

А.М. Бессмертный
И.В. Егорова

Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца

ПРИМЕНЕНИЕ РЕТИНАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ТОМОГРАФА В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ

В последнее время во многих странах большое распространение получили исследования топографии диска зрительного нерва (ДЗН) с помощью сканирующего лазерного ретинотомографа (РТ), предоставляющие уникальные возможности для диагностики глаукомы и позволяющие объективно определять такие параметры, как площадь ДЗН, площадь экскавации, отношение площади экскавации к площади ДЗН, объем экскавации, площадь и объем нейроретинального кольца, форму экскавации. Основным производителем РТ является фирма Heidelberg Engineering (Германия). Прибор выпускается в двух модификациях: Heidelberg Retina Tomograph (HRT) позволяет, кроме топографии ДЗН, изучать и макулярную область, а Heidelberg Retina Tomograph II (HRT II) спроектирован специально для исследования топографии ДЗН. В настоящем сообщении речь пойдет о применении HRT II в диагностике глаукомы (рис. 1).

Приведем некоторые технические характеристики HRT II: поле зрения — $15^\circ \times 15^\circ$, объем цифрового изображения — 384×384 пикселей, оптическое продольное разрешение — 300 микрон, поперечное — 10 микрон. Исследование осуществляется без расширения зрачка. Луч диодного лазера, многократно

«пробега» по главному дну, формирует на экране монитора двух или трехмерное изображение ДЗН, которое может быть обчислено по многим параметрам. Обсчет проводится с помощью прилагаемого к прибору программного обеспечения — Heidelberg Eye Explorer. Результаты измерения по 22 параметрам (площадь диска, площадь экскавации, отношение экскавация

раметра: отношение площади кольца (rim area in a sector/total rim area) и отношение объема кольца (rim volume in a sector/total rim volume). Площадь кольца и объем кольца могут быть адекватными для определения и измерения местных структурных нарушений [1].

По мнению Bathija R. с соавт., наилучшая формула для диагностики глаукомы включает: измерение

диск, средняя глубина экскавации, максимальная глубина экскавации, объем нейроретинальной щели и т.д.) могут быть представлены в виде таблицы в целом по диску и по 8 секторам. Имеется возможность сравнения показателей в динамике у одного и того же больного.

Какие же параметры ДЗН представляют наибольший интерес в диагностике глаукомы? Существующие значительной корреляции между нарушениями в полях зрения и площадью нейроретинального кольца, видом и формой ДЗН позволяет предполагать, что данные томографические параметры могут быть хорошими индикаторами степени глаукомного поражения зрительного нерва [14]. Ширина ретинального слоя нервных волокон, определяемая при помощи сканирующей лазерной томографии, существенно снижена у пациентов с глаукомой по сравнению со здоровыми пациентами соответствующего возраста и также достаточно сильно коррелирует со степенью изменений полей зрения [11].

Исследования, проведенные с применением РТ, свидетельствуют о его возможности идентифицировать локальные дефекты глаукомного характера с высокой чувствительностью при использовании стандартных параметров нейроретинального кольца. Определены два новых па-

раметры: отношение площади кольца и толщины ретинального слоя нервных волокон. Она имеет чувствительность 78% и специфичность 88% соответственно [4].

Сарриоли J. с соавт. исследовали 2 новых параметра: среднюю высоту и средний наклон поверхности перипапиллярного слоя нервных волокон. Было выявлено, что средний наклон перипапиллярного слоя нервных волокон был значительно круче ($0,30 \pm 0,12$) у пациентов с глаукомой, чем у здоровых субъектов ($0,11 \pm 0,12$). Значимые статистические различия обнаружены и в средней высоте перипапиллярного слоя нервных волокон. Диагностическая чувствительность и специфичность среднего наклона составляют 85 и 80%, а средней высоты 69 и 83% соответственно. Таким образом, среднее значение наклона поверхности перипапиллярного слоя нервных волокон может быть использовано для постановки диагноза глаукомы [8].

Для дифференциальной диагностики нормы и препериметрической глаукомы наибольшее значение могут иметь такие показатели, как площадь нейроретинального кольца в верхнем секторе ДЗН (чувствительность — 24,8%), толщина слоя нервных волокон в нижнем секторе ДЗН (чувствительность — 26,5%), а также объем нейроретинального кольца в

верхнем секторе ДЗН (25,5%). При оценке нескольких параметров чувствительность возрастает до 42,2%. В глаукомной группе наибольшей чувствительностью отличались объем нейроретинального кольца в верхнем секторе ДЗН (73,8%) и площадь кольца (72,1%). Исследование нескольких параметров повышает чувствительность до 83,6%. Таким образом, лазерная томография имеет относительно низкую диагностическую ценность при дифференциальной диагностике нормы и препериметрической глаукомы, одной из причин чего могут быть индивидуальные различия параметров ДЗН [15].

Используя РТ, возможно исследование влияния возраста на площадь диска, площадь нейроретинального кольца и отношения площади экскавации к диску у здоровых субъектов. Выявлено, что площадь нейроретинального кольца уменьшается с возрастом, в то время как соотношение площади экскавации к ДЗН возрастает. Взаимосвязь между возрастом и площадью ДЗН не выявлена. Приведенные данные могут отражать физиологическое, обусловленное возрастом, уменьшение числа аксонов [6]. Есть мнение, что возрастные изменения структуры ДЗН значительны и должны быть приняты во внимание при исследовании пациентов с подозрением на глаукому и при оценке прогрессирования оптической нейропатии у лиц с установленным диагнозом глаукомы [12]. Однако, по другим данным, топография ДЗН не значительно меняется с возрастом у нормальных субъектов [13].

В результате исследования влияния астигматизма и рабочего расстояния на изображение ДЗН, получаемое с помощью томографа было выявлено, что получаемые параметры ДЗН не меняются значительно из-за некорригированного астигматизма или различий в рабочем расстоянии и при астигматизме до 2,5 диоптрий алгоритм, используемый в томографе для построения карты ДЗН, не требует коррекции [16].

При сравнении таких методов исследования, как сканирующая лазерная томография и цветная стереоскопическая фотография ДЗН, по данным литературы, изображения, полученные с помощью сканирующего лазерного томографа, более чувствительны (84,3%), чем стереоскопические фотографии ДЗН (70,6%) в дифференциальной диагностике здоровых лиц и пациентов с начальной глаукомой [19]. Изображения, получаемые посредством томографии, имеют большую ценность для определения ширины и площади нейроретинального кольца, как в нормальных, так и в глаукомных глазах, по сравнению с фотографиями. Разница показателей, полученных данными методами, больше выражена в назальной части ДЗН, она значительно возрастает с увеличением степени глаукомных повреждений ДЗН [10]. По данным Azuaga-Blanco A. с соавт., сравнение трех параметров, полученных при стереоскопических фотографиях ДЗН и при использовании РТ, — объема экскавации зрительного нерва (cup volume), площади нейроретинального кольца (rim area) и соотношения площади экскавации ДЗН к площади ДЗН (cup area to disc area ratio) — обнаружило статически значимое различие в размерах площади нейроретинального кольца и объема экскавации ДЗН, полученных посредством этих двух методов исследования. Сходными были только средние значения соотношения площади экскавации ДЗН к площади ДЗН: по данным стереофотографии — $0,42 \pm 0,14$, по данным РТ — $0,42 \pm 0,18$ [2].

Естественный интерес представляют проводимые многими авторами сравнительные исследования данных томографии и периметрии и определение взаимосвязи между морфометрическими дефектами ДЗН и нарушениями в полях зрения при хронической ПОУГ и гипертонии. По данным литературы, на ранних стадиях глаукомы дефекты в полях зрения были менее выражены, чем абсолютные



Рис. 1. Общий вид ретинотомографа HRT II

морфологические изменения структуры ДЗН. У большинства пациентов с нарушениями в полях зрения определяются изменения ДЗН, однако меньше, чем у половины пациентов с нарушениями ДЗН выявляются изменения, определяемые периметрически [9]. В то же время, на более поздних стадиях глаукомы периметрические нарушения преобладали над изменениями, определяемыми биоморфометрически. По мнению авторов, при наблюдении за пациентами с начальной глаукомой, внимание надо уделять морфологическим изменениям. При развитой глаукоме прогрессирующие нарушения должны определяться функциональными тестами [3].

Результаты, полученные при проведении периметрии с использованием синих стимулов на желтом фоне, в достаточной степени соотносятся с параметрами ДЗН исследованными при помощи РТ. На ранних стадиях глаукомы большинство этих параметров в большей степени соотносятся с данными коротковолновой периметрии, чем с данными периметрии стандартной [17]. Особенно выраженная корреляция отмечается между периметрическими показателями и такими данными, как объем нейроретинального кольца, средняя толщина слоя нервных волокон

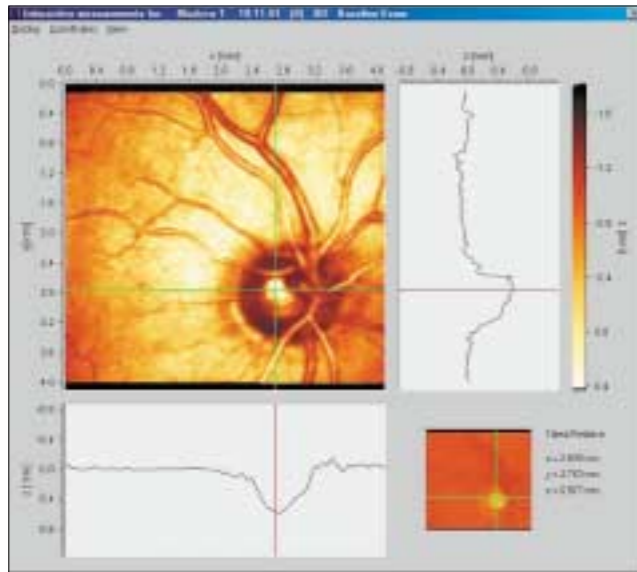


Рис. 2. Двухмерное изображение ДЗН больной с начальной глаукомой. Помещая с помощью мыши курсор в выбранную точку ДЗН или сетчатки, можно точно определить залегание или выступание данной точки относительно уровня сетчатки

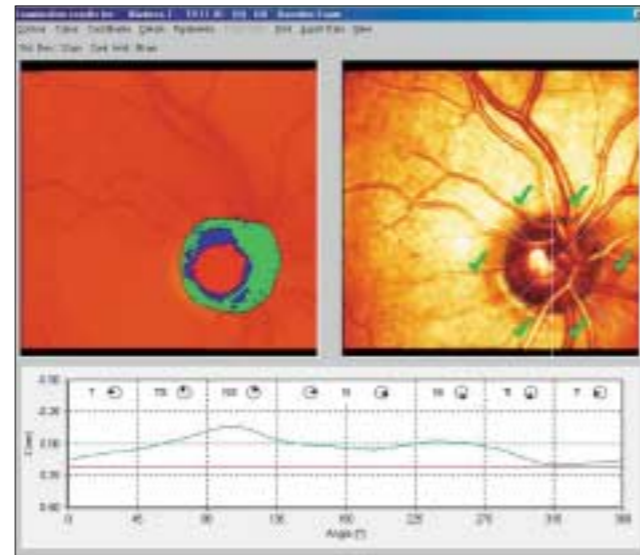


Рис. 3. Графическое представление глубины экскавации в каждом из восьми секторов диска

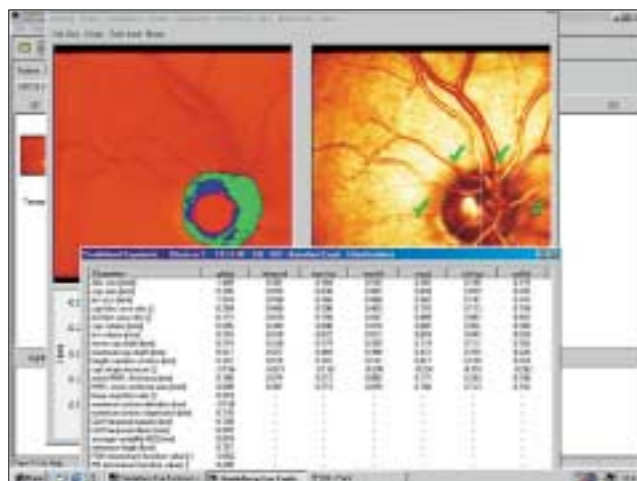


Рис. 4. Автоматический расчет параметров ДЗН в целом (колонка global) и по секторам

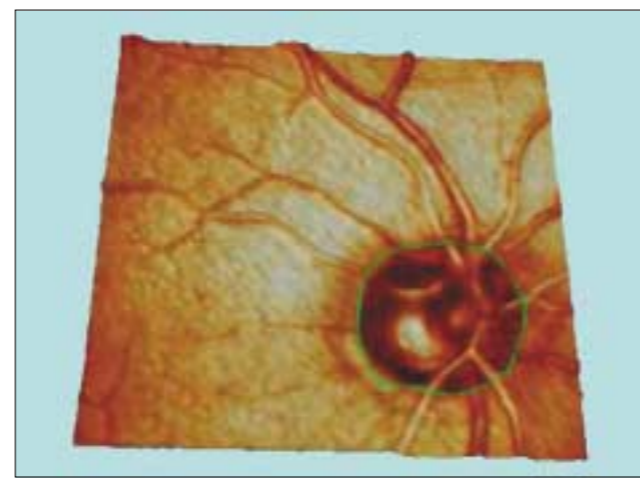


Рис. 5. Трехмерное изображение ДЗН. С помощью клавиатуры изображение можно поворачивать в любом направлении

и форма экскавации [18]. С другой стороны, выявлено, что средняя макулярная чувствительность, определяемая при коротковолновой периметрии может служить для определения функциональных изменений при глаукоме ранее морфологических изменений в ДЗН, обусловленных повышенным ВГД [20].

Выявлено, что большинство локальных дефектов ретинального слоя нервных волокон может быть определено данным методом. Небольшие, но глубокие дефекты ретинального слоя нервных волокон не обязательно соотносятся со скотоматами, обнаруживаемыми при рутинной стандартной статической периметрии [7].

Сопоставление зон поля зрения с площадью нейроретинального кольца, разделенного на 36 секторов по 10°, показало, что верхние зоны полей зрения (14 из 19) наиболее часто ассоциировались со снижением площади нейроретинального кольца в нижних секторах (24 из 29), а нижние участки полей зрения (4 из 7) наиболее часто ассоцииро-

вались со снижением площади нейроретинального кольца в верхних височных секторах (11 из 16). Сходные пространственные соотношения обнаружены между параметрами нейроретинального кольца и результатами, полученными при стандартной автоматической периметрии и коротковолновой периметрии [5].

Нами было изучена топография ДЗН с помощью РТ HRT II у 84 лиц, из них: 28 — здоровые добровольцы, 18 — с подозрением на глаукому, 31 — больной глаукомой, 7 — больных с неглаукоматозной патологией ДЗН (диабетическая ретинопатия, застойный ДЗН, передняя ишемическая нейропатия и т.д.). Получаемое в ходе исследования на мониторе двух- и трехмерное изображение, безусловно, предоставляет уникальные возможности для дифференциальной диагностики патологии ДЗН и раннего выявления глаукомы. На рис. 2-5 в качестве примера приведем результаты исследования больной Б. 64 лет с диагнозом: OD открытоугольная Ia глаукома.

Авторы благодарят фирму Askin & Co за предоставление ретинотомографа HRT II для проведения клинических исследований*.

Литература

1. Anton A., Yamagishi N., Lopez A. et al. Nuevos parametros para la deteccion y localizacion de dano focal en el glaucoma // Arch. Soc. Esp. Oftalmol.- 1998.- Vol. 73.- P. 431-438.
2. Azuara-Blanco A., Spaeth G.L., Nicholl J. et al. Comparison between laser scanning tomography and computerised image analysis of the optic disc // Br. J. Ophthalmol.- 1999.- Vol. 83.- № 3.- P. 295-298.
3. Bartz-Schmidt K.U., Thumann G., Jonescu-Cuypers C.P., Kriegelstein G.K. Quantitative morphologic and function-

* Askin & Co — Москва, 117926, 5-й Донской проезд, 21 Б. Тел.: (095) 955-55-62, 959-90-88, 8-800-200-24-24 — для бесплатных междугородних звонков по территории России.

- al evaluation of the optic nerve head in chronic open-angle glaucoma // Surv. Ophthalmol.- 1999.- Vol. 44 (Suppl 1).- P. 41-53.
4. Bathija R., Zangwill L., Berry C.C. et al. Detection of early glaucomatous structural damage with confocal laser scanning tomography // J. Glaucoma.- 1998.- Vol. 7.- № 2.- P. 121-127.
5. Bosworth C.F., Sample P.A., Williams J.M. et al. Spatial relationship of motion automated perimetry and optic disc topography in patients with glaucomatous optic neuropathy // Glaucoma.- 1999.- Vol. 8.- № 4.- P. 281-289.
6. Burk R. Die dreidimensionale topographische Analyse der Papille als Bestandteil der Glaukomdiagnostik // Ophthalmologie.- 1992.- Bd. 89.- № 3.- S. 190-203.
7. Burk R., Tuulonen A., Airaksinen P.J. Laser scanning tomography of localised nerve fiber layer defects // Br. J. Ophthalmol.- 1998.- Vol. 82.- № 10.- P. 1112-1117.
8. Caprioli J., Park H.J., Ugurlu S., Hoffman D. Slope of the peripapillary nerve fiber layer surface in glaucoma // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.- 1998.- Vol. 39.- № 12.- P. 2321-2328.
9. Chauhan B.C., McCormick T.A., Nicoletta M.T., LeBlanc R.P. Optic disc and visual field changes in a prospective longitudinal study of patients with glaucoma. Comparison of scanning laser tomography with conventional perimetry and optic disc photography // Arch. Ophthalmol.- 2001.- Vol. 119.- P. 1492-1499.
10. Dichtl A., Jonas J.B., Mardin C.Y. Comparison between tomographic scanning evaluation and photographic measurement of the neuroretinal rim // Am. J. Ophthalmol.- 1996.- Vol. 121.- № 5.- P. 494-501.
11. Eid T.M., Spaeth G.L., Katz L.J. et al. Quantitative estimation of retinal nerve fiber layer height in glaucoma and the relationship with optic nerve head topography and visual field // Glaucoma.- 1997.- Vol. 6.- P. 221-230.
12. Garway-Heath D.F., Wollstein G., Hitchings R.A. Aging changes of the optic nerve head in relation to open angle glaucoma // Br. J. Ophthalmol.- 1997.- Vol. 81.- № 10.- P. 840-845.
13. Gundersen K.G., Heijl A., Bengtsson B. Age, gender, IOP, refraction and optic disc topography in normal eyes. A cross-sectional study using raster and scanning laser tomography // Acta Ophthalmol. Scand.- 1998.- Vol. 76.- P. 170-175.

14. Iester M., Mikelberg F.S., Courtright P., Drance S.M. Correlation between the visual field indices and Heidelberg Retina Tomograph parameters // J. Glaucoma.- 1997.- Vol. 6.- № 2.- P. 78-82.
15. Mardin C.Y., Horn F.K., Jonas J.B., Budde W.M. Preperimetric glaucoma diagnosis by confocal scanning laser tomography of the optic disc // Br. J. Ophthalmol.- 1999.- Vol. 83.- № 4.- P. 299-304.
16. Sheen N.J., Aldridge C., Drasdo N. et al. The effects of astigmatism and working distance on optic nerve head images using a Heidelberg Retina Tomograph scanning laser ophthalmoscope // Am. J. Ophthalmol.- 2001.- Vol. 131.- P. 716-721.
17. Teesalu P., Vihanninjoki K., Airaksinen P.J. et al. Correlation of blue-on-yellow visual fields with scanning confocal laser optic disc measurements // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.- 1997.- Vol. 38.- P. 2452-2459.
18. Tole D.M., Edwards M.P., Davey K.G., Menage M.J. The correlation of the visual field with scanning laser ophthalmoscope measurements in glaucoma // Eye.- 1998.- Vol. 12.- P. 686-690.
19. Wollstein G., Garway-Heath D.F., Hitchings R.A. Identifying early glaucomatous changes. Comparison between expert clinical assessment of optic disc photographs and confocal scanning ophthalmoscopy // Ophthalmology.- 2000.- Vol. 107.- № 12.- P. 2272-2277.
20. Yamazaki Y., Mizuki K., Hayamizu F., Tanaka C. Correlation of blue chromatic macular sensitivity with optic disc change in early glaucoma patients // Jpn. J. Ophthalmol.- 2002.- Vol. 46.- № 1.- P. 89-94.

Abstract

A.M. Bessmertny, I.V. Egorova

Application of the laser scanning tomograph in claucoma diagnostics

In the last several years scanning laser tomography has been widely used for the glaucoma diagnostics. This article includes the literature review and the author's own data on the application of Heidelberg Retina Tomograph (HRT) in glaucoma. The examples of two- and three-dimensional images are demonstrated.