

# Может ли быть глаукома без структурных изменений диска зрительного нерва?

## Часть 2

**Мачехин В.А.**, д.м.н., профессор, главный научный консультант;

**Львов В.А.**, врач-офтальмолог.

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Тамбовский филиал, 392000, Российская Федерация, Тамбов, Рассказовское шоссе, 1;

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Медицинский институт, 392000, Российская Федерация, Тамбов, ул. Советская, 93.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Конфликт интересов: отсутствует.

**Для цитирования:** Мачехин В.А., Львов В.А. Может ли быть глаукома без структурных изменений диска зрительного нерва? Часть 2. *Национальный журнал глаукома*. 2020; 19(4):3-11.

### Резюме

**ЦЕЛЬ.** Провести подробный индивидуальный анализ патологических параметров диска зрительного нерва, перипапиллярной сетчатки и комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки в группах глаз с различными стадиями глаукомы с площадью диска 1,63-2,43 мм<sup>2</sup>.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Обследовано 76 глаз у 64 пациентов (35 мужчин и 29 женщин; средний возраст 63,3±8,7 года); среди них 35 глаз с I стадией глаукомы; 21 глаз — со II стадией и 20 глаз — с III стадией. Ретинотомографические исследования параметров были проведены с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) и гейдельбергской лазерной ретинотомографии (НРТ) с использованием модифицированной программы В.А. Мачехина, с учетом индивидуальной величины диска, регрессионного анализа и цветной

кодировки патологических параметров диска и перипапиллярной сетчатки.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Были выделены 3 подгруппы патологических аналогичных параметров, показавших различные взаимоотношения между результатами ретинотомографии: а) с равнозначными результатами по данным обоих методов, б) с преимуществом метода НРТ и в) с преимуществом метода ОКТ.

**ВЫВОДЫ.** Методы НРТ и ОКТ при исследовании параметров ДЗН и прилежащей сетчатки при глаукоме, взаимно дополняя друг друга, позволяют лучше понять процессы, происходящие при глаукоме.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** диск зрительного нерва, ретинотомография, перипапиллярная сетчатка, комплекс ганглиозных клеток макулы.

### ENGLISH

## Glaucoma without any structural alterations of the optic disc. Is it possible? Part 2

**Мачехин В.А.**, Med.Sc.D., Professor, Chief Scientific Consultant;

**Lvov V.A.**, Ophthalmologist.

S.N. Fyodorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery", Tambov branch, 1 Raskazovskoe highway, Tambov, Russian Federation, 392000;

Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, 93 Sovetskaya st., Tambov, Russian Federation, 392000.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

**For citations:** Machehkin V.A., Lvov V.A. Glaucoma without any structural alterations of the optic disc. Is it possible? Part 2. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2020; 19(4):3-11.

### Для контактов:

Мачехин Владимир Александрович, e-mail: naukatmb@mail.ru

Поступила в печать: 29.08.2020

Received for publication: August 29, 2020

## Abstract

**PURPOSE:** To perform a detailed individual analysis of pathological parameters of the optic disc, peripapillary retina and macular ganglion cell complex in eyes with the disc area of 1.63–2.43 mm<sup>2</sup> and different stages of glaucoma.

**MATERIALS AND METHODS:** The study included 64 patients (76 eyes) aged 63.3±8.7 years, among them 35 male and 29 female patients with stage I (35 eyes), stage II (21 eyes) and stage III (20 eyes) glaucoma. Tomographic parameters of the retina were measured with optical coherence tomography (OCT) and Heidelberg laser retinal tomography (HRT) using a modified program by V.A. Machehkin, with consideration of the individual disc size, regression

analysis and color coding of pathological parameters of the optic disc and peripapillary retina.

**RESULTS:** Pathologically similar parameters that showed different relations between the tomographic results were divided into 3 subgroups: a) with equivalent results according to both methods; b) with the advantage of HRT method; c) with the advantage of OCT method.

**CONCLUSIONS:** Examination of the optic disc parameters and adjacent retina using both HRT and OCT methods complementing each other can help improve the understanding of the glaucomatous processes.

**KEYWORDS:** optic disc, retinal tomography, peripapillary retina, macular ganglion cells complex.

Среди многочисленных заболеваний глаза первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ), несмотря на постоянное внимание офтальмологов, была и остается причиной необратимой слепоты и слабости зрения, требующих раннего выявления и лечения [1, 2].

Как известно, классический симптомокомплекс глаукомы А. von Graefe, отражавший выраженные стадии глаукомы, претерпел в настоящее время значительные изменения, направленные на раннее ее выявление для предупреждения необратимой слепоты. К ним относят перемещение повышенного ВГД из главного симптома глаукомы в главный фактор риска; появление понятия «глаукомная оптическая нейропатия» (ГОН), определяющего глаукому как сочетание патологических изменений диска зрительного нерва и центрального поля зрения. В предыдущей нашей статье, посвященной анализу патологических параметров диска зрительного нерва, параметров перипапиллярной сетчатки (RNFL) и комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки (GCC) в глазах с препериметрической глаукомой, было выделено 3 подгруппы глаз, принципиально отличающихся друг от друга по количеству выявленных патологических изменений, степени их выраженности и взаимоотношений по данным методов ОКТ и HRT.

Цель настоящей работы — провести подробный индивидуальный анализ патологических изменений параметров диска зрительного нерва, перипапиллярной сетчатки и комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки в группах глаз с различными стадиями глаукомы, с площадью диска 1,63–2,43 мм<sup>2</sup>, используя методы HRT и ОКТ.

## Материалы и методы

Обследовано 76 глаз у 64 пациентов (35 мужчин и 29 женщин, средний возраст 63,3±8,7 года); среди них 35 глаз с I стадией глаукомы, 21 глаз — со II стадией и 20 глаз — с III стадией.

Помимо общепринятых методов обследования на глаукому, включающих визометрию, рефрактометрию, офтальмоскопию, тонометрию, периметрию, пахиметрию и др., были использованы современные методы количественного анализа параметров диска зрительного нерва (ДЗН) и сетчатки с использованием гейдельбергской лазерной сканирующей ретинотомографии (HRT-3) и оптической когерентной томографии (ОКТ, модель RTVue-100 OCT). Модифицированная программа В.А. Мачехина, базирующаяся на цифровом материале компьютерной программы HRT-3 [3–7], отличалась от нее тем, что проводилась с учетом индивидуальной величины диска, регрессионного анализа и цветной кодировки патологических параметров ДЗН и перипапиллярной сетчатки, что позволило провести сравнительные исследования аналогичных для ОКТ и HRT параметров на одних и тех же глазах. К ним относились: параметры ДЗН (cup area, rim area, cup/disc area, cup vol.); параметры перипапиллярной сетчатки (RNFL cp, RNFL sup., RNFL inf.). Отдельно (с помощью ОКТ) выделены параметры комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки: GCC tot. (слой комплекса ганглиозных клеток в целом); GCC sup. (комплекс ганглиозных клеток в верхней половине); GCC inf. (комплекс ганглиозных клеток в нижней половине); FLV% (процент локальных потерь объема ганглиозных клеток); GLV% (процент глобальных потерь объема ганглиозных клеток).

Именно в такой последовательности был проведен анализ всех патологических параметров в глазах пациентов с различными стадиями глаукомы. В нашей работе был применен метод исследования, заключающийся в проведении анализа каждого глаза, каждого параметра, каждого способа морфометрической оценки всех патологических параметров, используя методы HRT и ОКТ, с разделением их на 3 группы: структурные изменения параметров ДЗН, патологические изменения параметров RNFL и параметров GCC. Контрольную

группу составили 24 глаза с нормальными показателями, основанными на разработанной сотрудниками Тамбовского филиала МНТК «Микрохирургия глаза» модифицированной компьютерной программе на базе компьютерной программы HRT-3.

Были выделены подгруппы с различным сочетанием патологических параметров по данным ОКТ и HRT:

А) с одновременным наличием патологических изменений параметров ДЗН, перипапиллярной сетчатки и комплекса ганглиозных клеток сетчатки различной степени выраженности;

Б) с патологическими параметрами ДЗН различной степени выраженности и отсутствием или незначительными их изменениями по данным RNFL и GCC;

В) с нормальными показателями ДЗН, но с различными патологическими изменениями параметров перипапиллярной сетчатки (RNFL) и комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки (GCC) различной степени выраженности.

## Результаты

В группе с I стадией глаукомы по данным HRT и ОКТ наблюдали патологические изменения различной степени выраженности всех параметров (ДЗН, RNFL, GCC) у 48% всех глаз, имеющих отношение к подгруппе А (табл. 1).

В каждом столбце представлены названия только патологических параметров, их количество и степень выраженности, обозначенная буквой К ( $p < 0,01$ ), буквой Ж ( $p < 0,05$ ) и буквой Н — нормальное состояние. Анализ параметров ДЗН показал, что по данным HRT у 3-х пациентов (№ 9, 10 и 14) не было выявлено патологических изменений параметров, но в то же время у них же имелись патологические изменения параметров по данным ОКТ. С другой стороны, также по данным ОКТ, у 5-и больных этой группы (№ 2, 6, 11, 13 и 15) не было выявлено патологических изменений параметров ДЗН, но они были выявлены по данным HRT.

Патологические изменения параметров перипапиллярной сетчатки (RNFL) по данным ОКТ отсутствовали у 2-х пациентов (№ 2 и 15), а по данным HRT — у 6-и (№ 2, 3, 10, 13, 14, 15). Что касается параметров комплекса ганглиозных клеток макулярной области, то они показали выраженные патологические изменения у всех пациентов.

В табл. 2 представлены результаты исследования 7 пациентов подгруппы Б (23%) с выраженными патологическими изменениями параметров ДЗН при сравнении с результатами исследования параметров перипапиллярной и макулярной областей сетчатки. При этом по данным HRT во всех глазах наблюдались патологические изменения параметров диска различной степени выраженности (красные и желтые), в то время как по данным ОКТ

в тех же глазах только в 2-х случаях из семи (№ 2 и 3) имели место патологические изменения параметров диска, преимущественно пограничного состояния ( $p < 0,05$ ), за исключением параметра  $\text{cup vol.}$  ( $p < 0,01$ ). Патологические изменения параметров RNFL по данным HRT выявлены в 3-х глазах, по данным ОКТ — в 4-х глазах. Что касается комплекса ганглиозных клеток, то в 5-и глазах патологических изменений не было обнаружено и только в 2 глазах были выявлены явные патологические изменения параметра FLV%-К (№ 2) и параметра GLV%-К (№ 5).

В табл. 3 представлены результаты исследования 9 пациентов подгруппы В (29%) с I стадией глаукомы с нормальными параметрами диска зрительного нерва, но с различными патологическими изменениями параметров перипапиллярной сетчатки (RNFL) и патологическими изменениями параметров комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки (GCC) различной степени выраженности. Хорошо видно, что при нормальном состоянии всех параметров ДЗН ( $\text{cup area}$ ,  $\text{rim area}$ ,  $\text{cup/disc area}$ ,  $\text{cup vol.}$ ) как по данным HRT, так и по данным ОКТ, патологические изменения всех трех параметров RNFL по данным ОКТ наблюдались в 7 глазах из 9 (кроме пациентов № 3 и 5), а по данным HRT — только в 3-х глазах из 9 (№ 1, 2, 3). Результаты анализа комплекса ганглиозных клеток макулы почти полностью совпадают с параметрами RNFL, хотя их соответствие наблюдается не всегда (см. глаза пациентов № 6 и 9). В обоих случаях пациенты находились под наблюдением в течение 3 лет, в обоих случаях им была произведена периферическая лазерная иридэктомия на обоих глазах и поставлен диагноз начальной глаукомы только на основании патологических изменений перипапиллярной сетчатки и небольших снижений общей чувствительности сетчатки (MD), составивших -2,55 и -2,1 дБ соответственно.

Представляет интерес больная Б., 71 г. (№ 5), у которой была выявлена смешанная глаукома, сопровождавшаяся периодическим туманом в левом глазу, повышением истинного ВГД до 30 мм рт.ст. Была назначена медикаментозная гипотензивная терапия, проведена непроникающая глубокая склерэктомия, которые нормализовали ВГД, однако средняя чувствительность сетчатки оставалась в пределах -4-5 дБ. Не исключено, что в данном случае раннее радикальное лечение не привело к значительному изменению параметров комплекса ганглиозных клеток.

У 13 (62%) из 21 пациента со II стадией глаукомы наблюдали патологические изменения всех параметров диска и прилежащей сетчатки различной степени выраженности, составивших подгруппу А с классической картиной заболевания, не требующей подробного разъяснения. В табл. 4 показаны результаты исследования патологических

Таблица 1. Патологические изменения параметров ДЗН, RNFL и GCC в глазах пациентов с I стадией глаукомы (подгруппа А)

Table 1. Pathological changes in the parameters of OD, RNFL and GCC in stage I glaucoma in subgroup A

Пациент, пол, возраст Patient, gender, age	Параметры ДЗН OD parameters		Параметры перипапиллярной сетчатки (RNFL) Parameters of peripapillary retina (RNFL)		Толщина слоя ганглиозных клеток (GCC) Ganglion cell layer thickness
	HRT	OCT	HRT	OCT	OCT
1. М., м., 57 л.	cup vol. К	cup/disc К	RNFLср. Ж RNFLsup. Ж RNFL inf. Н	все красные / all red (К)	FLV% Н остальные все желтые
2. К., ж., 68 л.	все красные / all red (К)	все в норме / norm (Н)	все в норме / norm (Н)	все в норме / norm (Н)	GCC tot. Ж GCC sup. Н остальные все красные
3. И., ж., 66 л.	cup area К cup vol К rim area Ж cup/disc Ж	cup/disc Ж	все в норме / norm (Н)	RNFLср. Ж RNFL inf. К	GCC tot. Ж GCC inf. К GLV% Ж
4. Г., ж., 64 г.	все красные / all red (К)	cup/area К cup/disc К rim area Ж	RNFL inf. К	RNFLср. К RNFLsup. Ж RNFL inf. К	все красные / all red (К)
5. К., м., 69 л.	cup area К rim area Ж cup/disc Ж	cup vol. Ж	RNFL inf. К	RNFLср. Ж RNFLsup. Ж RNFL inf. Ж	FLV% Н все красные / all red (К)
6. П., м., 86 л.	cup area К	все в норме / norm (Н)	RNFLср.Ж	RNFLср. Ж RNFL inf. Ж	GCC inf. К GCC tot. Ж FLV% Ж GLV% Ж
7. У., м., 59 л.	все красные / all red (К)	cup area К rim area К cup/disc К cup vol Ж	RNFLср. К RNFLsup. Ж RNFL inf. Ж	все красные / all red	все красные / all red (К)
8. Ш., м., 71 г.	cup area Ж cup vol. Ж	cup/disc Ж	RNFLср. К RNFLsup. Ж	все красные / all red (К)	все красные / all red кроме FLV% Ж
9. Ш., м., 65 л.	все в норме / norm (Н)	cup area Ж rim area Ж cup/disc Ж cup vol. Н	RNFLср. К RNFLsup. К	все красные / all red (К)	все красные / all red (К)
10. Б., м., 41 г.	все в норме / norm (Н)	cup area Н rim area К cup/disc К cup vol. К	все в норме / norm (Н)	все красные / all red (К)	все красные / all red (К)
11. К., ж., 67 л.	cup area К rim area К cup/disc К cup vol. Ж	все в норме / norm (Н)	RNFLср. К	все красные / all red (К)	GCC tot. К GCC sup. К GCC inf. Ж GLV% К
12. С., м., 71 г.	все красные / all red (К)	cup area Ж rim area Ж cup/disc К cup vol. Ж	RNFLср. К RNFL sup. К	RNFL sup. Ж	все красные / all red (К)
13. И., м., 66 л.	cup area Ж cup/disc Ж	все в норме / norm	все в норме / norm (Н)	все красные / all red (К)	GCC sup. К GCC inf. К FLV% К GLV% Ж
14. Р., ж., 67 л.	все в норме / norm (Н)	cup/disc Ж	все в норме / norm (Н)	RNFL ср. К RNFL sup. К RNFL inf. Ж	все красные / all red (К)
15. Л., м., 72 г.	все красные / all red (К)	все в норме / norm (Н)	все в норме / norm (Н)	все в норме / norm (Н)	все желтые / all yellow (Ж)

**Примечание:** HRNFL ср. — средняя толщина перипапиллярной сетчатки; RNFL sup. — толщина перипапиллярной сетчатки в верхней половине диска; RNFL inf. — толщина перипапиллярной сетчатки в нижней половине диска. Н — нормальное состояние параметра; Ж — пограничное состояние параметра ( $p < 0,05$ ); К — патологическое состояние параметра ( $p < 0,01$ ).

**Note:** RNFL ср. — mean thickness of peripapillary retina; RNFL sup. — thickness of peripapillary retina in the superior (upper) part of the optic disc; RNFL inf. — thickness of peripapillary retina in the inferior (lower) part of the optic disc; Н — normal (healthy) state of the parameter; Ж — borderline condition of the parameter ( $p < 0.05$ ); К — pathological state of the parameter ( $p < 0.01$ ).

Таблица 2. Патологические изменения параметров ДЗН, RNFL и GCC при I стадии глаукомы (подгруппа Б)

Table 2. Pathological changes in the parameters of OD, RNFL and GCC in stage I glaucoma in subgroup B

Пациент, пол, возраст Patient, gender, age	Параметры ДЗН OD parameters		Толщина перипапиллярной сетчатки (RNFL) Thickness of peripapillary retina (RNFL)		Толщина слоя ганглиозных клеток (GCC) Ganglion cell layer thickness
	HRT	ОКТ	HRT	ОКТ	ОКТ
1. К., ж., 67 л.	cup area K rim area Ж cup/disc K	все в норме / norm (H)	RNFL ср. Ж RNFL sup. K	RNFL sup. Ж	все в норме / norm (H)
2. Д., ж., 44 г.	все красные / all red (K)	rim area Ж cup/disc Ж cup vol. K	RNFL inf. K	RNFL sup. Ж	FLV% K
3. Д., ж., 44 г.	все красные / all red (K)	rim area Ж cup/disc Ж cup vol. K	все в норме / norm (H)	RNFL ср. Ж RNFL sup. Ж	все в норме / norm (H)
4. И., ж., 60 л.	cup area K rim area K cup/disc K	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	RNFL ср. Ж RNFL sup. Ж	все в норме / norm (H)
5. К., м., 78 л.	cup area K rim area Ж cup/disc K	все в норме / norm (H)	RNFL ср. K RNFL inf. K	все в норме / norm (H)	GLV% K
6. Д., м., 45 л.	cup area K rim area Ж cup/disc K	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)
7. П., ж., 49 л.	cup area K rim area Ж cup/disc Ж	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	все красные / all red (K)	все в норме / norm (H)

**Примечание:** Н — нормальное состояние параметра; Ж — пограничное состояние параметра ( $p < 0,05$ ); К — патологическое состояние параметра ( $p < 0,01$ ).

**Note:** Н — normal (healthy) state of the parameter; Ж — borderline condition of the parameter ( $p < 0,05$ ); К — pathological state of the parameter ( $p < 0,01$ ).

изменений параметров в глазах пациентов с подгруппой В у 7 (33%) больных из 21 и у 1 пациента (в таблице под № 8) с подгруппой Б (5%).

Данные HRT и ОКТ не выявили никаких структурных изменений ДЗН, но показали наличие патологических изменений RNFL по данным ОКТ в 6 глазах из 7, в то время как по данным HRT только в 3-х глазах (№ 3, 5, 6). Параметры GCC показали наличие патологических изменений так же, как и RNFL, в 6 случаях из 7.

У единственного пациента (№ 8), который относился к подгруппе Б, были обнаружены патологические изменения параметров ДЗН только по данным HRT, в то время как все остальные параметры диска и окружающей сетчатки оставались в норме.

В III стадии глаукомы подгруппа А с патологическими изменениями всех параметров наблюдалась в 16 (80%) глазах из 20 и подгруппа В с 5 (20%) глазами с нормальным состоянием параметров ДЗН по данным HRT и ОКТ. При этом патологические изменения параметров RNFL по данным HRT были выявлены только в 3 глазах, в то время как по данным ОКТ изменения и параметров RNFL, и параметров GCC были обнаружены во всех глазах.

## Обсуждение

Настоящая работа, касающаяся анализа всех параметров ДЗН, перипапиллярной и макулярной областей сетчатки в глазах с различными стадиями глаукомы, дала возможность условно выделить 3 подгруппы, отличающиеся друг от друга по количеству, степени выраженности патологических параметров и их соотношению по данным HRT и ОКТ: подгруппа А с патологическими параметрами ДЗН, RNFL и GCC различной степени выраженности; подгруппа Б с патологическими параметрами ДЗН различной степени выраженности и отсутствием или небольшими изменениями параметров RNFL и GCC; подгруппа В с нормальными параметрами ДЗН, но с различными патологическими изменениями параметров RNFL и GCC различной степени выраженности.

При сравнении было выявлено заметное увеличение процента патологических изменений параметров подгруппы А по мере развития глаукомного процесса. Так, при I стадии глаукомы он составил 48%, при II — 62% и III — 80%, т.е. соответствовал привычной картине изменений патологических

Таблица 3. Патологические изменения параметров ДЗН, RNFL и GCC в I стадии глаукомы (подгруппа B)  
 Table 3. Pathological changes in the parameters of OD, RNFL and GCC in stage I glaucoma in subgroup B

Пациент, пол, возраст Patient, gender, age	Параметры ДЗН OD parameters		Толщина перипапиллярной сетчатки (RNFL) Thickness of peripapillary retina (RNFL)		Толщина слоя ганглиозных клеток (GCC) Ganglion cell layer thickness
	HRT	OCT	HRT	OCT	OCT
1. Л., м., 64 г.	Н	Н	RNFL sup. Ж	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
2. М., м., 73 г.	Н	Н	RNFL ср. Ж RNFL sup. K	все красные / all red (K)	нет данных
3. П., ж., 72 г.	Н	Н	RNFL ср. K RNFL inf. K	все в норме / norm (H)	все красные / all red (K)
4. С., ж., 74 г.	Н	Н	Н	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
5. Б., ж., 71 г.	Н	Н	Н	все в норме / norm (H)	все желтые / all yellow (Ж)
6. Ф., ж., 70 л.	Н	Н	Н	все красные / all red (K)	все в норме / norm (H)
7. Ш., м., 59 л.	Н	Н	Н	RNFL sup. Ж RNFL ср. K RNFL inf. K	GCC sup., Н остальные Ж
8. З., м., 68 л.	Н	Н	Н	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
9. К., м., 65 л.	Н	Н	Н	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)

**Примечание:** Н – нормальное состояние параметра; Ж – пограничное состояние параметра ( $p < 0,05$ ); К – патологическое состояние параметра ( $p < 0,01$ ).  
**Note:** Н – normal (healthy) state of the parameter; Ж – borderline condition of the parameter ( $p < 0,05$ ); К – pathological state of the parameter ( $p < 0,01$ ).

Таблица 4. Патологические изменения параметров ДЗН, RNFL и GCC во II стадии глаукомы (подгруппа B)  
 Table 4. Pathological changes in the parameters of OD, RNFL and GCC in stage II glaucoma in subgroup B

Пациент, пол, возраст Patient, gender, age	Параметры ДЗН OD parameters		Толщина перипапиллярной сетчатки (RNFL) Thickness of peripapillary retina (RNFL)		Толщина слоя ганглиозных клеток (GCC) Ganglion cell layer thickness
	HRT	OCT	HRT	OCT	OCT
1. С., ж., 74 г.	Н	Н	все в норме / norm (H)	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
2. Х., м., 61 г.	Н	Н	все в норме / norm (H)	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
3. Д., м., 63 г.	Н	Н	RNFL ср. – Ж	все красные / all red (K)	все красные / all red (K) кроме GCC верхнего
4. С., ж., 60 л.	Н	Н	все в норме / norm (H)	RNFL ср. K RNFL sup. K RNFL inf Ж	GLV% Ж
5. В., м., 54 г.	Н	Н	RNFL ср. Ж RNFL sup. K RNFL inf. K	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)
6. Т., ж., 63 г.	Н	Н	RNFL inf. Ж	все желтые / all yellow (Ж)	все – Ж кроме FLV%
7. Р., ж., 56 л.	Н	Н	все в норме / norm (H)	RNFL ср. Ж RNFL sup. K RNFL inf. K	все красные / all red (K)
8. У., ж., 68 л.	все красные / all red (K)	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)	все в норме / norm (H)

**Примечание:** Н – нормальное состояние параметра; Ж – пограничное состояние параметра ( $p < 0,05$ ); К – патологическое состояние параметра ( $p < 0,01$ ).  
**Note:** Н – normal (healthy) state of the parameter; Ж – borderline condition of the parameter ( $p < 0,05$ ); К – pathological state of the parameter ( $p < 0,01$ ).

Таблица 5. Патологические изменения параметров ДЗН, RNFL и GCC в III стадии глаукомы в подгруппе В  
 Table 5. Pathological changes in the parameters of OD, RNFL and GCC in stage III glaucoma in subgroup B

Пациент, пол, возраст Patient, gender, age	Параметры ДЗН OD parameters		Толщина перипапиллярной сетчатки (RNFL) Thickness of peripapillary retina (RNFL)		Толщина слоя ганглиозных клеток (GCC) Ganglion cell layer thickness
	HRT	ОСТ	HRT	ОСТ	ОСТ
1. Н., м., 84 г.	H	H	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)	GCC sup. K GFL% K
2. Н., м., 65 л.	H	H	RNFL ср. Ж RNFL. Inf. K	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
3. Д., м., 63 г.	H	H	RNFL ср. Ж	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
4. Р., м., 76 л.	H	H	RNFL ср. K RNFL sup. Ж	все красные / all red (K)	все красные / all red (K)
5. Е., ж., 51 г.	H	H	все в норме / norm	RNFL ср. Ж RNFL sup. Ж	GCC inf. Ж остальные красные

**Примечание:** Н — нормальное состояние параметра; Ж — пограничное состояние параметра ( $p < 0,05$ );  
 K — патологическое состояние параметра ( $p < 0,01$ ).

**Note:** H — normal (healthy) state of the parameter; Ж — borderline condition of the parameter ( $p < 0.05$ );  
 K — pathological state of the parameter ( $p < 0.01$ ).

параметров при глаукоме. Но если в глазах с ППП эта картина отражает закономерный процесс накопления патологических параметров, включающих и подгруппу Б (28%), и подгруппу В (36%), то появление подгруппы В при I стадии глаукомы (29%), во II стадии (33%) и даже в III стадии глаукомы (20%) требует соответствующего осмысления.

Известно, что в патогенезе глаукомы решающую роль играет решетчатая пластинка, которую в прежние годы изучали только гистологически [8-12]. И лишь с 2009 г., когда для визуализации решетчатой пластинки склеры впервые была использована трехмерная высокоскоростная оптическая когерентная томография [13], значительно возрос интерес офтальмологов к ее изучению, что способствовало появлению большого числа работ [14-31]. Так, С. Vurgoyne [31] приводит убедительные свидетельства о том, что повреждение аксонов ганглиозных клеток в решетчатой пластинке склеры является центральным в патофизиологии развития глаукомы. Биомеханическая парадигма не утверждает, что ДЗН является ранним или единственным местом повреждения и, вероятно, включает в себя важные патофизиологические механизмы на всем протяжении зрительного пути, начиная от ганглиозных клеток сетчатки, фоторецепторов, периферических аксонов и синапсов до латеральных колоччатых тел и зрительной коры.

С другой стороны, в последние 5 лет [32-37] появились большие обзорные работы, касающиеся использования современных неинвазивных методов исследования сетчатки с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) в качестве ранних маркеров различных нейроофтальмологических заболеваний (рассеянного склероза, болезни

Альцгеймера, болезни Паркинсона и др.). Такими маркерами оказались известные нам при глаукоме параметры перипапиллярной сетчатки (RNFL) и комплекса ганглиозных клеток сетчатки (GCC).

Следует отметить, что «Национальное руководство по глаукоме» [38] указывает на то, что при возникновении глаукомы изменения ГЗН (головки зрительного нерва), как правило, проявляются несколько позже, чем изменения СНВС (слоя нервных волокон сетчатки), и обладают меньшей специфичностью. Поэтому в плане ранней диагностики глаукомы визуализация ГЗН менее информативна, чем исследования СНВС. Такая точка зрения сложилась у большинства отечественных и зарубежных офтальмологов.

Однако наши исследования пациентов с I стадией глаукомы (подгруппа Б) показали, что существуют и такие случаи (см. табл. 2), когда видно явное преимущество в выявлении патологических параметров ДЗН по данным HRT по сравнению с изменениями RNFL и параметрами GCC по данным ОСТ. Другая группа глаз (подгруппа В), которая соответствует сложившемуся в настоящее время подходу, также имеет право на существование, но только в начальной стадии глаукомы, когда модифицированный метод HRT-3, не включенный в данный анализ, позволяет выявлять локальные патологические изменения параметров ДЗН и RNFL, чаще всего в верхневисочном и нижневисочном секторах диска. Однако появление таких больных при установленном диагнозе глаукомы II стадии, а тем более III стадии глаукомы, требует тщательного анализа и разъяснений. К сожалению, у подавляющего большинства больных глаукомой в амбулаторных карточках о такой связи с нейроофтальмологическими заболеваниями не указано.

## Заключение

Вопрос о возможности или невозможности глаукомы при отсутствии структурных изменений параметров ДЗН (cup area, rim area, cup/disc area, cup vol.) на фоне явных изменений RNFL и GCC остается

## Литература

- Rossetti L., Digiuni M., Giovanni M. et al. Blindness and glaucoma: a multicenter data review from 7 Academic Eye Clinics. *PLoS ONE*. 2015; 10(8):e0136632. doi:10.1371/journal.pone.0136632
- Tatham A., Medeiros F., Zangwill L., Weinreb R. Strategies to improve early diagnosis in glaucoma. *Progress in brain research*. 2015; 221: 103-133. doi:10.1016/bs.pbr.2015.03.001
- Мачехин В.А., Бондаренко О.А., Савилова Е.Л. Оптимизация анализа данных ретинотомографического обследования. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614495. 2008.
- Мачехин В.А. Ретинотомографические исследования диска зрительного нерва в норме и при глаукоме. М.: Офтальмология; 2011. 334 с.
- Мачехин В.А. Наш опыт оценки морфометрических параметров диска зрительного нерва у больных глаукомой. *Вестник Тамбовского университета*. 2013; 18(1):265-272.
- Мачехин В.А., Фабрикантов О.Л. Цветная топография патологических параметров ДЗН с помощью лазерного сканирующего ретинотомографа HRT III. *Bulgarian Forum Glaucoma. Edition of the National Academy Glaucoma Foundation*. 2014; 4(1):13-20.
- Мачехин В.А., Фабрикантов О.Л. Гейдельбергская ретинотомография диска зрительного нерва в ранней диагностике глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2017; 133(4):17-24. doi: 10.17116/oftalma2017133417-24.
- Hayreh S.S. Optic disc changes in glaucoma. *Brit J Ophthalmol*. 1972; 56:175-175.
- Quigley H., Anderson D.R. The dynamics and location of axonal transport blockade by acute intraocular pressure elevation in primate optic nerve. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1976; 15(8):606-616.
- Miller K.M., Quigley H.A. The clinical appearance of the lamina cribrosa as a function of the extent of glaucomatous optic nerve damage. *Ophthalmol*. 1988; 95(1):135-138. doi: 10.1016/S0161-6420(88)33219-7
- Волков В.В. Глаукома открытоугольная. М.: МИА; 2008. 348 с.
- Нестеров А.П. Первичная глаукома. М.: Медицина; 1982; 286 с.
- Inoue R., Hangai M., Kotera Y. et al. Three-dimensional high-speed optical coherence tomography imaging of lamina cribrosa in glaucoma. *Ophthalmol*. 2009; 116(2):214-222.
- Chung H.S., Sung K.R., Lee J.Y., Na J.H. Lamina cribrosa-related parameters assessed by optical coherence tomography for prediction of future glaucoma progression. *Curr Eye Res*. 2016; 41(6):806-813. doi: 10.3109/02713683.2015.1052519
- Tan N.Y., Koh V., Girard M.J., Cheng C.Y. Imaging of the lamina cribrosa and its role in glaucoma: a review. *Exp Ophthalmol*. 2018; 46(2):177-188. doi: 10.1111/ceo.13126
- Turgut B. Pearls for correct assessment of optic disc at glaucoma diagnosis. *US Ophthalmic Rev*. 2017; 10(2):104-110. doi: 10.17925/USOR.2017.10.02.10
- Faridi O.S., Park S.C., Kabadi R. et al. Effect of focal lamina cribrosa defect on glaucomatous visual field progression. *Ophthalmology*. 2014; 121(8):1524-1530. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.02.01
- Wang Bo, Nevins J.E., Nadler Z. et al. Reproducibility of in-vivo OCT measured three-dimensional human lamina cribrosa microarchitecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 9(4):e95526. doi: 10.1371/journal.pone.0095526
- Ren R., Yang H., Gardiner S.K., Fortune B., Hardin C., Demirel S. et al. Anterior lamina cribrosa surface depth, age, and visual field sensitivity in the Portland progression project. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 55(3):1531-1539. doi: 10.1167/ iovs.13-13382
- Zhao Q., Qian X., Li L. et al. Effect of elevated intraocular pressure on the thickness changes of cat lamellar and prelaminar tissue using optical coherence tomography. *Biomed Mater Eng*. 2014; 24(6):2349-2360. doi: 10.3233/BME-141048

открытым и в каждом индивидуальном случае требует тщательного анализа. Вместе с тем каждый метод (и HRT, и ОКТ), дополняя друг друга, имеет равноценные возможности в ранней диагностике глаукомы.

## References

- Rossetti L., Digiuni M., Giovanni M. et al. Blindness and glaucoma: a multicenter data review from 7 Academic Eye Clinics. *PLoS ONE*. 2015; 10(8):e0136632. doi:10.1371/journal.pone.0136632
- Tatham A., Medeiros F., Zangwill L., Weinreb R. Strategies to improve early diagnosis in glaucoma. *Progress in brain research*. 2015; 221: 103-133. doi:10.1016/bs.pbr.2015.03.001
- Machekhin V.A., Bondarenko O.A., Savilova E.L. Optimization of the analysis of retinal tomography examination data. Certificate of state registration of a computer program. N. 2008614495. 2008. (In Russ.).
- Machekhin V.A. Retinotomograficheskie issledovaniya diska zritel'nogo nerva v norme i pri glaukome [Retinal tomographic examination of optic disc in normal subjects and glaucoma patients]. Moscow, Oftal'mologiya Publ.; 2011. 334 p. (In Russ.).
- Machekhin V.A. Our experience in evaluation of morphometric parameters of eye nerve disc of glaucoma patients. *Vestnik Tambovskogo universiteta*. 2013; 18(1):265-272. (In Russ.).
- Machekhin V.A., Fabrikantov O.L. Color topography of OD pathological parameters by means of laser scanning retinal tomograph HRT III. *Bulgarian Forum Glaucoma. Edition of the National Academy Glaucoma Foundation*. 2014; 4(1):13-20. (In Russ.).
- Machekhin V.A., Fabrikantov O.L. Heidelberg retinal tomography of the optic disc in the early diagnosis of glaucoma. *Vestnik oftal'mologii*. 2017; 133(4):17-24. (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2017133417-24.
- Hayreh S.S. Optic disc changes in glaucoma. *Brit J Ophthalmol*. 1972; 56:175-175.
- Quigley H., Anderson D.R. The dynamics and location of axonal transport blockade by acute intraocular pressure elevation in primate optic nerve. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1976; 15(8):606-616.
- Miller K.M., Quigley H.A. The clinical appearance of the lamina cribrosa as a function of the extent of glaucomatous optic nerve damage. *Ophthalmol*. 1988; 95(1):135-138. doi: 10.1016/S0161-6420(88)33219-7
- Volkov V.V. Glaukoma otkrytougol'naya [Open-angle glaucoma]. Moscow, MIA Publ.; 2008. 348 p. (In Russ.).
- Nesterov A.P. Pervichnaya glaukoma [Primary glaucoma]. Moscow: Medicine; 1982. 286 p. (In Russ.).
- Inoue R., Hangai M., Kotera Y. et al. Three-dimensional high-speed optical coherence tomography imaging of lamina cribrosa in glaucoma. *Ophthalmol*. 2009; 116(2):214-222.
- Chung H.S., Sung K.R., Lee J.Y., Na J.H. Lamina cribrosa-related parameters assessed by optical coherence tomography for prediction of future glaucoma progression. *Curr Eye Res*. 2016; 41(6):806-813. doi: 10.3109/02713683.2015.1052519
- Tan N.Y., Koh V., Girard M.J., Cheng C.Y. Imaging of the lamina cribrosa and its role in glaucoma: a review. *Exp Ophthalmol*. 2018; 46(2):177-188. doi: 10.1111/ceo.13126
- Turgut B. Pearls for correct assessment of optic disc at glaucoma diagnosis. *US Ophthalmic Rev*. 2017; 10(2):104-110. doi: 10.17925/USOR.2017.10.02.10
- Faridi O.S., Park S.C., Kabadi R. et al. Effect of focal lamina cribrosa defect on glaucomatous visual field progression. *Ophthalmology*. 2014; 121(8):1524-1530. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.02.01
- Wang Bo, Nevins J.E., Nadler Z. et al. Reproducibility of in-vivo OCT measured three-dimensional human lamina cribrosa microarchitecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 9(4):e95526. doi: 10.1371/journal.pone.0095526
- Ren R., Yang H., Gardiner S.K., Fortune B., Hardin C., Demirel S. et al. Anterior lamina cribrosa surface depth, age, and visual field sensitivity in the Portland progression project. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 55(3):1531-1539. doi: 10.1167/ iovs.13-13382
- Zhao Q., Qian X., Li L. et al. Effect of elevated intraocular pressure on the thickness changes of cat lamellar and prelaminar tissue using optical coherence tomography. *Biomed Mater Eng*. 2014; 24(6):2349-2360. doi: 10.3233/BME-141048

21. Kim M., Bojikian K.D., Slabaugh M.A. Lamina depth and thickness correlate with glaucoma severity. *Indian J Ophthalmol.* 2016; 64(5):358-363. doi:10.4103/0301-4738.185594
22. Yang H., Williams G., Downs J.C. et al. Posterior (outward) migration of the lamina cribrosa and early cupping in monkey experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011; 52(10):7109-7121. doi: 10.1167/iops.11-7448
23. Park H.Y., Kim S.I., Park C.K. Influence of the lamina cribrosa on the rate of global and localized retinal nerve fiber layer thinning in open-angle glaucoma. *Medicine.* 2017; 96(14):e6295. doi:10.1097/MD.00000000000006295
24. Park S.C., Hsu A.T., Su D. Factors associated with focal lamina cribrosa defects in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013; 54(13): 8401-8407. doi:10.1167/iops.13-13014
25. Tatham A.J., Miki A., Weinreb R.N. Defects of the lamina cribrosa in eyes with localized retinal nerve fiber layer loss. *Ophthalmol.* 2014; 121(1):110-118. doi:10.1016/j.ophtha.2013.08.018
26. Lee K.M., Kim T.W., Weinreb R.N. Anterior lamina cribrosa insertion in primary open-angle glaucoma patients and healthy subjects. *PLoS One.* 2014; 9(12):1-17. doi:10.1371/journal.pone.0114935
27. Akagi T., Hangai M., Takayama K. et al. In vivo imaging of lamina cribrosa pores by adaptive optics scanning laser ophthalmoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53(7):4111-4119. doi:10.1136/bjophthalmol-2013-304751
28. Nadler Z., Wang B., Wollstein G. et al. Repeatability of in vivo 3D lamina cribrosa microarchitecture using adaptive optics spectral domain optical coherence tomography. *Biomed Opt Express.* 2014; 5(4):1114-1123. doi:10.1364/BOE.5.001114
29. Abe R.Y., Gracitelli C.P.B., Diniz-Filho A. Lamina cribrosa in glaucoma: diagnosis and monitoring. *Curr Ophthalmol Rep.* 2015; 3(2):74-84. doi:10.1007/s40135-015-0067-7
30. Saba A., Usmani A., Ul Islam Q., Assad T. Unfolding the enigma of lamina cribrosa morphometry and its association with glaucoma. *Pak J Med Sci.* 2019; 35(6):1730-1735.31
31. Burgoyne C. Morphological difference between glaucoma and other optical Neuropathies. *Neuro-ophthalmol.* 2015 Sup; 35 Sup 1 (0 1):8-21. doi:10.1097/WNO.000000000000028931
32. Yap T.E., Balendra S.I., Almonte M.T., Cordeiro M.F. Retinal correlates of neurological disorders. *Ther Adv Chronic Dis.* 2019; 10: 2040622319882205. doi:10.1177/2040622319882205
33. Mimouni M., Htiebel-Kalish H., Serov I. et al. Optical coherence tomography may help distinguish glaucoma from suprasellar tumor-associated optic disc. *Hindawi J Ophthalmol.* 2019. ID 3564809. doi:10.1155/2019/3564809
34. Bradshaw J., Saling M., Hopwood M. et al. Fluctuating cognition in dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease is qualitatively distinct. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004; 75:382-387. doi:10.1136/JNPN.2002.002576
35. Еричев В.П., Туманов В.П., Панюшкина Л.А. Глаукома и нейродегенеративные заболевания. *Глаукома.* 2012; 1:62-68.
36. Kumar A., Singh A. Ekavali. A review on Alzheimer's disease pathophysiology and its management: an update. *Pharmacol Rep.* 2015; 67:195-203. doi:10.1016/j.pharep.2014.09.004
37. Hart N.J., Koronyo Y., Black K.L., et al. Ocular indicators of Alzheimer's: exploring disease in the retina. *Acta Neuropathol.* 2016; 132: 767-787. doi:10.1007/s00401-016-1613-6
38. Национальное руководство по глаукоме (путеводитель) для поликлинических врачей. Под редакцией Е.А. Егорова, Ю.С. Астахова, А.Г. Шуко. Москва: Столичный бизнес; 2008. 136 с.
21. Kim M., Bojikian K.D., Slabaugh M.A. Lamina depth and thickness correlate with glaucoma severity. *Indian J Ophthalmol.* 2016; 64(5):358-363. doi:10.4103/0301-4738.185594
22. Yang H., Williams G., Downs J.C. et al. Posterior (outward) migration of the lamina cribrosa and early cupping in monkey experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011; 52(10):7109-7121. doi: 10.1167/iops.11-7448
23. Park H.Y., Kim S.I., Park C.K. Influence of the lamina cribrosa on the rate of global and localized retinal nerve fiber layer thinning in open-angle glaucoma. *Medicine.* 2017; 96(14):e6295. doi:10.1097/MD.00000000000006295
24. Park S.C., Hsu A.T., Su D. Factors associated with focal lamina cribrosa defects in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013; 54(13): 8401-8407. doi:10.1167/iops.13-13014
25. Tatham A.J., Miki A., Weinreb R.N. Defects of the lamina cribrosa in eyes with localized retinal nerve fiber layer loss. *Ophthalmol.* 2014; 121(1):110-118. doi:10.1016/j.ophtha.2013.08.018
26. Lee K.M., Kim T.W., Weinreb R.N. Anterior lamina cribrosa insertion in primary open-angle glaucoma patients and healthy subjects. *PLoS One.* 2014; 9(12):1-17. doi:10.1371/journal.pone.0114935
27. Akagi T., Hangai M., Takayama K. et al. In vivo imaging of lamina cribrosa pores by adaptive optics scanning laser ophthalmoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53(7):4111-4119. doi:10.1136/bjophthalmol-2013-304751
28. Nadler Z., Wang B., Wollstein G. et al. Repeatability of in vivo 3D lamina cribrosa microarchitecture using adaptive optics spectral domain optical coherence tomography. *Biomed Opt Express.* 2014; 5(4):1114-1123. doi:10.1364/BOE.5.001114
29. Abe R.Y., Gracitelli C.P.B., Diniz-Filho A. Lamina cribrosa in glaucoma: diagnosis and monitoring. *Curr Ophthalmol Rep.* 2015; 3(2):74-84. doi:10.1007/s40135-015-0067-7
30. Saba A., Usmani A., Ul Islam Q., Assad T. Unfolding the enigma of lamina cribrosa morphometry and its association with glaucoma. *Pak J Med Sci.* 2019; 35(6):1730-1735.31
31. Burgoyne C. Morphological difference between glaucoma and other optical Neuropathies. *Neuro-ophthalmol.* 2015 Sup; 35 Sup 1 (0 1):8-21. doi:10.1097/WNO.000000000000028931
32. Yap T.E., Balendra S.I., Almonte M.T., Cordeiro M.F. Retinal correlates of neurological disorders. *Ther Adv Chronic Dis.* 2019; 10: 2040622319882205. doi:10.1177/2040622319882205
33. Mimouni M., Htiebel-Kalish H., Serov I. et al. Optical coherence tomography may help distinguish glaucoma from suprasellar tumor-associated optic disc. *Hindawi J Ophthalmol.* 2019. ID 3564809. doi:10.1155/2019/3564809
34. Bradshaw J., Saling M., Hopwood M. et al. Fluctuating cognition in dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease is qualitatively distinct. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004; 75:382-387. doi:10.1136/JNPN.2002.002576
35. Eriчев V.P., Tumanov V.P., Panyushkina L.A. Glaucoma and neurodegenerative diseases. *Glaukoma.* 2012; 1:62-68. (In Russ.).
36. Kumar A., Singh A. Ekavali. A review on Alzheimer's disease pathophysiology and its management: an update. *Pharmacol Rep.* 2015; 67:195-203. doi:10.1016/j.pharep.2014.09.004
37. Hart N.J., Koronyo Y., Black K.L., et al. Ocular indicators of Alzheimer's: exploring disease in the retina. *Acta Neuropathol.* 2016; 132: 767-787. doi:10.1007/s00401-016-1613-6
38. Natsional'noe rukovodstvo po glaukome (putevoditel') dlya poliklinicheskikh vrachej [National glaucoma guide for polyclinic doctors]. Eds by E.A. Egorov, Yu.S. Astakhov, A.G. Shchuko. Moskva: Stolichnyy biznes; 2008. 136 p. (In Russ.).

Поступила / Received / 29.08.2020