

ОЦЕНКА ЦВЕТНОСТИ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА В НОРМЕ И У БОЛЬНЫХ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ

В статье описан способ оценки цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва, отражающий его состояние и динамические изменения при первичной открытоугольной глаукоме, который может быть использован при наблюдении больных в качестве средства объективной оценки размеров экскавации и нейроретинального ободка диска зрительного нерва, а также для контроля степени деколорации диска зрительного нерва.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, диск зрительного нерва, фотодокументирование, динамическое наблюдение.

Актуальность

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) характеризуется прогрессивным течением, относится к числу наиболее распространенных заболеваний органа зрения и занимает лидирующую позицию в причинах инвалидности по зрению [1], [2], [3]. Одними из ведущих критериев прогрессирующего течения ПОУГ является деколорация диска зрительного нерва (ДЗН) и увеличение площади его экскавации [4]. В настоящее время для оценки этих параметров применяют такие способы, как HRT (Heidelberg Retina Tomograph, гейдельбергская ретинальная томография) и OCT (Optical Coherence Tomography, оптическая когерентная томография) [5]. Однако в ходе данных исследований не может быть количественно оценена степень деколорации ДЗН, а также автоматизированное выделение границ ДЗН и экскавации и снижает точность исследования. Нами предложен «Способ оценки цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва» (заявка на патент РФ №2013157704 (089852) от 24.12.2013)

Цель

Разработать способ количественной оценки цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва в ходе анализа изображений, получаемых при фотодокументировании глазного дна здоровых лиц и больных ПОУГ.

Материалы и методы

Для разработки способа количественной оценки цветности и морфометрических показателей ДЗН проведено одномоментное когор-

тное исследование. Для достижения вышеуказанной цели проанализированы 1128 изображений глазного дна 243 пациентов (341 глаз), из них 107 глаз здоровых лиц и 234 глаза больных глаукомой, среди которых 140 снимков глазного дна больных с I стадией ПОУГ, 645 снимков – больных со II стадией и 236 снимков – больных с III стадией глаукомы. Всем пациентам, включенным в исследование, выполнялась офтальмоскопия с фотодокументированием глазного дна на мидриатической фундус-камере KOWA RC-XV3 (Япония).

Выборка больных с глаукомой включала 128 человек (234 глаза), 73 (57%) мужчины, 55 (43%) женщин в возрасте от 40 до 70 лет, средний возраст составил $59,0 \pm 6,8$ лет.

Оценка изображения глазного дна в области ДЗН производилась на персональном компьютере с помощью «Программы оценки цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва» (заявка на государственную регистрацию программы для ЭВМ №2014Э09702) с оценкой размеров ДЗН, экскавации и нейроретинального ободка (НРО) и количественным определением цветности ДЗН.

Оценку цветности по системе Red-Green-Blue (RGB) и морфометрических показателей ДЗН осуществляют следующим образом. Производится съемка глазного дна пациента с помощью фундус-камеры, оснащенной фотоаппаратом. Взгляд пациента фиксируется на внешнем фиксационном устройстве, позиция которого контролируется для получения четкого изображения глазного дна в области ДЗН. Съемка производится под увеличением 2,7 (угол 35°). Оценка изображения производится на персо-

нальном компьютере с помощью разработанной нами программы.

Первоначально вручную из файла с изображением глазного дна пациента выделяется зона интереса ДЗН (файл 1), в последующем из него (также вручную) выделяется следующая зона интереса – экскавация ДЗН (файл 2). Третья зона (область НРО) формируется за счет удаления зоны экскавации из зоны ДЗН. Каждый из трех файлов оценивается отдельно. Одновременно программа оценивает до 7 файлов, что удобно при обследовании пациента в динамике.

Программа считывает ширину и высоту рисунка, далее последовательно проходит по всем пикселям рисунка, суммируя в отдельных переменных все значения R, G и B каждого из пикселей. Если пиксель белого цвета, то значения цвета R, G, B не добавляются к суммам Sum(R), Sum(G), Sum(B). После этого мы получаем суммарные значения для каждого цвета Sum(R), Sum(G), Sum(B), и, разделив суммы составных цветов на общее количество пикселей, получаем значение среднего цвета: $Avg(R) = Sum(R)/N$, $Avg(G) = Sum(G)/N$, $Avg(B) = Sum(B)/N$. Затем программа вычисляет площадь, высоту и ширину экскавации в пикселях в графическом файле, запечатленного на рисунке (при этом все остальное пространство рисунка должно быть заполнено белым цветом). Площадь будет вычисляться именно по небелой зоне.

Третьим этапом вычисляется площадь и толщины НРО по восьми направлениям (верхний, нижний, носовой, височный, верхне-носовой, верхне-височный, нижне-носовой, нижне-височный сегменты). Вычисления также основаны на анализе небелого пространства рисунка.

Всем пациентам с ПОУГ выполнялось стандартное офтальмологическое обследование, которое включало в себя визометрию, кинетическую квантитативную периметрию, статическую компьютерную периметрию (СКП), биомикроскопию, обратную офтальмоскопию, офтальмотонометрию и тонографию, гониоскопию, определение порога электрической чувствительности и лабильности зрительного нерва. Кинетическую квантитативную периметрию выполняли на шаровом проекционном периметре Karl Zeiss Jena (Германия), СКП – на автоматизированном анализаторе поля зрения Humphrey-620 (США) с использованием программы порого-

вого тестирования светочувствительности сетчатки в пределах 30 градусов от точки фиксации (центр 30-2) и определением порога светочувствительности фовеолярной области. Тонометрические и тонографические исследования выполняли с помощью тонометров Маклакова. Определение порога электрической чувствительности (ПЭЧ) и лабильности зрительного нерва производилось с помощью электростимулятора офтальмологического микропроцессорного «ЭСОМ» (МНПП «НЕЙРОН», Уфа, Россия).

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6,0. Количественные и порядковые данные каждой из групп обработаны методами описательной статистики и представлены в виде средней арифметической и её стандартной ошибки ($M \pm m$). Показатели в группах сравнивали с помощью U-критерия Манна-Уитни. О значимости соответствующих взаимосвязей судили по коэффициентам корреляции Спирмена (R_s), различия считали достоверными при $p < 0,05$, описаны только достоверные корреляции. Для осуществления корреляционного анализа показателей цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва с клиническими и инструментальными параметрами, полученными при обследовании, была использована выборка больных с глаукомой.

Результаты и обсуждение

Данные количественной оценки цветности ДЗН в норме и у больных ПОУГ представлены в таблице 1.

Таким образом, при переходе первой стадии глаукомы во вторую происходит статистически значимое уменьшение показателя $Avg(R)$, характеризующего красный компонент цвета ДЗН. Площадь ДЗН достоверно увеличивается по мере прогрессирования глаукоматозного процесса, что согласуется с данными литературы [6].

При выполнении корреляционного анализа получена отрицательная корреляционная связь показателей $Avg(R)$ и $Avg(G)$ с возрастом пациента ($r_s = -0,15$ и $r_s = -0,11$ соответственно) и положительная $Avg(B)$ со стадией ПОУГ ($r_s = 0,07$).

Данные, полученные при оценке показателей экскавации ДЗН, представлены в таблице 2.

Таким образом, имеет место достоверное увеличение размеров и площади экскавации ДЗН у больных ПОУГ в сравнении со здоровы-

ми пациентами и по мере прогрессирования глаукомы, что может быть использовано при верификации диагноза начальной глаукомы и как критерий прогрессирования ПОУГ.

При корреляционном анализе показателей экскавации ДЗН получены следующие резуль-

таты. Отмечена положительная корреляционная связь площади экскавации ДЗН со стадией глаукомы и уровнем ВГД ($r_s = -0,50$ и $r_s = -0,34$ соответственно) и положительная связь отношения площади экскавации ДЗН к площади ДЗН с этими же показателями ($r_s = -0,49$ и $r_s = -0,3118$

Таблица 1. Показатели цветности ДЗН по системе RGB и площадь ДЗН, $M \pm m$

Показатель	Здоровые пациенты n=107 глаз	Больные ПОУГ		
		I стадия n=140 глаз	II стадия n=645 глаз	III стадия n=236 глаз
Avg(R)	134,7±3,1	137,8±3,0**	127,1±1,2**	130,9±2,2
Avg(G)	171,5±3,0	175,0±2,8	170,5±1,2	175,6±2,0
Avg(B)	222,8±2,62	223,8±2,0	225,6±0,7	225,6±1,3
Площадь ДЗН, пиксели	60049±1778*	63908±1811* **	77139±1380** * **	85829±2175***

* – достоверное отличие между группами здоровых пациентов и больных с I стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

** – достоверное отличие между группами больных с I и II стадиями ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

*** – достоверное отличие между группами больных со II и III стадиями ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

Таблица 2. Морфометрические показатели экскавации ДЗН, $M \pm m$

Показатель	Здоровые пациенты n=107 глаз	Больные ПОУГ		
		I стадия n=140 глаз	II стадия n=645 глаз	III стадия n=236 глаз
Площадь экскавации ДЗН, пиксели	11019±425*	16314±684***	28100±846*** **	41948±2048***
Высота экскавации ДЗН, пиксели	101,7±3,7*	119,5±3,4***	150,9±2,2*** **	175,6±4,6***
Ширина экскавации ДЗН, пиксели	103,8±3,9*	129,8±3,3***	162,4±2,2*** **	188,9±4,4***
Отношение площади экскавации ДЗН к площади ДЗН	0,19±0,01*	0,25±0,01***	0,35±0,01*** **	0,46±0,01***

* – отличие между группами здоровых пациентов и больных с I стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

** – отличие между группами больных с I стадией и больных со II стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

*** – отличие между группами больных со II стадией и больных с III стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

Таблица 3. Морфометрические показатели состояния нейроретинального ободка, $M \pm m$

Показатель	Здоровые пациенты n=107 глаз	Больные ПОУГ		
		I стадия n=140 глаз	II стадия n=645 глаз	III стадия n=236 глаз
Площадь НРО, пиксели	49029±1683	47593±1432	4903940±789	43880±1135***
Толщина НРО в верхнем сегменте, пиксели	86,64±3,2*	76,87±2,82,7**	80,56±1,4	78,77±2,3
Толщина НРО в нижнем сегменте, пиксели	85,83±3,1	84,37±2,4	80,93±1,5	79,90±2,4
Толщина НРО в височном сегменте, пиксели	75,26±3,3	78,01±2,9	79,70±1,3	72,26±2,3***
Толщина НРО в носовом сегменте, пиксели	97,23±2,9*	86,02±2,3**	86,82±1,3	77,37±2,3***
Толщина НРО в верхне-височном сегменте, пиксели	82,71±3,4	78,38±2,9	83,11±1,4	78,11±2,4
Толщина НРО в верхне-носовом сегменте, пиксели	96,63±3,3*	84,35±2,8**	85,35±1,4	79,60±2,3***
Толщина НРО в нижне-височном сегменте, пиксели	78,93±3,2	83,52±2,7	82,42±1,4	77,12±2,4***
Толщина НРО в нижне-носовом сегменте, пиксели	95,68±2,9*	91,18±2,7	85,12±1,4	80,38±2,4***

* – отличие между группами здоровых пациентов и больных с ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

** – отличие между группами здоровых пациентов и больных с I стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

*** – отличие между группами больных со II стадией и больных с III стадией ПОУГ, $p < 0,05$, критерий Манна-Уитни

соответственно), что соответствует данным литературы [6].

Кроме этого, происходит увеличение ширины экскавации ДЗН по мере увеличения стадии глаукомы и уровня ВГД ($r_s = -0,41$ и $r_s = -0,32$ соответственно), а также увеличение высоты экскавации в зависимости от этих же показателей ($r_s = -0,36$ и $r_s = -0,28$ соответственно)

Данные, характеризующие состояние НРО представлены в таблице 3.

Отмечается достоверное снижение площади НРО при переходе II стадии ПОУГ в III стадию, достоверных различий при переходе в другие стадии и со здоровыми пациентами не получено. Аналогичные изменения происходят с показателями толщины НРО в некоторых сегментах. Кроме этого, в ряде сегментов происходит достоверное снижение толщины НРО у больных с глаукомой по сравнению со здоровыми пациентами (таблица 3). Также имеет место достоверное снижение толщины НРО в верхнем, верхне-носовом и носовом сегментах у больных с I стадией глаукомы в сравнении со здоровыми пациентами, что согласуется с развитием скотом в зоне Бьерума в начале глаукоматозного процесса.

При корреляционном анализе получены следующие результаты: положительная корреляция толщины НРО в большинстве (7 из 8) сегментов с возрастом пациента (r_s составил от 0,11 до 0,23 для всех коэффициентов корреляции). Толщина НРО в нижнем, носовом, ниже-носовом и верхне-носовом сегментах уменьшается по мере увеличения стадии глаукоматозного процесса ($r_s = -0,06$; $r_s = -0,16$; $r_s = -0,11$ и $r_s = -0,13$ соответственно). Та же самая зависимость наблюдается между толщиной НРО в носовом, ниже-носовом и верхне-носовом сегментах и уровнем ВГД ($r_s = -0,14$; $r_s = -0,08$ и $r_s = -0,09$ соответственно).

Корреляционный анализ показателей цветности и морфометрических показателей ДЗН с данными офтальмологического статуса пациента был выполнен на когорте больных с ПОУГ при первичном их обращении. Были обнаружены следующие зависимости.

Площадь, высота и ширина экскавации ДЗН имеют отрицательную корреляционную связь с остротой зрения с максимально переносимой коррекцией ($r_s = -0,19$; $r_s = -0,16$ и $r_s = -0,20$ соответственно). Также выявлена отрицательная корреляция этих показателей состояния экскавации ДЗН и результатов статической компьютерной периметрии – светочувствительностью сетчатки в области фовеа ($r_s = -0,25$; $r_s = -0,23$ и $r_s = -0,15$ соответственно) и суммарной светочувствительностью сетчатки ($r_s = -0,33$; $r_s = -0,22$ и $r_s = -0,22$ соответственно).

Аналогичные зависимости обнаружены между полученными характеристиками экскавации и состоянием периферических границ поля зрения. Получена сильная отрицательная корреляционная зависимость между характеристиками экскавации ДЗН и суммарным полем зрения по 8 меридианам ($r_s = -0,41$; $r_s = -0,29$ и $r_s = -0,24$ соответственно) и положительная – между характеристиками экскавации ДЗН и максимальным сужением поля зрения ($r_s = 0,39$; $r_s = 0,27$ и $r_s = 0,22$ соответственно), причем величины коэффициента корреляции были одинаковыми при исследовании границ поля зрения объектами диаметром 1 и 5 мм. Площадь и высота экскавации ДЗН имели положительную, а площадь НРО – отрицательную корреляцию с ПЭЧ зрительного нерва ($r_s = 0,17$; $r_s = 0,21$ и $r_s = -0,07$ соответственно), что отражает изменения при прогрессировании глаукомы.

Заключение

Предложенный способ оценки цветности и морфометрических показателей диска зрительного нерва адекватно отражает состояние и динамические изменения диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме и может быть использован при динамическом наблюдении больных как средство объективной оценки размеров экскавации и нейроретинального ободка диска зрительного нерва, а также для контроля степени деколорации диска зрительного нерва.

30.09.2014

Список литературы:

1. Либман, Е.С. Современные позиции клинико-социальной офтальмологии / Е.С. Либман // Вестник офтальмологии, 2004. – 1(120). – С. 10–12.
2. Либман, Е.С. Слепота и инвалидность вследствие патологии органа зрения в России / Е.С. Либман, Е.В. Шахова // Вестник офтальмологии – 2006. – 1(122). – С. 35–37.
3. Quigley, H.A. Number of people with glaucoma worldwide / H.A. Quigley. – Br. J. Ophthalmol. – 1996. – 5. – P. 389–393.

4. Компьютерная диагностика заболеваний зрительного нерва / С.Н. Федоров [и др.] // 7-й съезд офтальмологов России: Тез. докл. – М., 2000. – С. 186–187.
5. Сравнительный анализ морфометрических показателей диска зрительного нерва у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой по данным оптической когерентной томографии и ретинальной томографии / Л.А. Голубина [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2012. – Т. 128. – № 4. – С. 32–34.
6. Курьшева, Н.И. Глаукомная оптическая нейропатия / Н.И. Курьшева. – М.: МЕДпресс-информ, 2006.

Сведения об авторах:

Бердникова Екатерина Викторовна, ассистент кафедры глазных болезней
Южно-Уральского государственного медицинского университета
Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: e.v.berdnikova@gmail.com

Соляникова Ольга Владимировна, доцент кафедры глазных болезней
Южно-Уральского государственного медицинского университета Минздрава России,
кандидат медицинских наук, e-mail: solyannikova_ov@mail.ru

Экгардт Валерий Федорович, профессор кафедры офтальмологии факультета дополнительного
профессионального образования Южно-Уральского государственного медицинского университета
Минздрава России, доктор медицинских наук, e-mail: anita1@inbox.ru

Тур Елена Владимировна, ассистент кафедры глазных болезней
Южно-Уральского государственного медицинского университета Минздрава России,
кандидат медицинских наук, e-mail: elena_tur@list.ru