки зрительного нерва (ГЗН) приобретает оптическая когерентная томография (ОКТ), позволяющая получать детальные поперечные срезы изучаемых структур глазного дна. Как правило, используют прибор «Stratus OCT 3000» (Carl Zeiss Meditec Inc., США) [10]. Оптическая когерентная томография позволяет визуализировать микроструктуру ткани в режиме реального времени без необходимости проведения биопсии и гистопатологии. В настоящее время ОКТ является признанным диагностическим методом для распознавания и на-

В целом, ретинотомография предлагает быстрый и легкий метод получения количественных данных о зрительном нерве, дополняя другие методики клинического обследования при диагностике глаукомы, подозрений на глаукому или офтальмогипертензию.

блюдения офтальмологических заболеваний. Полезной ОКТ представляется для диагностики и мониторинга таких состояний, как глаукомное поражение зрительного нерва [11]. Для исследования используется низкокогерентный луч (длина волны 840 нм), позволяющий получить двухмерное изображение сетчатки [1].

Упрощенно принцип ОКТ может быть представлен следующим образом. Световой поток от когерентного источника света разделяют на два пучка, один из которых отражается исследуемым объектом (глазом), в то время как другой проходит по референтному (сравнительному) пути внутри прибора и отражается специальным зеркалом [10]. Использование второго -рефлектирующего луча - обеспечивает высокую разрешающую способность данного метода сравняв с прижизненным гистологическим исследованием сетчатки [1]. При наложении отраженных пучков получают интерференционный сигнал, анализ временных сдвигов в котором и дает характеристику тканевых структур глаза [10]. Изображение, получаемое в результате сканирования, представляет собой цветовую карту, на которой темными цветами(черным и синим) изображены зоны с низким отражением, а яркие цвета (красный и белый) соответствуют зонам с высоким отражением. Результаты сканирования представлены следующими основными параметрами: площадью ДЗН и невральное ободка, площадью экскаваций и различными соотношениями, например, отношением площади экскавации к площади ДЗН и т.д. Даются результирующие значения - средняя толщина слоя нервных волокон, максимальная толщина в верхнем и нижнем квадрантах [1].

При глаукоме ОКТ позволяет оценить структурные изменения ДЗН и слоя нервных волокон и проследить динамику этих изменений. Диагностическая точность измерения слоя нервных волокон достигает более 90% при специфичности исследования в 90, поэтому измерение толщины слоя нервных волокон является обязательным при подозрении на глаукому и при наблюдении пациентов с глаукомой [11]. Установлено, что и объем, и площадь нейроретинального пояса существенно изменяются по мере прогрессирования глаукомы. При глаукоме наблюдается расширение площади и углубление экскавации, что ведет к увеличению соотношения площади экскавации к площади зрительного нерва (больше 0,42 при анализе параметром диска зрительного нерва с использованием ОКТ). Поперечные срезы диска зрительного нерва позволяют оценить в абсолютных цифрах (мкм) положение уровня нейроретинального пояса височной половины диска зрительного нерва по отношению к перипапиллярной сетчатке. Феномен "западания височной половины» ДЗН по мнению Волкова В.В.(2001) является ранним характерным признаком глаукомной атрофии и предшествует другим изменениям в 56% случаев. По данным ОКТ, значимым является западание более 40 мкм [12]. При глаукоме наблюдаем я уменьшение средней перипапиллярной толщины слоя нервных волокон, поражение затрагивает все квадранты, однако в начальной стадии выявляется истончение преимущественно в нижнем квадранте [11]. Проведение оптической когерентной томографии диска зрительного нерва позволяет оценить объем нейроретинального пояса, который является интегральным показателем, зависящим от объема, глубины, формы экскавации, разме-

ров диска зрительного нерва, имеющих явления отека или атрофии нервных волокон. У здоровых лиц, согласно полученным данным, этот показатель находится в пределах 0,38-0,85 мм³ и асимметрия с парным глазом не превышает 0,12 мм³.

У пациентов с начальной стадией глаукомы наблюдается постепенное уменьшение объема нейроретинального пояска. Диагностически значимыми следует считать размеры нейроретинального пояска менее 0,31 мм³ (по данным ОКТ), свидетельствующие о явлениях истончения и частичной атрофии нервных волокон диска зрительного нерва. Объем НРП 0,31-0,38 мм³ (при средних размерах диска зрительного нерва) требует комплексной оценки и дальнейшего наблюдения. Асимметрия объема нейроретинального пояска 0,12 мм³ и более при отсутствии значимой асимметрии размеров дисков зрительных нервов парных глаз или явлениях отека ДЗН на одном глазу свидетельствует в пользу атрофии нейроретинального пояска в глазу с меньшим объемом НРП. ОКТ дает возможность исследовать толщину и структуру перипапиллярных нервных волокон. ОКТ позволяет оценить абсолютную толщину нервных волокон в каждом сегменте и произвести сравнительную оценку толщины перипапиллярных нервных волокон парных глаз, а также сопоставить возможные участки истончения с площадью и объемом нейроретинального пояска диска зрительного нерва [12].

При глаукоме уменьшается и толщина сетчатки в макулярной зоне.

Структурно в макулярной области при глаукоме выявляются изменения отдельных ретинальных слоев: значительное уменьшение толщины нервных волокон, ганглиозных клеток и внутреннего сетчатого слоя, незначительно уменьшается толщина внутреннего ядерного слоя [11]. Принципиальный недостаток метода: свет сильно рассеивается или поглощается в большинстве биологических тканей, возможность получить изображения ограничивается тенями. С другой стороны, ОКТ является бесконтактным методом, кроме того, ОКТ стандартного разрешения в офтальмологии имеет аксиальное разрешение примерно в 10 микрон, что примерно в 10-20 раз меньше, чем у стандартного изображения ультразвукового В-скана [11]. При повторных обследованиях пациента возможность оценки изменений параметров диска зрительного нерва в абсолютных числах сводит к минимуму вероятность ошибки и позволяет оценить адекватность проводимой терапии. То есть, на основе результатов, получаемых с использованием ОКТ, возможно объективно оценить площадь диска зрительного нерва и экскавации, объем экскавации, состояние нейроретинального пояска и перипапиллярных нервных волокон. Таким образом, оптическая когерентная томография является методом, позволяющим на раннем этапе диагностировать изменения диска зрительного нерва глаукомного генеза, в том числе при глаукоме с псевдонормальным давлением. Клинически ценным является возможность достоверно отследить изменения различных параметров диска зрительного нерва в процессе проводимого лечения [12].

Сканирующая лазерная поляриметрия слоя нервных волокон

Оценка толщины слоя нервных волокон заслуживает особого внимания, поскольку именно с возникновением дефектов нервных волокон в перипапиллярной зоне начинается глаукомное поражение [1]. Уменьшение толщины слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне

В современном приборе используется лазер с длиной волны 820 нм, что позволяет проводить исследования даже при наличии непрозрачного хрусталика.

сетчатки - один из наиболее важных критериев диагностики глаукомного процесса. Динамические изменения этого показателя имеют большое значение для мониторинга глаукомной оптической нейропатии. Исследование проводится на приборе GDx VCC фирмы Carl Zeiss. Метод сканирующей лазерной поляриметрии теоретически является наиболее адекватным и точным для оценки толщины упорядоченных волокнистых структур, в частности, слоя нервных волокон сетчатки [6]. По данным Н.И. Курьшевой (2007), структурные изменения ДЗН могут быть выявлены в среднем на 6 лет раньше, чем функциональные [2]. Когда поляризованный свет встречает структурированную определенным образом поверхность, например, слой аксонов, световой луч разделяется на два, при этом раздвоенные лучи располагаются перпендикулярно друг другу. Скорость прохождения этих двух световых лучей через структуру объекта неодинакова. Свет проходит через одну поляризации медленнее, чем через другую (эффект замедления) [1]. Поперечная «часть» светового потока задерживается по сравнению с продольным распространением света, и по величине этой задержки оценивается толщина слоя нервных волокон [6], то есть, благодаря своему особому расположению в нервных пучках аксоны обеспечивают двойное лучепреломление и вызывают замедление проходящего через них поляризованного света. Это замедление прямо пропорционально количеству нервных волокон [1]. Для устранения искажений, вносимых другими упорядоченными волокнистыми структурами - роговица и, в определенной мере, хрусталик обладают способностью к двойному лучепреломлению.-прибор оснащен переменным роговичным компенсатором (VCC - variable corneal compensator), который нейтрализует вклад данных оптических структур в процесс замедления поляризованного света, что значительно повышает точность получаемых результатов [1,6].

К ограничениям метода следует отнести наличие у пациента ни-стагма, обширной зоны перипапиллярной атрофии, а также изменения роговицы в связи с ранее выполненными рефракционными операциями. Определенные ограничения вносят также аномалии рефракции (миопия выше 10,0 Д и гиперметропия выше 5,0 Д). Важнейшим достоинством метода является возможность сравнения полученных результатов с аналогичными параметрами и здоровой популяции. В то же время следует иметь в виду высокую вариабельность толщины слоя нервных волокон сетчатки в здоровой популяции. Наряду с исследуемой толщиной слоя нервных волокон учитываются и другие показатели, например, их распределение по секторам [1]. протокол исследования содержит кодированную цветовую карту толщины СНВ, а также отражает статистическое сравнение результатов конкретного пациента с нормативной базой данных, полученных на большой группе здоровых испытуемых различных возрастных групп и этнической принадлежности. По результатам этого сравнения оценивается статистическая достоверность выявленных отклонений от нормальных значений. Толщина СНВ измеряется по окружности концентрично диску зрительного нерва; в нижней части протокола приведены графики развертки толщины СНВ в височном-верхнем-назальном-нижнем височном (TSNIT - Temporal-Superior-Nasal-Inferior-Temporal) сегментах перипапиллярной области [6]. В верхней части протокола находится таблица, которая содержит

интегральные показатели толщины СНВ в среднем по всей окружности, в верхнем и нижнем сегментах - показатель асимметрии между правым и левым глазом. Цветовая шкала обозначает статистическую достоверность отклонения полученных данных от нормативной базы данных. Белым цветом обозначаются значения, находящиеся в пределах нормы; синим, голубым, желтым и красным - отличия от нормы с показателями достоверности соответственно $p < 0,05$; $p < 0,02$; $p < 0,01$ и $p < 0,005$. График имеет характерный «двугорбый вид» - толщина СНВ больше в верхнем и нижнем сегментах, чем в носовом и височном [1, 6]. Фирма Carl Zeiss Meditec (Dublin, Германия-США) использовала в своем сканирующем лазерном поляриметре сложный статистический математический показатель, названный «индексом нервных волокон» (NFI, nerve fiber index), оценивающий состояние перипапиллярной сетчатки по всей окружности ДЗН. Результатами указанного индикатора являются цифровые показатели, указывающие на вероятность, с которой обследуемый может быть отнесен к популяции с начальной глаукомой. Отметим, что до сих пор цифровые границы состояний четко не определены (как, собственно и разделение глаукомы по стадиям), в связи с чем в прессе наблюдается дискуссия [7]. NFI - сложный статистический математический показатель, составляющий в норме 1 -30; значения 30-50 считаются пограничными, а NFI >50 достоверно свидетельствует о наличии патологических изменений [1, 6].

Важным аспектом любого диагностического метода является его способность отслеживать динамические изменения в процессе развития заболевания или после проведенного лечения. Программное обеспечение прибора GDx VCC предусматривает автоматическое сравнение ранее полученных результатов с последующими и статистическую оценку достоверности выявленных динамических изменений. По данным литературы, исследование толщины слоя нервных волокон методом сканирующей лазерной поляриметрии является достаточно простым, быстрым и, вместе с тем, высокоточным и достоверным способом за ранней диагностики глаукомы. Величина «индекса нервных волокон» позволяет провести четкую границу между нормальным и патологическим состоянием СНВ [6].

Несмотря на несомненные положительные стороны современных методов визуализации в ранней диагностике глаукомы, не стоит их переоценивать. Ориентируясь только лишь на методы визуализации, легко ошибочно диагностировать глаукому там, где ее нет. Современные технологии, позволяющие рано, на доклинической стадии, определить структурные или функциональные нарушения при глаукоме, являются неоценимым подспорьем в раннем выявлении данного заболевания, однако оценить результаты необходимо в комплексе с данными клинического обследования [1, 2].

По данным литературы, в половине случаев, когда нарушения полей зрения еще не выявляются, индекс NFI уже превышает 40. Поэтому предлагается рассматривать определение NFI как наиболее раннего предиктора прогрессирования заболевания [2].

Resume

Dravitsa L.V., Konoplyanik E.V.
Educational establishment «Gomel State Medical University»

The modern methods of visualization of the disc of optic nerve in the diagnostics of glaucoma

The study of the topographic structure of the disc of optic nerve is a priority direction in the present-day diagnostics and monitoring of the patients with glaucoma, also because of the proved fact of priority of the structural changes before functional, which may be especially informative at the early stages of the disease. During the last decades the principally new diagnostic methods, with the help of which one can get objective information about the condition of the inner eye structures, have appeared. The most widespread assessment methods of the thickness of nerve fibre layers in the practical clinical work are optic coherent tomography (appliance «OCT Status" of the firm Carl Zeiss), scanning laser polarimetry (appliance GDxVCC of the firm Carl Zeiss) and confocal scanning ophthalmoscopy (appliance HRT - Heidelberg Retina Tomograph). All the methods are remarkable for their precision not only in the diagnostics of the early glaucoma modifications of the nerve fibre layers, but also in the dynamics of their development. In the article the properties of each of the above-listed methods of research have been examined.

Key words: glaucoma, glaucomal optic neuropathy, disc of optic nerve, field of vision, optic coherent tomography, scanning laser polarimetry, confocal scanning ophthalmoscopy.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. Курышева Н.И. Глаукомная оптическая нейропатия / Н.И. Курышева. - М.: МЕДпресс-информ, 2006. - 136 с.
2. Роль методов визуализации диска зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки в ранней диагностике глаукомы/Н.И. Курышева//Глаукома. - 2007. - N 1. - С.16-21.
3. Нестеров А.П. Глаукома / А.П. Нестеров.- М.-.000 «Медицинское информационное агентство», 2008. - 360 с.
4. Параметры диска зрительного нерва при различных стадиях открытоугольной глаукомы глаукомы по данным лазерного сканирующего ретинотомографа HRT II / В.Ф.Мачехин [и др.] // Глау-кома. - 2005. - №4.
5. Волков В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении / В.В. Волков. -М.: Медицина, 2001. - 350 с.
6. Ранняя диагностика и контроль динамики прогрессирования глаукомы методом сканирующей лазерной поляриметрии (GDxVCC) / М.А. Руднева // Глаукома. - №4. - С. 41 -44.

7. Индикаторы информативности развития глаукомы при структурно-топографическом анализе диска зрительного нерва (на примере изучения результатов лазерной поляриметрии и компьютерной ретинотомографии) / А.В. Куроедов [и др.] // Глаукома. - 2007. - №3. - С. 10-16.
8. Некоторые корреляционные взаимоотношения параметров ретинотомографического исследования / В.П. Еричев [и др.] // Глаукома. - 2006. - №2. - С. 24-28.
9. Компьютерная ретинотомография (HRT): дополнительные возможности и перспективы применения / А.В. Куроедов // Глаукома. - 2007. - №4. - С. 38-52.
10. Трехмерная оптическая когерентная томография высокого разрешения / А.А. Шлак [и др.] // Офтальмохирургия. - 2007. - №3. - С. 61-65.
11. Оптическая когерентная томография заднего отрезка глаза при заболеваниях зрительно-го нерва : учеб.-метод. пособие: / Бел. мед. акад. последиплом. образования ; авт.-сост. Т.А. Имшенецкая [и др.]. - Минск, 2009. - 40 с.
12. Оптическая когерентная томография как метод ранней оценки анатомо-структурных изменений диска зрительного нерва при глаукоме [Электронный ресурс] / И.Г. Неясова. -Режим доступа: http://www.sfe.ru/information/ophthalmology-news/kog_tom.html. - Дата доступа: 02.01.2009.