

Влияние прогрессивной очковой коррекции на показатели гидродинамики глаза и некоторые окулярные морфометрические параметры у лиц с пресбиопией

И.А. Гндоян ✉, А.В. Петраевский, Н.А. Кузнецова, Л.Б. Куштарева

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Цель: исследовать показатели гидродинамики и морфометрические параметры глаза у лиц с эметропией и гиперметропией пресбиопического возраста в условиях привычной профессиональной зрительной нагрузки на фоне применения прогрессивной и монофокальной очковой коррекции. **Материал и методы.** Обследованы 49 человек (98 глаз) в возрасте от 45 до 56 лет, средний возраст ($48 \pm 1,7$) года. Мужчин было 20, женщин – 29. Из них эметропия присутствовала у 22 человек (44 глаза), гиперметропия слабой степени – у 19 человек (38 глаз) и средней степени – у 8 человек (16 глаз). Все включенные в исследование не имели каких-либо глазных заболеваний кроме пресбиопии и гиперметропии. Всем лицам обследование проводилось на фоне интенсивных зрительных нагрузок в конце рабочего дня первично в исходном состоянии без коррекции, затем на фоне использования монофокальной или прогрессивной очковой коррекции. В число методов обследования входили визометрия, авторефрактометрия, пневмотонометрия, ультразвуковая биометрия, компьютерная тонография, определение амплитуды аккомодации при помощи пробы Push up test, оптическая когерентная томография переднего сегмента глаза. **Результаты.** Выявлено состояние напряженности гидродинамических процессов, уменьшение глубины передней камеры и ширины иридокорнеального угла в условиях зрительной нагрузки на близком расстоянии у лиц пресбиопического возраста с гиперметропией и эметропией без коррекции. Применение прогрессивной очковой коррекции привело к существенному снижению ВГД ($p < 0,001$), увеличению коэффициента легкости оттока внутриглазной жидкости ($p < 0,001$), углублению передней камеры ($p < 0,01$ при эметропии и $p < 0,001$ при гиперметропии) и увеличению ширины иридокорнеального угла ($p < 0,001$). Зафиксировано существенное увеличение амплитуды аккомодации на фоне применения прогрессивной коррекции как у гиперметропов ($p < 0,001$), так и у эметропов ($p < 0,05$). **Выводы.** Использование прогрессивных очков в качестве постоянной коррекции благоприятно влияет на состояние гидродинамики глаза и морфометрические показатели передней камеры у эметропов и гиперметропов с пресбиопией. Отсутствие коррекции у лиц пресбиопического возраста не только вызывает зрительное утомление, но может привести к срыву гидродинамического равновесия и развитию глаукомы.

Ключевые слова: пресбиопия, гиперметропия, эметропия, аккомодация, коррекция монофокальная, коррекция прогрессивная, гидродинамика глаза, глубина передней камеры, иридокорнеальный угол, амплитуда аккомодации

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-2-57-62>

Influence of progressive spectacles correction on the eye hydrodynamics indicators and ocular morphometric parameters in presbyopic persons

I.A. Gndoyan ✉, A.V. Petraevsky, N.A. Kuznetsova, L.B. Kushtareva

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Abstract. Purpose: To study the eye hydrodynamics indicators and eye morphometric parameters in presbyopic subjects with emmetropia and hyperopia under the usual professional visual load with using of progressive and monofocal spectacles correction. **Material and methods:** 49 subjects (98 eyes) of 45–56 y.o., mean age (48 ± 1.7) years, were examined. There were 20 men and 29 women. Emmetropia was present in 22 subjects (44 eyes), mild degree of hyperopia – in 19 subjects (38 eyes) and moderate degree of hyperopia – in 8 subjects (16 eyes). All subjects who were included in the study had not any eye diseases other than presbyopia and hyperopia. All persons were examined against the background of intense visual load at the end of the working day. First examination was performed without spectacles using, second one – after prescribing and using of monofocal or progressive spectacles correction. The examination methods were represented by visometry, refractometry, pneumotonometry, computer tonography, ultrasound biometry, determination of accommodation amplitude using the «Push up test», optical coherence tomography of the anterior segment of the eye. **Results:** The critic intensity of eye hydrodynamics processes, anterior chamber depth decreasing and the iridocorneal angle increasing were revealed under conditions of visual load at near distance in presbyopic patients with hyperopia and emmetropia without spectacles correction. Using of progressive spectacles correction led to significant decreasing of intraocular pressure (IOP) ($p < 0.001$), increasing of aqueous humor outflow ($p < 0.001$), anterior chamber depth decreasing ($p < 0.01$ in emmetropia and $p < 0.001$ in hyperopia) and iridocorneal angle increasing ($p < 0.001$). Significant increasing of the accommodation amplitude was recorded with using of progressive correction in both hyperopic ($p < 0.001$) and emmetropic subjects ($p < 0.05$). **Conclusion:** The use of progressive

glasses as a permanent correction has a positive effect on the state of eye hydrodynamics and morphometric parameters of the anterior chamber in emmetropic and hypermetropic patients with presbyopia. Lack of correction in persons of presbyopic age not only causes visual fatigue, but can lead to disruption of hydrodynamic balance and the development of glaucoma.

Keywords: presbyopia, hyperopia, emmetropia, accommodation, monofocal correction, progressive correction, eye hydrodynamics, anterior chamber depth, iridocorneal angle, accommodation amplitude.

Морфологические исследования путей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ) демонстрируют их тесную связь с аккомодационным аппаратом при определенном приоритете последнего [1, 2]. Сокращение цилиарной мышцы запускает не только процесс аккомодации, но и способствует активному перемещению ВГЖ по увеосклеральному пути оттока, что способствует улучшению циркуляции водянистой влаги в системе окулярной гидродинамики [3]. Уменьшение амплитуды экскурсий цилиарного тела, особенно в условиях возрастного увеличения размера и уплотнения хрусталика, приводит к состоянию гипоперфузии дренажной системы глаза [4, 5]. О зависимости системы гидродинамики от более значимой по иерархии физиологических процессов системы аккомодации свидетельствует и сформулированный принцип приоритета четкости изображения (непосредственно через аккомодацию) на сетчатке в управлении офтальмотонусом [6]. Исследования в этом направлении лежат в основе гипотезы о рефракционном механизме развития первичной открытоугольной глаукомы [7].

Многочисленные исследования подтверждают положение о том, что тонус ресничной мышцы и интенсивность оттока ВГЖ взаимосвязаны теснейшим образом, особенно после 45 лет [8]. Высказана мысль о том, что внесение направленных оптических изменений в статическую рефракцию глаза позволяет изменить тонус работы ресничной мышцы за счет активизации работы механизмов аккомодации и обеспечить адекватное направленное изменение оттока ВГЖ как по трабекулярному, так и по увеосклеральному пути [9]. И, напротив, установлено, что в условиях снижения тонуса ресничной мышцы страдает отток по обоим путям оттока [10].

Вопрос о взаимосвязи пресбиопии с возможными нарушениями гидродинамики, возникающими у лиц старшей возрастной группы, остается актуальным до настоящего времени [8]. Особый интерес при исследовании данного аспекта приобретает вопрос о значении состояния аккомодации «стареющего глаза» и адекватной коррекции для сохранения нормальных параметров гидродинамики.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать показатели гидродинамики и морфометрические параметры глаза у лиц с эметропией и гиперметропией пресбиопического возраста в условиях привычной профессиональной зрительной нагрузки на фоне применения прогрессивной и монофокальной очковой коррекции.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 49 человек (98 глаз) в возрасте от 45 до 56 лет, ($48 \pm 1,7$) года. Мужчин было 20, женщин – 29. Распределение по типам рефракции было следующим: эметропия присутствовала у 22 человек (44 глаза), гиперметропия слабой степени – у 19 человек (38 глаз) и средней степени – у 8 человек (16 глаз). Все включенные в исследования лица не имели кроме пресбиопии и гиперметропии каких-либо глазных заболеваний. Всем испытуемым обследование проводилось дважды, причем каждый раз в конце рабочего дня после обычной зрительной нагрузки, выполненной в рамках должностных обязанностей: первый раз в исходном состоянии до назначения коррекции, второй раз – также после законченного рабочего дня с применением монофокальной коррекции для близи или прогрессивной коррекции в вариантах «офис» и «универсал». Все обследуемые в силу своей профессиональной деятельности имели интенсивную зрительную работу вблизи: длительная работа с бумажными и электронными документами и базами, работа с экраном персонального компьютера не менее 70 % продолжительности рабочего дня. В рамках двух рефракционных групп – эметропии и гиперметропии – мониторинг проводился после назначения прогрессивной и монофокальной коррекции, то есть наблюдение велось в четырех группах.

В качестве методов мониторинга использовались визометрия с коррекцией, авторефрактометрия (Auto Ref-Keratometer PRK-6000, Южная Корея), пневмотонометрия (Reichert PT100, США), ультразвуковая биометрия (VuMax HD, Sonomed Inc, США), компьютерная тонография (Glau Test-60, Россия), оптическая когерентная томография переднего сегмента глаза (ОКТ) (Topcon OCT-3D, Япония), а также определение амплитуды аккомодации при помощи пробы Push up test.

Push up test, или проба с приближающимся тестом, – это исследование, которое широко применяется в рутинной практике для определения аддидации [11]. У лиц пресбиопического возраста данная процедура используется при подборе очков для близи или прогрессивных очков для предварительного расчета аддидации. Тест позволяет оценить амплитуду аккомодации (или объем аккомодации) путем вычисления разницы между дальнейшей и ближайшей точками ясного видения, определяемыми в монокулярных условиях и выраженными в диоптриях.

Статистическая обработка материала проводилась с помощью пакета Microsoft Office Excel 2007 и программы Statistica 7. Вычислялись значения среднего арифметического, стандартного отклонения, ошибки

среднего, критерия Стьюдента. Уровень достоверности принимался равным 0,05 и более.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Подбор варианта коррекции и, следовательно, включения затем обследуемого в ту или иную группу производился на основании выбора самого субъекта после разъяснения врачом необходимости применения коррекции для близи с учетом возраста и профессиональной нагрузки. Надо отметить, что 5 человек в возрасте от 45 до 50 лет до включения в исследование никогда не пользовались коррекцией для близи, причем все они имели гиперметропическую рефракцию средней степени. Это неудивительно, поскольку из-

вестно, что мощный аккомодационный аппарат гиперметропов позволяет им выполнять все виды зрительной нагрузки на близком расстоянии даже в возрасте после 50 лет [12]. Мы не включили в исследование лиц с миопией по следующим соображениям. Во-первых, в литературе имеются данные о том, что при стационарной миопии зрительная нагрузка на близком расстоянии не влияет существенно на параметры гидродинамики [13]. Кроме того, специфика работы с экраном персонального компьютера (рабочее расстояние 40–60 см) для миопы слабой и средней степени обуславливает зрительную нагрузку в пределах его амплитуды аккомодации, что практически исключает ее напряжение и не требует коррекции для близи и/или средней дистанции (табл.) [4].

Параметры передней камеры и гидродинамики глаза в условиях зрительной нагрузки без коррекции и с ее использованием, $M \pm m$

Параметры	Лица с эметропией				Лица с гиперметропией			
	монофокальные очки (22 глаза)		прогрессивные очки (22 глаза)		монофокальные очки (26 глаз)		прогрессивные очки (28 глаз)	
	до назначения	после	до назначения	после	до назначения	после	до назначения	после
ВГД, мм рт. ст.	21,1 ± 0,3	20,3 ± 0,3 <i>P</i> < 0,1	20,4 ± 0,4	17,1 ± 0,2 <i>P</i> < 0,001	21,3 ± 0,4	20,2 ± 0,2 <i>P</i> < 0,05	21,0 ± 0,4	15,4 ± 0,3 <i>P</i> < 0,001
Коэффициент легкости оттока, мм ³ /мин. × мм рт. ст.	0,170 ± 0,005	0,190 ± 0,013 <i>P</i> < 0,2	0,17 ± 0,009	0,24 ± 0,01 <i>P</i> < 0,001	0,180 ± 0,005	0,19 ± 0,01 <i>P</i> < 0,2	0,170 ± 0,007	0,240 ± 0,008 <i>P</i> < 0,001
Скорость продукции ВГЖ, мм ³ /мин	2,10 ± 0,27	2,10 ± 0,18 <i>P</i> > 0,5	2,00 ± 0,25	1,90 ± 0,20 <i>P</i> > 0,5	1,9 ± 0,2	2,00 ± 0,15 <i>P</i> > 0,5	1,8 ± 0,2	1,70 ± 0,19 <i>P</i> > 0,5
Коэффициент Беккера КБ	125,2 ± 5,3	116,8 ± 9,1 <i>P</i> > 0,5	125,7 ± 8,8	63,1 ± 3,0 <i>P</i> < 0,001	122,0 ± 4,8	114,0 ± 8,1 <i>P</i> < 0,2	125,8 ± 7,1	63,1 ± 2,3 <i>P</i> < 0,001
Величина ИКУ, градусы	33,4 ± 1,0	34,5 ± 0,6 <i>P</i> < 0,2	31,2 ± 0,7	36,8 ± 0,9 <i>P</i> < 0,001	32,5 ± 1,1	35,0 ± 0,8 <i>P</i> < 0,1	31,7 ± 0,6	39,3 ± 0,9 <i>P</i> < 0,001
Переднезадний размер глазного яблока, мм	23,90 ± 0,20	23,76 ± 0,20 <i>P</i> > 0,5	23,81 ± 0,20	23,91 ± 0,19 <i>P</i> > 0,5	22,90 ± 0,20	22,80 ± 0,2 <i>P</i> > 0,5	22,7 ± 0,1	22,9 ± 0,1 <i>P</i> < 0,5
Глубина передней камеры, мм	2,98 ± 0,02	2,85 ± 0,03 <i>P</i> < 0,02	2,92 ± 0,02	3,00 ± 0,02 <i>P</i> < 0,01	2,86 ± 0,03	2,70 ± 0,03 <i>P</i> < 0,001	2,81 ± 0,02	3,00 ± 0,02 <i>P</i> < 0,001
Амплитуда аккомодации, D	2,60 ± 0,08	2,70 ± 0,07 <i>P</i> < 0,5	2,70 ± 0,05	2,90 ± 0,06 <i>P</i> < 0,05	2,70 ± 0,05	2,80 ± 0,04 <i>P</i> < 0,2	2,70 ± 0,05	3,05 ± 0,04 <i>P</i> < 0,001

При использовании монофокальной коррекции в группе лиц с эметропией не было отмечено существенных изменений ни в одном из показателей гидродинамики (табл.). Некоторое увеличение иридокорнеального угла (ИКУ) по данным ОКТ при втором исследовании, то есть после рабочего дня, проведенного в монофокальных очках для близи, было незначимым (*p* < 0,2). Оценка других морфометрических показателей после рабочего дня показала достоверное уменьшение глубины передней камеры (*p* < 0,02) и незначимое

уменьшение аксиального размера (*p* > 0,5). Прирост амплитуды аккомодации оказался несущественным (*p* < 0,1).

Напротив, оценка показателей гидродинамики у лиц с эметропией, применявших прогрессивную коррекцию, показала значительное снижение ВГД, повышение легкости оттока ВГЖ и снижение коэффициента Беккера при втором исследовании по сравнению с исходными данными (*p* < 0,001). Увеличение глубины передней камеры (*p* < 0,01) и ширины ИКУ (*p* < 0,001)

при втором исследовании в данной группе было значимым, а увеличение аксиального размера – несущественным ($p > 0,5$). Амплитуда аккомодации на фоне использования прогрессивной коррекции достоверно возросла ($p < 0,05$).

В группе лиц с гиперметропией на фоне монофокальной коррекции, так же, как и у эметропов с аналогичной коррекцией, существенно снизилось только ВГД ($p < 0,05$). Достоверного изменения в показателях легкости оттока и коэффициенте Беккера при втором исследовании по сравнению с исходными данными выявлено не было. В динамике морфометрических показателей было отмечено незначительное уменьшение аксиальной длины ($p > 0,5$) при достоверном уменьшении глубины передней камеры ($p < 0,001$) и некотором увеличении ИКУ ($p < 0,1$). В группе гиперметропов, применявших прогрессивную коррекцию при зрительной нагрузке, при контрольном определении показателей во время второго визита было установлено достоверное и существенное снижение офтальмотонуса, усиление оттока ВГЖ и снижение коэффициента Беккера ($p < 0,001$). Увеличение глубины передней камеры и ширины ИКУ при втором исследовании в данной подгруппе также было значимым ($p < 0,001$). Данные изменения могут быть расценены как безусловно важный положительный эффект прогрессивной коррекции, поскольку ухудшение дренажной функции, в частности, в условиях неблагоприятного профиля угла передней камеры, относится к основным патогенным факторам при глаукоме [7]. Прибавка амплитуды аккомодации при использовании монофокальной коррекции для близи оказалась несущественной ($p < 0,2$). И, напротив, использование прогрессивной коррекции у гиперметропов привело к существенному увеличению амплитуды аккомодации, которое было даже более выраженным, чем в группе эметропов, применявших тот же вид коррекции ($p < 0,001$ и $p < 0,05$ соответственно).

К общим закономерностям во всех подгруппах относились полное отсутствие изменений в таком показателе гидродинамики, как скорость продукции ВГЖ. Кроме того, у всех обследованных нами были отмечены некоторые изменения в передне-заднем размере глазного яблока до и после коррекции во всех случаях, составлявшие 0,10–0,20 мм. Такие колебания соответствуют погрешности использовавшегося аппланационного метода ультразвуковой биометрии [14], и эти данные можно было бы не принимать во внимание. Однако тенденции в изменении аксиального размера могут быть объяснены описанными в литературе флюктуациями в растяжении склеры при увеличении или уменьшении внутреннего объема глаза в условиях изменяющегося ВГД «...при разбалансе в равенстве притока и оттока водянистой влаги из-за, например, повышенной зрительной нагрузки или нерациональ-

ной оптической коррекции» [15]. Возможно, данный вопрос необходимо исследовать с применением других, более точных методов биометрии, иммерсионной или оптической.

Таким образом, использование прогрессивной очковой коррекции у лиц с пресбиопией оптимизирует работу аккомодации, вызывает положительные изменения морфометрических показателей передней камеры и способствует нормализации гидродинамических процессов. Причем эти изменения являются более существенными у гиперметропов по сравнению с эметропами. Назначение такого вида коррекции может стать первым шагом для профилактики глаукомы у пациентов группы риска по данному заболеванию и, возможно, одним из первых лечебных мероприятий у пациентов с уже выявленной глаукомой. Известно, что в небольших по размеру глазах с узким углом передней камеры, чаще имеющих гиперметропическую рефракцию, возможно развитие блокады угла и появление закрытоугольной глаукомы [4]. В глазах с широким углом передней камеры могут возникать изменения другого характера. Увеличение размера и уплотнение хрусталика приводит к уменьшению амплитуды экскурсий цилиарного тела, что, в свою очередь, уменьшает объем жидкости, вытесняемой из передней камеры. Это приводит к состоянию гипоперфузии дренажной системы глаза [5]. Следовательно, при пресбиопии целесообразным является применения такого физиологического способа влияния на регуляцию офтальмотонуса, который перевел бы цилиарную мышцу на режим работы, наиболее благоприятный для поддержания нормального уровня ВГД. В качестве такого способа, по нашему мнению, и может расцениваться прогрессивная очковая коррекция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимизация работы аккомодации посредством ношения прогрессивных очков у лиц пресбиопического возраста с эметропией и гиперметропией уменьшает или даже исключает ее перенапряжение. Сохранение активности аккомодации и увеличение ее амплитуды благоприятно влияет на гидродинамику глаза и приводит к снижению ВГД, увеличению глубины передней камеры и ИКУ, что является важным аспектом в комплексе профилактических мероприятий для предотвращения развития первичной глаукомы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нестеров А.П., Хадикова Э.В. Влияние электростимуляции цилиарной мышцы на показатели гемодинамики глаза и зрительные функции у больных глаукомой. *Вестник офтальмологии*. 1997;113(4):12–14.
2. Нестеров А.П., Банин В.В., Симонова С.В. Роль цилиарной мышцы в физиологии и патологии глаза. *Вестник офтальмологии*. 1999;115(2):13–15.

3. Волков В.В., Котляр К.Е., Кошиц И.Н. и др. Биомеханические особенности взаимодействия дренажной и аккомодационной регуляторных систем глаза в норме и при контузионном подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии*. 1997;113(3):5–7.

4. Аккомодация: руководство для врачей. Под ред. Л.А. Катаргиной. М.: Апрель, 2012. 136 с.

5. Гусев Ю.А., Маккаева С.М., Маслова Е.В., Третьяк Е.Б. Гидродинамика глаза и анатомо-топографические особенности переднего отрезка глаза до и после факоэмульсификации осложненной катаракты. *Офтальмология*. 2014;11(1):12–20.

6. Светлова О.В., Кошиц И.Н., Куглеев А.А. Физиологические особенности работы ресничной мышцы при направленных рефракционных вмешательствах. *Офтальмологический журнал*. 2017;30:38–50.

7. Егоров Е.А., Астахов Ю.С., Ботабекова Т.К. и др. Межнародное руководство по глаукоме. Т. 2. М., 2016. 184 с.

8. Розанова О.И., Щуко А.Г., Мищенко Т.С. и др. Закономерности структурно-функциональных изменений глаза при развитии пресбиопии. *Казанский медицинский журнал*. 2013;94(4):575–580.

9. Светлова О.В., Кошиц И.Н. Взаимодействие основных путей оттока внутриглазной жидкости с механизмом аккомодации: учебное пособие. СПб., 2002. 30 с.

10. Золотарев А.В., Карлова Е.В., Николаева Г.А. Роль трабекулярной сети в осуществлении увеосклерального оттока. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2006;7(2):67–69.

11. Ринская Н.В. Настольная книга оптометриста. Алгоритм подбора рефракции: учебное пособие для офтальмологов и оптометристов. М.: FARB-IT, 2018. 488 с.

12. Щуко А.Г., Новожилова Е.Т., Розанова О.И., Шолохов Л.Ф. Оценка изменения цилиарной мышцы у пациентов с гиперметропией с помощью методов математического моделирования. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4:113–118.

13. Завгородняя Н.Г., Барковская Т.Н. Изменения гидродинамики миопического глаза под влиянием зрительной нагрузки. *Офтальмологический журнал*. 1998;1(360):31–35.

14. Киселева Т.Н., Гундорова Р.А., Романова Л.И., Андреев А.А. Возможности ультразвуковых методов исследования в расчете оптической силы интраокулярных линз. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2012;12(2):9–12.

15. Кошиц И.Н., Светлова О.В. О физиологической сущности внутриглазного давления: вековые традиции и современная реальность. Ч. 2. Роль флуктуации склеры в обеспечении постоянства ежесуточного объема протекающей через глаз водянистой влаги. *Национальный журнал глаукома*. 2019;18(2):76–92.

REFERENCES

1. Nesterov A.P., Khadikova E.V. Effect of ciliary muscle electrical stimulation on ocular hydrodynamics and visual function in patients with glaucoma. *Vestnik oftal'mologii = The Russian Annals of Ophthalmology*. 1997;113(4):12–14. (In Russ.)

2. Nesterov A.P., Banin V.V., Simonova S.V. The role of the ciliary muscle in the physiology and pathology of the eye. *Vestnik oftal'mologii = The Russian Annals of Ophthalmology*. 1999;115(2):13–15. (In Russ.)

3. Volkov V.V., Kotljarskiy K.E., Koshic I.N. et al. Biomechanical features of the interaction of the drainage and accommodation regulatory systems of the eye in normal condition and with contusion subluxation of the lens. *Vestnik oftal'mologii = The Russian Annals of Ophthalmology*. 1997;113(3):5–7. (In Russ.)

4. Accommodation: a guide for doctors. Ed by L.A. Katargina. Moscow, April Publ., 2012. 136 p. (In Russ.)

5. Gusev Ju.A., Makkaeva S.M., Maslova E.V., Tret'yak E.B. Eye hydrodynamics and anatomical topographic features of anterior eye segment before and following cataract phacoemulsification. *Oftal'mologiya = Ophthalmology*. 2014; 11(1):12–20. (In Russ.)

6. Svetlova O.V., Koshic I.N., Kugleev A.A. Physiological features of the work of the ciliary muscle during directed refractive interventions. *Oftal'mologicheskij zhurnal = Ophthalmological Journal*. 2017;30:38–50. (In Russ.)

7. Egorov E.A., Astahov Ju.S., Botabekova T.K. et al. The International Guide to Glaucoma. Moscow, 2016. Vol. 2. 184 p. (In Russ.)

8. Rozanova O.I., Shhuko A.G., Mishhenko T.S. et al. Patterns of eye structural and functional changes in presbyopia. *Kazanskiy medicinskiy zhurnal = Kazan medical journal*. 2013;94(4):575–580. (In Russ.)

9. Svetlova O.V., Koshic I.N. Interaction of the main routes of the outflow of intraocular fluid with the accommodation mechanism: a textbook. St. Petersburg, 2002. 30 p. (In Russ.)

10. Zolotarev A.V., Karlova E.V., Nikolaeva G.A. Trabecular Meshwork Contribution to the Uveoscleral Outflow. *RMZh. Klinicheskaya oftal'mologiya = Russian Medical Journal of Clinical ophthalmology*. 2006;7(2):67–69. (In Russ.)

11. Rinskaja N.V. Handbook of an optometrist. Algorithm for refraction selecting: a textbook for ophthalmologists and optometrists. Moscow, FARB-IT Publ., 2018. 488 p.

12. Shhuko A.G., Novozhilova E.T., Rozanova O.I., Sholohov L.F. Assessment of changes in ciliary muscle in patients with hypermetropia using mathematical modeling methods. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4:113–118. (In Russ.)

13. Zavgorodnjaja N.G., Barkovskaja T.N. Changes in the hydrodynamics of the myopic eye under the influence of visual load. *Oftal'mologicheskij zhurnal = Ophthalmological Journal*. 1998;1(360):31–35. (In Russ.)

14. Kiseleva T.N., Gundorova R.A., Romanova L.I., Andreev A.A. The possibilities of ultrasound methods in intraocular lens (IOL) power calculation. *Kataraktal'naya i refrakcionnaya hirurgiya = Cataract and refractive surgery*. 2012;12(2): 9–12. (In Russ.)

15. Koshic I.N., Svetlova O.V. The essence of the physiological intraocular pressure. Part 2. The role of scleral fluctuations in maintaining the continuity of the aqueous humor daily volume. *Nacional'nyj zhurnal glaucoma = National Journal glaucoma*. 2019;18(2):76–92. (In Russ.)

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информация об авторах

Ирина Асатуровна Гндоян – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; irina.gndoyan@mail.ru

Алексей Владимирович Петраевский – доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; volgophthalm@mail.ru

Наталья Александровна Кузнецова – аспирант кафедры офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; natalialikont@gmail.com

Лилия Борисовна Куштарева – кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; lbushtareva@volgmed.ru

Статья поступила в редакцию 14.01.2023; одобрена после рецензирования 18.03.2023; принята к публикации 12.05.2023.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Information about the authors

Irina A. Gndoyan – Doctor of Medical Sciences, associate Professor, head of the ophthalmology Department, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; irina.gndoyan@mail.ru

Aleksei V. Petraevsky – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Ophthalmology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; volgophthalm@mail.ru

Natal'ya A. Kuznetsova – Postgraduate Student of the Department of Ophthalmology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; natalialikont@gmail.com

Liliya B. Kushtareva – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the ophthalmology Department, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; lbushtareva@volgmed.ru

The article was submitted 14.01.2023; approved after reviewing 18.03.2023; accepted for publication 12.05.2023.