

УДК 617.7-007.681:617.753+612.13

# Объемные показатели офтальмогемодинамики при миопии и сопутствующей глаукоме с «нормализованным» давлением

**Мамиконян В.Р.**, д.м.н., профессор, зам. директора по науке;  
**Шмелева-Демир О.А.**, к.м.н., научный сотрудник отделения факохирургии и интраокулярной коррекции;  
**Макашова Н.В.**, д.м.н., старший научный сотрудник отдела глаукомы;  
**Казарян Э.Э.**, д.м.н., старший научный сотрудник отдела морфофункциональной диагностики;  
**Галоян Н.С.**, к.м.н., научный сотрудник отделения факохирургии и интраокулярной коррекции;  
**Мазурова Ю.В.**, к.м.н., заведующая III хирургическим отделением;  
**Рафаэлян А.А.**, к.м.н., научный сотрудник отделения факохирургии и интраокулярной коррекции;  
**Карапетян А.Т.**, врач-офтальмолог отделения добровольного медицинского страхования.

ФГБНУ «НИИ глазных болезней», 119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, 11 А, Б.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.  
Конфликт интересов: отсутствует.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Изучение объемных показателей глазной гемодинамики на глазах с миопией и первичной открытоугольной глаукомой со среднестатистически нормальным ВГД на фоне гипотензивного режима.

**МЕТОДЫ.** Обследовано 206 пациентов (326 глаз) с миопией и глаукомой с ВГД  $\leq 21$  мм рт.ст. Первую группу составили 117 пациентов (194 глаза) с ВГД, компенсированным относительно индивидуальной нормы. Вторая группа состояла из 89 пациентов (132 глаза) с отсутствием компенсации офтальмотонуса по отношению к индивидуальной норме на фоне лечения. Пациенты были разделены на подгруппы по возрасту и длине ПЗО глаза ( $\leq 25$  и  $>25$  мм). Помимо стандартного офтальмологического обследования у всех пациентов определяли объемные показатели глазного кровотока с помощью флоуметрии (Ocular Blood Flow Analyzer).

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Выявлено, что объемный глазной кровотока в миопических глазах со стабилизированной глаукомой соответствует или недостоверно отличается от расчетной нормы при условии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы. Отмечено статистически достоверное снижение объемного глазного кровотока при миопии в сочетании с нестабилизированной

глаукомой при отсутствии компенсации офтальмотонуса относительно индивидуальной нормы. Дефицит кровоснабжения был статистически значимо больше при ПЗО  $>25$  мм в сравнении с аналогичным показателем у пациентов с ПЗО  $\leq 25$  мм.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** У пациентов с миопией и глаукомой выявлено нарастание дефицита кровоснабжения глаза в группе с отсутствием компенсации офтальмотонуса по отношению к индивидуальной норме на фоне лечения по сравнению с группой пациентов, у которых была достигнута компенсация внутриглазного давления. При этом процент превышения имеющегося ВГД индивидуальной нормы при отсутствии компенсации офтальмотонуса был меньше дефицита кровотока. Таким образом, дефицит кровотока зависит не только от степени превышения ВГД индивидуальной нормы офтальмотонуса, но от возможных особенностей сосудистой системы глаза при сочетанной патологии (миопия и глаукома).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** флоуметрия, пульсовой объемный кровотока, миопия, глаукома, толерантное внутриглазное давление, переднезадняя ось глаза, объем глазного пульса, возрастные изменения глазного кровотока.

## Для контактов:

Шмелева-Демир Ольга Аркадьевна, e-mail: chiks16@rambler.ru

## ENGLISH

## Volume indicators of ocular hemodynamics in eyes with glaucoma associated with myopia with «normalized» pressure

**MAMIKONYAN V.R.**, Professor, Med.Sc.D., Deputy director for Science;

**SHMELEVA-DEMIR O.A.**, Ph.D., Research associate of Phacosurgery and Intraocular Correction Department;

**MAKASHOVA N.V.**, Med.Sc.D., Senior research associate of Glaucoma Department;

**KAZARYAN E.E.**, Med.Sc.D., Senior research associate of Morfofunctional Diagnostics Department;

**GALOYAN N.S.**, Ph.D., Research associate of Phacosurgery and Intraocular Correction Department;

**MAZUROVA YU.V.**, Ph.D., Chief physician of the III Surgical Department;

**RAFAELYAN A.A.**, Ph.D., Research associate of Phacosurgery and Intraocular Correction Department;

**KARAPETYAN A.T.**, M.D., Voluntary Health Insurance Department.

State Institute for Eye Diseases, 11 A,B, Rossolimo St., Moscow, Russian Federation, 119021.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

### Abstract

**PURPOSE:** To study volumetric measurements of ocular hemodynamics in patients with myopia and primary open-angle glaucoma with statistically normal IOP on hypotensive medication.

**METHODS:** The study included 326 eyes (206 patients) with myopia and glaucoma with IOP  $\leq$  21 mmHg. All patients were divided into two groups depending on their age and axial length (AL) of the eye. Group 1 consisted of 132 eyes on hypotensive treatment with IOP exceeding their individual norm.

Apart from standard ophthalmological examination all patients underwent flowmetry by means of Ocular Blood Flow Analyzer to determine the volumetric measurements of their ocular hemodynamics.

**RESULTS:** The study revealed the volumetric blood flow in eyes with myopia and non-progressive glaucoma to be equal to or insignificantly differ from the calculated norm if actual IOP is inferior to or equals the individual ocular pressure norm. A statistically significant decrease in the

volumetric blood flow was detected in eyes with myopia and progressive glaucoma if actual IOP exceeded the individual ocular pressure norm. The blood supply deficiency was significantly more pronounced if AL exceeded 25 mm.

**CONCLUSION:** Patients on with myopia and glaucoma have shown a build-up in blood supply deficiency if their actual IOP on hypotensive medication exceeded the individual ocular pressure norm, as opposed to the patients whose actual IOP was compensated in relation to the individual norm. At the same time, the excess rate of IOP over the individual norm was lower than the blood supply deficiency, which leads us to believe, that the blood supply deficiency depends on both: the excess of IOP and the individual specifics of the vascular system in eyes with combined pathology (myopia and glaucoma).

**KEYWORDS:** flowmetry, volumetric flow rate of blood, myopia, glaucoma, tolerable intraocular pressure, axial length of the eye, ocular pulse volume, age-related changes of the ocular blood flow.

Глаукома — хроническое заболевание, ведущее к полной слепоте при отсутствии своевременного и адекватного лечения [1, 2, 23-33]. Глаукомный процесс на глазах с миопической рефракцией еще более сложный с патогенетической точки зрения. Сочетанная патология быстрее ведет к прогрессированию глаукомной оптической нейропатии (ГОН), что, возможно, обусловлено как большими нарушениями гемодинамики в миопическом глазу, так и несвоевременным снижением внутриглазного давления (ВГД) до уровня индивидуальной нормы.

Частота выявления глаукомы за последнее время увеличилась за счет внедрения в клиническую практику современных методов исследований [1-3]. Вместе с тем следует признать низкую эффективность

ранней диагностики и адекватного лечения глаукомы, основанных на критерии общепринятой средне-статистической нормы ВГД [34-39].

Именно с целью индивидуализации диагностики и тактики лечения глаукомы нами ранее был предложен новый скрининговый метод определения толерантного внутриглазного давления путём определения нормы объемного глазного кровотока [4]. Также было показано, что в миопических глазах все гемодинамические показатели снижены по сравнению с таковыми у лиц с эметропической рефракцией [5, 13-22].

Однако в литературе лишь в единичных работах [6, 7] изучались вопросы гемодинамики у больных глаукомой в сочетании с миопией, хотя такие

исследования могут приблизить практических врачей к индивидуализированному подходу лечения глаукомы у пациентов с миопией.

В связи с вышеуказанным изучение состояния гемодинамики у пациентов с миопией в сочетании с глаукомой представляется весьма важным и актуальным для уточнения динамики глаукомного процесса и коррекции терапии.

Цель исследования — изучение объемных показателей глазной гемодинамики на глазах с миопией и глаукомой со среднестатистически нормальным ВГД на фоне гипотензивного режима.

## Материалы и методы

Всего было обследовано 206 пациентов (326 глаз) в возрасте от 20 до 84 лет (средний возраст  $48 \pm 18$  лет) с миопией и сопутствующей открытоугольной глаукомой I-III стадий при среднестатистически нормальном уровне ВГД на фоне применения гипотензивной терапии.

Все пациенты были разделены на 2 основные группы по критерию соответствия офтальмотонуса уровню индивидуальной нормы внутриглазного давления (ИНВГД): 1-я группа — пациенты с достигнутой в результате гипотензивного лечения компенсацией в пределах ИНВГД со стабильным течением глаукомной оптической нейропатии (ГОН) — 117 пациентов (194 глаза); 2-я группа — пациенты с отсутствием компенсации офтальмотонуса по отношению к ИНВГД на фоне лечения и прогрессированием ГОН — 89 пациентов (132 глаза).

Диапазон длины переднезадней оси (ПЗО) в 1-й группе составил от 23,76 до 32,93 мм, во 2-й группе — от 23,92 до 35,2 мм.

Критерии включения: пациенты с миопией разной степени с глаукомой I-III стадии.

Критерии исключения: пациенты с воспалительными заболеваниями глаза, патологией роговицы, предыдущим офтальмологическим хирургическим анамнезом, стенозом каротидных артерий, аритмией, нистагмом, плохой фиксацией взгляда.

Группы были стандартизированы по уровню офтальмотонуса, т.е. изначально в группы исследования были включены только пациенты со среднестатистическим уровнем ВГД  $\leq 21$  мм рт.ст.

По мнению ряда авторов [8] разделение близорукости на слабую, среднюю и высокую степени не всегда отражает истинное состояние глазного яблока, в отличие от длины ПЗО глаза, которая лучше характеризует глазной статус при миопии. По данным этих авторов, максимальная величина ПЗО при средней степени миопии, рассчитанная по формуле  $M \pm 2m$  оказалась равной 25 мм ( $24,0 \pm 0,52$ ). Для объективизации анализа полученных данных с целью стандартизации групп и учитывая ранее полученные нами данные [9], свидетельствующие о том, что параметры глазного кровотока сильно

коррелируют с длиной ПЗО глаза, каждая из групп была разделена на 2 большие подгруппы: А — ПЗО  $\leq 25$  мм и Б — ПЗО  $> 25$  мм.

В литературе есть данные, указывающие на снижение уровня глазного кровотока с возрастом [10, 11]. Для уточнения утверждения — действительно ли с возрастом отмечается снижение глазного кровотока и приобретает ли оно значимую величину, — мы разделили всех пациентов на 3 возрастные подгруппы: молодой возраст — пациенты от 20 до 40 лет, средний возраст — пациенты от 41 до 60 лет и старший возраст — пациенты от 61 до 84 лет (табл. 1).

Все больные были обследованы по следующей схеме: визометрия с максимальной коррекцией, тонометрия на приборе ORA (“Reichert”, США), биомикроскопия, гониоскопия, офтальмоскопия. Длину ПЗО глаз определяли методом ультразвукового А-сканирования на приборе OcuScan RXP, “Alcon” (США).

Из специальных методов исследования использовали статическую компьютерную периметрию на анализаторе полей зрения Humphrey Visual Field Analyzer II (HFA II) 750, Germany, ретиномографию на приборе Heidelberg Retina Tomograph 3 (HRT 3) (Германия), исследование пульсового глазного кровотока (флоуметрия) с помощью анализатора глазного кровотока (Blood flow Analyzer фирмы “Paradigm”, США).

## Методика проведения флоуметрии

Анализатор глазного кровотока или флоуметр представляет собой пневмотонограф с непрерывной струей подаваемого в специальный мембранный роговичный датчик воздуха, позволяющий улавливать естественные пульсовые колебания ВГД. По величине прироста внутриглазного давления в фазу систолы, и наоборот — его снижения в диастолу флоуметр рассчитывает ряд показателей, в частности, величину объемного глазного кровотока (ОГК), отражающую объем крови, протекающей через сосудистую систему глаза за единицу времени, и значение среднего тонометрического ВГД. В работе оценивали и другие характеристики кровотока, измеренные с помощью флоуметра: амплитуду пульса (разница между максимальным и минимальным уровнями ВГД, мм рт.ст.) и объем пульса (объем кровотока в мкл, обеспечивающий соответствующую амплитуду пульса).

Помимо полученных с помощью флоуметра данных уровня ВГД и ОГК нами также была использована предложенная ранее номограмма и формула расчета индивидуального уровня объемного кровотока с учетом размера ПЗО глаза [4] для определения его адекватности и определения возможного избытка / дефицита в процентном эквиваленте:  $ОГК_n = 71610 \times ПЗО^{-2,6038}$ .

## Распределение пациентов по ПЗО и возрасту

Таблица 1

Возраст Параметр		20-40 лет, n		41-60 лет, n		61 и старше, n		Итого
		1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	
ПЗО, мм	≤25	10 (13 глаз)	12 (17 глаз)	11 (16 глаз)	13 (21 глаз)	20 (33 глаз)	15 (20 глаза)	81 (120 глаз)
	>25	10 (12 глаз)	14 (19 глаз)	26 (45 глаз)	15 (20 глаз)	40 (75 глаз)	20 (35 глаз)	125 (206 глаз)
Итого		20 (25 глаз)	26 (36 глаз)	37 (61 глаз)	28 (41 глаз)	60 (108 глаз)	35 (55 глаз)	206 (326 глаз)

Примечание: n — число пациентов.

Таблица 2

## Показатели флоуметрии пациентов с глаукомой и миопией при ПЗО &lt; 25 мм в разных возрастных подгруппах, разделенных на группы по критерию соответствия существующего уровня ВГД индивидуальной норме офтальмотонуса

Параметр	Группа	20-40 лет		41-60 лет		61-84 года	
		1-я группа (n=13)	2-я группа (n=17)	1-я группа (n=16)	2-я группа (n=21)	1-я группа (n=33)	2-я группа (n=20)
ПЗО, мм		24,32±0,41	24,62±0,1	24,58±0,3	24,63±0,3	24,4±0,2	24,41±0,53
ВГД, мм рт.ст.		15,7±3,3	19,3±1,7	15,1±4	19,5±3,3	15,9±2,42	19,7±3,4
ОГК, мкл/с		17,6±3,8	14,7±2,8**	17,3±3,6	14,4±3,6**	17,1±2,9	14,5±3,9**
ИНВГД, мм рт.ст.		15,6±2,3	16,5±2,9	15,1±3,1	16,3±2,4	15,5±2,8	16,3±3,2
ОГКп, мкл/с		17,7±0,8	17,2±1,2	17,3±1,1	17,2±1,2	17,6±1,1	17,6±1,1
Дефицит ОГК, %		0,56	15	0	16	3	17
Превышение ИНВГД, %		1	12	0	15	3	15
Амплитуда пульса, мм рт.ст.		3,5±1	2,8±0,7	3,3±0,8	2,8±1	3,1±1,1	2,6±0,8
Пульсовой объем, мкл		6,2±1,7	4,5±1,3*	6±1,9	4,4±1,8*	5,8±1,79	4,2±1,2*
АД сист., мм рт.ст.		107±7	116±8	120±12	129±14	136±133	135±12
АД диаст., мм рт.ст.		75±8	81±5	78±10	86±12	84±9	85±10
АД средн., мм рт.ст.		89±7	101±6	95±10	104±12	106±9	108±9

Примечание: \* — p &lt; 0,05; \*\* — p = 0,01, уровень значимости между группами 1 и 2 (стандартизованных по возрасту).

Всем пациентам проводили измерение системного артериального давления (систолического — АД сист., диастолического — АД диаст.). Вычисляли среднее артериальное давление (АД ср.) по формуле Wezler- Boger:

$$\text{АД диаст.} + (\text{АД сист.} - \text{АД диаст.}) \times 42/100.$$

## Обработка данных

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием стандартного пакета программ статистического анализа «Statistika 10» for Windows с обработкой данных методами вариационной статистики, включающими вычисление средних значений, стандартных отклонений, ошибок средних, коэффициента корреляции Пирсона. Критический уровень статистической значимости составлял 0,05.

## Результаты и обсуждение

Анализ результатов исследования пациентов в обеих группах, стандартизованных по возрасту и длине глаза, показал, что средние значения ПЗО в разных возрастных подгруппах не имели статистически достоверной разницы (табл. 2, 3). Средние значения длины глаз в трех возрастных подгруппах (молодой, средний и старший возраст) для 1-ой группы при ПЗО ≤ 25 мм составили 24,32±0,41 мм, 24,58±0,3 мм и 24,4±0,2 мм соответственно, и при ПЗО > 25 мм — 26,28±1,25 мм, 26,65±1,6 мм и 26,89±1,71 мм соответственно. Средние значения длины глаз во второй группе при ПЗО ≤ 25 мм в молодой, средней и старшей возрастной подгруппах составили 24,62±0,1 мм, 24,63±0,3 мм и 24,41±0,53 мм соответственно, при ПЗО > 25 мм — 27,13±2,14 мм, 25,97±0,9 мм и 27,15±2,03 мм соответственно.

Показатели флоуметрии пациентов с глаукомой и миопией при ПЗО  $\geq 25$  мм в разных возрастных подгруппах, разделенных на группы по критерию соответствия существующего уровня ВГД индивидуальной норме офтальмотонуса

Группа Параметр	20-40 лет		41-60 лет		61-84 года	
	1-я группа (n=12)	2-я группа (n=19)	1-я группа (n=45)	2-я группа (n=20)	1-я группа (n=75)	2-я группа (n=35)
ПЗО, мм	26,28 $\pm$ 1,25	27,13 $\pm$ 2,14	26,65 $\pm$ 1,6	25,97 $\pm$ 0,9	26,89 $\pm$ 1,71	27,15 $\pm$ 2,03
ВГД, мм рт.ст.	15,9 $\pm$ 3,06	19,4 $\pm$ 2,9	15,6 $\pm$ 3,1	18,9 $\pm$ 3	15,7 $\pm$ 3,3	18,9 $\pm$ 3,6
ОГК, мкл/с	14,4 $\pm$ 3,2	11,2 $\pm$ 2,7**	13,9 $\pm$ 2,7	11,1 $\pm$ 3,1**	13,2 $\pm$ 2,9	9,7 $\pm$ 3**
ИНВГД, мм рт.ст.	15,6 $\pm$ 3,1	16 $\pm$ 3	15,3 $\pm$ 2,9	13,9 $\pm$ 2,8	14,9 $\pm$ 2,8	13,5 $\pm$ 3,1
ОГКп, мкл/с	14,7 $\pm$ 1,4	13,6 $\pm$ 1,1	14,2 $\pm$ 2	15,1 $\pm$ 0,9	13,9 $\pm$ 1,5	13,6 $\pm$ 1
Дефицит ОГК, %	2	18	2	27	5	28
Превышение ИНВГД, %	2	15	2	23	5	25
Амплитуда пульса, мм рт.ст.	3,4 $\pm$ 0,8	2,7 $\pm$ 0,9	3,3 $\pm$ 1,2	2,7 $\pm$ 0,8	3 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,9
Пульсовой объем, мкл	6,0 $\pm$ 1,12	4,4 $\pm$ 1,7*	5,7 $\pm$ 1,8	4,5 $\pm$ 1,7*	5,2 $\pm$ 2	3,9 $\pm$ 1,3*
АД сист., мм рт.ст.	105 $\pm$ 11	125 $\pm$ 12	123 $\pm$ 10	137 $\pm$ 10	131 $\pm$ 13	135 $\pm$ 10
АД диаст., мм рт.ст.	72 $\pm$ 10	78 $\pm$ 14	80 $\pm$ 9	90 $\pm$ 10	86 $\pm$ 9	85 $\pm$ 11
АД средн., мм рт.ст.	85 $\pm$ 10	98 $\pm$ 15	95 $\pm$ 10	112 $\pm$ 10	105 $\pm$ 8	101 $\pm$ 12

Примечание: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p = 0,01$ , уровень значимости между группами 1 и 2 (стандартизованных по возрасту).

Как видно из табл. 2 значения ОГК в 1-й группе при ПЗО  $\leq 25$  мм в молодой, средней и старшей возрастной подгруппах не имели статистически достоверной разницы, хотя и наблюдалось незначительное его снижение в старшей возрастной подгруппе (17,6 $\pm$ 3,8 мкл/с, 17,3 $\pm$ 3,6 мкл/с и 17,1 $\pm$ 2,9 мкл/с соответственно,  $p > 0,1$ ) при норме ОГКп = 17,3-17,7 мкл/с (см. табл. 2).

При анализе глазного кровотока у пациентов 1-й группы с ПЗО  $> 25$  мм, несмотря на тенденцию к снижению в старшей возрастной подгруппе, достоверной разницы ОГК также не было выявлено во всех трёх возрастных подгруппах (14,4 $\pm$ 3,2 мкл/с, 13,9 $\pm$ 2,7 мкл/с и 13,2 $\pm$ 2,9 мкл/с соответственно) ( $p > 0,1$ ) при норме ОГКп = 13,9-14,8 мкл/с (см. табл. 3).

Наблюдалась слабая тенденция к снижению амплитуды и объема глазного пульса в старшей возрастной подгруппе у пациентов 1-й группы с ПЗО  $\leq 25$  мм и с ПЗО  $> 25$  мм по сравнению с подгруппами молодого и среднего возраста. Однако эти результаты были также статистически недостоверны (см. табл. 2).

При оценке значений ОГК во 2-й группе при ПЗО  $\leq 25$  мм и ПЗО  $> 25$  мм с учетом возраста отмечалась та же тенденция к его снижению в старшей возрастной подгруппе, что и в 1-й группе (см. табл. 2, 3), однако разница в подгруппах была статистически недостоверной.

Как видно из табл. 2 и 3, значения ОГК во 2-й группе с ПЗО  $\leq 25$  мм во всех трех возрастных подгруппах (14,7 $\pm$ 2,8 мкл/с; 14,4 $\pm$ 3,6 мкл/с и 14,5 $\pm$ 3,9 мкл/с соответственно), а также с ПЗО  $> 25$  мм в тех же возрастных подгруппах (11,2 $\pm$ 2,7 мкл/с; 11,1 $\pm$ 3,1 мкл/с и 9,7 $\pm$ 3 мкл/с соответственно) были достоверно снижены по сравнению с 1-й группой с ПЗО  $\leq 25$  мм во всех 3 возрастных подгруппах (17,6 $\pm$ 3,8 мкл/с; 17,3 $\pm$ 3,6 мкл/с и 17,1 $\pm$ 2,9 мкл/с соответственно) и с ПЗО  $> 25$  мм рт.ст. (14,4 $\pm$ 3,2 мкл/с; 13,9 $\pm$ 2,7 мкл/с и 13,2 $\pm$ 2,9 мкл/с соответственно),  $p = 0,01$ .

Одновременно во 2-й группе было выявлено снижение объема и амплитуды пульса во всех возрастных подгруппах с ПЗО  $\leq 25$  мм и с ПЗО  $> 25$  мм по сравнению с 1-й группой с ПЗО  $\leq 25$  мм и с ПЗО  $> 25$  мм ( $p < 0,05$ ), (см. табл. 2, 3). Результаты исследования подтверждают мнение авторов о том, что при ПОУГ имеют место сосудистые нарушения [12]: чем более они выражены на фоне достигнутой среднестатистической нормы ВГД, тем быстрее прогрессирует ГОН.

При анализе полученных данных системного артериального давления корреляции изучаемых параметров (АД сист., АД диаст., АД ср.) с ОГК в обеих группах нами не выявлено ( $p = 0,1$ ).

Ранее нами было установлено, что в миопических глазах даже без сопутствующей глазной патологии уже изначально имеет место снижение

глазного кровотока относительно глаз с эмметропической рефракцией, а также отмечается небольшой дефицит в значениях ОГК при высокой степени миопии (ПЗО > 25 мм) от расчетной нормы по сравнению с миопией слабой и средней степени [6]. В продолжение предыдущей работы мы решили проанализировать результаты настоящей работы с точки зрения восстанавливаемости объемного кровотока до нормы (ОГКн) при ПЗО ≤ 25 мм и при ПЗО > 25 мм.

Для сравнительного анализа полученных результатов была вычислена процентная разница между фактическим значением объемного глазного кровотока и его нормой. В 1-й группе она составила при ПЗО ≤ 25 мм и при ПЗО > 25 мм в молодой возрастной подгруппе 0,56 и 2% соответственно, в средней — 0 и 2% соответственно и в старшей 3 и 5% соответственно. Однако разница между данными сравниваемых подгрупп не была достоверной, что может указывать только на некоторую тенденцию в снижении степени восстановления глазного кровотока до расчетной нормы с увеличением размера длины глаза более 25 мм в группе пациентов с миопией в сочетании с первичной глаукомой на фоне стабилизации процесса и компенсации ВГД по критерию индивидуальной нормы.

Во 2-й группе при отсутствии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы дефицит ОГК составил при ПЗО ≤ 25 мм и при ПЗО > 25 мм в молодой возрастной подгруппе 15 и 18%, в средней — 16 и 27% и в старшей — 17 и 28% соответственно. Дефицит ОГК в глазах при отсутствии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы у пациентов с длиной ПЗО более 25 мм был достоверно больше в сравнении с пациентами, длина ПЗО которых не превышала 25 мм. При этом процент превышения имеющегося ВГД индивидуальной нормы был меньше дефицита кровотока при ПЗО ≤ 25 мм и при ПЗО > 25 мм и составил 12 и 15% в молодой возрастной подгруппе, 15 и 23% в средней возрастной подгруппе и 15 и 25% в старшей возрастной подгруппе соответственно.

Сравнительная оценка объемных характеристик глазного кровотока в глаукомных глазах на фоне миопии при стабилизации процесса и при прогрессировании ГОН выявило достоверное снижение ОГК и превышение ВГД расчетной индивидуальной нормы офтальмотонуса при нестабилизации процесса ( $p=0,01$ ) по сравнению с группой, где на фоне лечения было достигнуто соответствие реального офтальмотонуса расчетной ИНВГД, а также определяемого ОГК норме глазного кровотока (ОГКн).

Таким образом, при подтверждении нестабилизации глаукомного процесса в миопических глазах, особенно в глазах со среднестатистически нормальным ВГД, важно оценивать результаты исследований глазной гемодинамики с учетом

нормативных значений ОГК в зависимости от длины глаза и корректировать местную гипотензивную терапию с учетом соответствия полученных данных реального офтальмотонуса и ИНВГД.

## Выводы

1. На глазах со среднестатистически нормальным ВГД, однако отсутствием компенсации офтальмотонуса относительно индивидуальной нормы, у пациентов с миопией и ПОУГ при длине ПЗО глаза меньше 25 мм и больше 25 мм выявлен статистически значимый дефицит ОГК относительно нормы на 15 и 18% в молодой возрастной подгруппе, на 16 и 27% — в средней возрастной подгруппе, на 17 и 28% — в старшей возрастной подгруппе соответственно.

2. Определено достоверное превышение дефицита ОГК при отсутствии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы у пациентов с длиной ПЗО больше 25 мм в сравнении с пациентами, длина ПЗО которых не превышала 25 мм.

3. Установлено статистически значимое снижение амплитуды и объема пульса у пациентов с миопией и ПОУГ при отсутствии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы в сравнении аналогичными параметрами глазного кровотока в условиях компенсации ВГД во всех возрастных подгруппах.

4. Установлено, что при компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы у пациентов с миопией и ПОУГ при длине ПЗО глаза меньше 25 мм и больше 25 мм не было отмечено достоверного дефицита гемодинамики, в то время как при отсутствии компенсации ВГД относительно индивидуальной нормы показатели глазной гемодинамики были достоверно снижены, что указывает на влияние повышенного ВГД на кровоснабжение глаза, несмотря на то что офтальмотонус находился в диапазоне среднестатистической нормы.

5. Корреляции параметров артериального давления (АД сист., АД диаст., АД ср.) с объемным глазным кровотоком в обеих группах не выявлено.

## Литература/References

1. Казарян Э.Э. Современные методы мониторинга первичной открытоугольной глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2009; 125(4):40-44. [Kazaryan E.E. Current methods of monitoring of primary open-angle glaucoma. *Vestn Oftalmol* 2009; 125(4):40-44. (In Russ.)].
2. Lan Y.W., Henson D.B., Kwartz A.J. The correlation between optic nerve head topographic measurements, peripapillary nerve fibre layer thickness, and visual field indices in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2003; 87(9):1135-1141. doi:10.1136/bjo.87.9.1135
3. Аветисов С.Э., Харлап С.И., Насникова И.Ю., Круглова Е.В., Акопян В.С., Харлап Г.В. Трехмерная компьютерная сонография в определении сосудистой системы глаза и орбиты. Сообщение 1. Методический подход и принципы анализа результатов исследования. *Вестник офтальмологии* 2003; 119(4):39-42. [Avetisov S.E., Kharlap S.I.,

- Nasnikova I.Iu., Kruglova E.V., Akopian V.S., Kharlap G.V. Three-dimensional computerized sonography in evaluation of the vascular system of the eye and orbit. I. Methodological approach and principles of analysis of results. *Vestn Oftalmol* 2003; 119(4):39-42. (In Russ.).
4. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А., Мазурова Ю.В., Рыжкова Е.Г., Галоян Н.С., Татевосян А.А. Новый скрининговый метод определения толерантного внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2009; 125(5):3-7. [Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Shmeleva-Demir O.A., Mazurova Yu.V., Ryzhkova E.G., Galoyan N.S., Tatevosyan A.A. New screening method for determining the tolerance of intraocular pressure. *Vestn Oftalmol* 2009; 125(5):3-7. (In Russ.).]
  5. Мамиконян В.Р., Шмелева-Демир О.А., Харлап С.И., Анджелова Д.В., Казарян Э.Э., Макашова Н.В., Галоян Н.С., Мазурова Ю.В., Татевосян А.А., Карапетян А.Т. Изменения гемодинамики глаза при миопии различной степени. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(6):24-27. [Mamikonyan V.R., Shmeleva-Demir O.A., Kharlap S.I., Andzhelova D.V., Kazaryan E.E., Makashova N.V., Galoyan N.S., Mazurova Yu.V., Tatevosyan A.A., Karapetyan A.T. Hemodynamic changes in myopia of different degree. *Vestn Oftalmol* 2013; 129(6):24-27. (In Russ.).]
  6. Макашова Н.В. Сравнительный анализ гемодинамических параметров в оценке состояния глаукомного процесса у пациентов с миопией. *Вестник офтальмологии* 2004; 120(2):25-29. [Makashova N.V. A comparative analysis of hemodynamic parameters within the evaluation of the glaucomatous process in patients with myopia. *Vestn Oftalmol* 2004; 120(2):25-29. (In Russ.).]
  7. Должич Г.И., Шлык И.В., Должич Р.Р. Клинические разновидности глаукомы у лиц с приобретенной близорукостью высокой степени. *Вестник офтальмологии* 1999; 115(6):3-6. [Dolzhich G.I., Shlyk I.V., Dolzhich R.R. Clinical variants of glaucoma in patients with acquired high myopia. *Vestn Oftalmol* 1999; 115(6):3-6. (In Russ.).]
  8. Ширшиков Ю.К. Соотношение некоторых анатомических параметров глаз при первичной глаукоме. *Вестник офтальмологии* 1979; 96(1):13-17. [Shirshikov Yu.K. Correlation of the anatomical parameters of the eyes in primary glaucoma. *Vestn Oftalmol* 1979; 96(1):13-17. (In Russ.).]
  9. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А., Галоян Н.С., Мазурова Ю.В., Татевосян А.А., Рыжкова Е.Г. Результаты клинической оценки нового скринингового метода определения индивидуальной нормы внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2010; 126(2):5-7. [Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Shmeleva-Demir O.A., Mazurova Yu.V., Ryzhkova E.G., Galoyan N.S., Tatevosyan A.A. Results of clinical evaluation of a new screening method to determine the individual rules of intraocular pressure. *Vestn Oftalmol* 2010; 126(2):5-7. (In Russ.).]
  10. Mori F., Konno S., Hikichi T., Yamaguchi Y., Ishiko S., Yoshida A. Factors affecting pulsatile ocular blood flow in normal subjects. *Br J Ophthalmol* 2001; 85:529-530. doi:10.1136/bjo.85.5.529
  11. Ravalico G., Toffoli G., Pastori G., Croc M., Calderini S. Age-related ocular blood flow changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996; 37(13):2645-2650.
  12. Краснов М.М. К анализу особенностей внутриглазной гемодинамики и возможности терапевтического воздействия на неё при глаукоме и дефиците кровоснабжения. *Вестник офтальмологии* 1989; 105(6):36-43. [Krasnov M.M. Analysis of intraocular hemodynamics and possibilities of therapeutic effects upon it in glaucoma and deficiency of blood supply. *Vestn Oftalmol* 1989; 105(6):36-43. (In Russ.).]
  13. Аветисов С.Э., Егорова Г.Б., Федоров А.А., Бобровских Н.В. Конфокальная микроскопия роговицы. Сообщение 2. Морфологические изменения при кератоконусе. *Вестник офтальмологии* 2008; 124(3):6-9. [Avetisov S.E., Egorova G.B., Fedorov A.A., Bobrovskikh N.V. Confocal microscopy of the cornea. Communication 2. Morphological changes in keratoconus. *Vestn Oftalmol* 2008; 124(3):6-9. (In Russ.).]
  14. Аветисов С.Э. Современные аспекты коррекции рефракционных нарушений. *Вестник офтальмологии* 2004; 120(1):19-22. [Avetisov S.E. Current aspects of correction of refractive disorders. *Vestn Oftalmol* 2004; 120(1):19-22. (In Russ.).]
  15. Аветисов С.Э., Петров С.Ю., Бубнова И.А., Аветисов К.С. Возможное влияние толщины роговицы на показатель внутриглазного давления. В сборнике: Современные методы диагностики и лечения заболеваний роговицы и склеры. М.; 2007: 240-242. [Avetisov S.E., Petrov S.Yu., Bubnova I.A., Avetisov K.S. Possible influence of corneal thickness on intraocular pressure indicator. In: Modern methods of diagnosis and treatment of diseases of the cornea and sclera. Moscow; 2007: 240-242. (In Russ.).]
  16. Аветисов С.Э., Казарян Э.Э., Мамиконян В.Р., Шелудченко В.М., Литвак И.И., Богачев К.А. и др. Результаты комплексной оценки аккомодативной астенопатии при работе с видеомониторами различной конструкции. *Вестник офтальмологии* 2004; 120(3):38-40. [Avetisov S.E., Kazaryan E.E., Mamikonyan V.R., Sheludchenko V.M., Litvak I.I., Volachev K.A. et al. Results of a complex evaluation of accommodative asthenopia in using different-design video monitors. *Vestn Oftalmol* 2004; 120(3):38-40. (In Russ.).]
  17. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Исследование биомеханических свойств роговицы у пациентов с нормотензивной и первичной открытоугольной глаукомой. *Вестник офтальмологии* 2008; 124(5):14-16. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. Investigation of the biomechanical properties of the cornea in patients with normotensive and primary open-angle glaucoma. *Vestn Ophthalmol* 2008; 124(5):14-16. (In Russ.).]
  18. Володин Н.Н., Дегтярев Д.Н., Байбарина Е.Н., Аветисов С.Э., Сидоренко Е.И., Сдобникова С.В., Асташева И.Б., Кафарская К.О. Принципы профилактики, диагностики и лечения ретинопатии недоношенных детей. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии* 2003; 2(4):43-48. [Avetisov S.E., Degtjarev D.N., Bajbarina E.N., Avetisov S.E., Sidorenko E.I., Sdobnikova S.V., Astasheva I.B., Kafarskaja K.O. The principles of prevention, diagnostics and treatment of retinopathy of prematurity. *Questions on Obstetrics, Gynecology and Perinatology* 2003; 2(4):43-48. (In Russ.).]
  19. Аветисов С.Э., Липатов Д.В., Федоров А.А. Морфологические изменения при несостоятельности связочного аппарата хрусталика. *Вестник офтальмологии* 2002; 118(4):22-23. [Avetisov S.E., Lipatov D.V., Fedorov A.A. Morphological changes in failure of the lenticular ligamentous-capsular system. *Vestn Oftalmol* 2002; 118(4):22-23. (In Russ.).]
  20. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Исследование влияния биомеханических свойств роговицы на показатели тонометрии. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук* 2009; 29(4):30-33. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. The study of the effect of the corneal biomechanical properties on the intraocular pressure measurement. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences* 2009; 29(4):30-33. (In Russ.).]
  21. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Биомеханические свойства роговицы: клиническое значение, методы исследования, возможности систематизации подходов к изучению. *Вестник офтальмологии* 2010; 126(6):3-7. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. Corneal biomechanics: clinical importance, evaluation, possibilities of sistematization of examination approaches. *Vestn Ophthalmol* 2010; 126(6):3-7. (In Russ.).]
  22. Avetisov S.E., Novikov I.A., Bubnova I.A. et al. Determination of corneal elasticity coefficient using the ORA database. *J Refract Surg* 2010; 26(7):520-524. doi:10.3928/1081597x-20091030-01

23. Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С., Блюм Е.А., Брежнев А.Ю. и др. Модель манифестирования и исходов первичной открытоугольной глаукомы. *Клиническая медицина* 2014; 92(12):64-72. [Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Bakunina N.A., Basinsky A.S., Blyum E.A., Brezhnev A.Yu. et al. A model of primary open-angle glaucoma: manifestations and outcomes. *Klinicheskaya meditsina* 2014; 92(12):64-72. (In Russ.)].
24. Куроедов А.В., Брежнев А.Ю., Александров А.С., Огородникова В.Ю. Принципы лечения начальной стадии глаукомы: хирургия против терапии (обзор литературы). *Военно-медицинский журнал* 2011; 332(5):28-35. [Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Yu., Alexandrov A.S., Ogorodnikova V.Yu. Principles of treatment of earlystage glaucoma: Surgery vs. Therapy (Review of literature). *Voенno-meditsinskii zhurnal* 2011; 332(5):28-35. (In Russ.)].
25. Куроедов А.В., Брежнев А.Ю., Александров А.С. Как понизить уровень внутриглазного давления на 30% у пациентов с глаукомой (обзор литературы). *Военно-медицинский журнал* 2009; 330(6):40-46. [Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Yu., Alexandrov A.S. Principles of reduction of ophthalmotonous pressure on 30% by the patients with glaucoma (Review of literature). *Voенno-meditsinskii zhurnal* 2009; 330(6): 40-46. (In Russ.)].
26. Куроедов А.В., Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С., Блюм Е.А., Брежнев А.Ю. и др. Первичная открытоугольная глаукома: в каком возрасте пациента и при какой длительности заболевания может наступить слепота. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности* 2014; 12(2):74-84. [Kuroyedov A.V., Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Bakunina N.A., Basinsky A.S., Blyum E.A., Brezhnev A.Yu. et al. Primary open-angle glaucoma: at what age and at what disease duration blindness can occur. *Medical and biological problems of life activity* 2014; 2(12):74-84. (In Russ.)].
27. Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С., Блюм Е.А., Брежнев А.Ю. и др. Прогнозирование продолжительности сроков заболевания и возраста пациентов с разными стадиями первичной открытоугольной глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2014; 13(2):60-69. [Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Bakunina N.A., Basinsky A.S., Blyum E.A., Brezhnev A.Yu. et al. Prediction of disease duration and age of patients with different primary open-angle glaucoma changes. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2014; 13(2):60-69. (In Russ.)].
28. Куроедов А.В., Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С., Блюм Е.А., Брежнев А.Ю. и др. Предполагаемый возраст пациентов и период болезни для проведения интенсивных лечебно-профилактических манипуляций при первичной глаукоме. *Офтальмология Востоchnaya Европа* 2014; 22(3):60-71. [Kuroyedov A.V., Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Bakunina N.A., Basinsky A.S., Blyum E.A., Brezhnev A.Yu. et al. Projected age of patients and disease duration for intensive therapeutic and prophylactic actions in primary glaucoma. *Oftalmologia Vostochnaya Evropa* 2014; 3(22):60-71. (In Russ.)].
29. Онищенко А.Л., Колбаско А.В., Жилина Н.М., Захарова А.В., Власенко А.Е. Заболеваемость первичной глаукомой, ее гендерные особенности среди жителей крупного промышленного города Сибири. *Офтальмология* 2014; 11(4):59-66. [Onischenko A.L., Kolbasko A.V., Zhilina N.M., Zacharova A.V., Vlasenko A.E. Morbidity from primary glaucoma and its gender-specific aspects amongst the population of Siberian industrial town. *Ophthalmology* 2014; 11(4): 59-66. (In Russ.)].
30. Киселева О.А., Робустова О.В., Бессмертный А.М., Захарова Е.К., Авдеев Р.В. Распространенность первичной глаукомы у представителей разных рас и этнических групп в России и странах СНГ. *Офтальмология* 2013; 10(4):11-15. [Kiseleva O.A., Robustova O.V., Bessmertny A.M., Zakharova E.K., Avdeev R.V. Prevalence of primary glaucoma in representatives of different races and ethnic groups in Russia and in CIS. *Ophthalmology* 2013; 10(4):11-15. (In Russ.)].
32. Петров С.Ю. Целевой уровень внутриглазного давления в оценке гипотензивной эффективности антиглаукомных операций. *Офтальмология* 2014; 11(4):4-9. [Petrov S.Yu. Target IOP as a measure of glaucoma surgery efficacy. *Ophthalmology* 2014; 11(4):4-9. (In Russ.)].
33. Киселева О.А., Робустова О.В., Бессмертный А.М., Захарова Е.К., Авдеев Р.В. Распространенность первичной глаукомы у представителей разных рас и этнических групп в мире. *Офтальмология* 2013; 10(3):5-8. [Kiseleva O.A., Robustova O.V., Bessmertny A.M., Zakharova E.K., Avdeev R.V. Prevalence of primary glaucoma in representatives of different races and ethnic groups in the world. *Ophthalmology* 2013; 10(3):5-8. (In Russ.)].
34. Балалин С.В., Гущин А.В. Новые возможности исследования толерантного ВГД у больных первичной открытоугольной глаукомой с помощью автоматизированной офтальмотоносфигмографии. *Глаукома* 2003; (2)3:15-19. [Balalin S.V., Gushchin A.V. New opportunities of measurement tolerant IOP at patients with the initial open angle glaucoma with automated ophthalmotonosphygmography method. *Glaucoma* 2003; (2)3:15-19. (In Russ.)].
35. Балалин С.В., Фокин В.П. О роли внутриглазного давления в диагностике и лечении первичной открытоугольной глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2010; 11(4): 113-115. [Balalin S.V., Fokin V.P. On the role of intraocular pressure in the diagnosis and treatment of primary open-angle glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 11(4):113-115. (In Russ.)].
36. Балалин С.В., Фокин В.П. Исследование толерантности и интолерантности зрительного нерва к внутриглазному давлению при глаукоме. *Сибирский научный медицинский журнал* 2009; 29(4):44-50. [Balalin S.V., Fokin V.P. Study of optic nerve tolerance and intolerance to intraocular pressure in glaucoma. *Siberian Scientific Medical Journal* 2009; 29(4):44-50. (In Russ.)].
37. Фокин В.П., Балалин С.В. Офтальмогипертензии по данным компьютерной надпороговой статической селективной периметрии у больных глаукомой, псевдоглаукомой и у лиц с глазной гипертензией. *Глаукома* 2008; 7(2):3-8. [Fokin V.P., Balalin S.V. Study of optic nerve intolerance to compressive ocular hypertension basing on computer suprathreshold static perimetry in patients with glaucoma, pseudoglaucoma and ocular hypertension. *Glaucoma* 2008; 7(2):3-8. (In Russ.)].
38. Фокин В.П., Балалин С.В. Определение целевого внутриглазного давления у больных первичной открытоугольной глаукомой. *Глаукома* 2007; 6(4)3:16-20. [Fokin V.P., Balalin S.V. Definition of target intraocular pressure in patients with primary open-angle glaucoma. *Glaucoma* 2007; 6(4)3:16-20. (In Russ.)].
39. Водовозов А.М., Балалин С.В. Показатель чувствительности зрительного нерва к интолерантному внутриглазному давлению и его значение для ранней диагностики глаукомы. *Офтальмологический журнал* 1991; 3:144. [Vodovozov A.M., Balalin S.V. The sensitivity index of the optic nerve to the eye pressure inside tolerant and its significance for the early diagnosis of glaucoma. *Ophthalmological Journal* 1991; 3:144. (In Russ.)].

Поступила 06.02.2015