



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-30-37>

Факторы риска как предикторы глаукомы у студентов с миопической рефракцией

М.А. Ковалевская¹ ✉, В.Б. Антонян¹, Е.В. Мунтянова¹, М.В. Зуева² ✉

¹ Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, 394036, Россия

² ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Цель работы — выявление ранних факторов риска — предикторов развития первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) у студентов с миопической рефракцией на основе данных анкет, функциональных тестов и результатов фрактальной фотостимуляции (ФС). **Материал и методы.** Обследованы две клинические группы и группа контроля. Первая, основная, группа включала 24 студента (48 глаз) в возрасте $21,3 \pm 0,7$ года с миопией слабой и средней степени. Вторая группа — группа сравнения по эффектам ФС включала 29 пациентов (58 глаз) в возрасте 58 ± 18 лет с установленным диагнозом ПОУГ I–III стадий. В группу контроля вошли 66 человек (132 глаза) в возрасте $21,2 \pm 1,3$ года. Анамнез пациентов и характерные жалобы оценивали методом анкетирования. В двух клинических группах оценивали воздействие 10 сеансов низкоинтенсивной ФС. **Результаты.** По результатам анкетирования в клинических группах выявлен комплекс признаков, относящихся к факторам риска развития ПОУГ. Динамика средних значений внутриглазного давления (ВГД) на фоне курса ФС была более значительной у пациентов с ПОУГ, чем у студентов с миопией. Показано, что ФС способствует стабилизации ВГД у пациентов с имеющимися морфофункциональными глаукомными изменениями и наличием фоновой патологии (вазоспазмы, перепады артериального давления и мигренеподобные боли). После курса ФС у студентов с миопией слабой и средней степени статистически значимо возросла общая светочувствительность по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,05$). Подтверждено также положительное влияние курса ФС на индексы MD у больных ПОУГ IIа и IIIа стадий. **Заключение.** Результаты исследования обосновывают целесообразность выявления клиничко-функциональных предикторов ПОУГ с прогрессивным течением глаукоматозного процесса у студентов с миопической рефракцией.

Ключевые слова: факторы риска открытоугольной глаукомы; миопия; внутриглазное давление; периметрические индексы; анкетирование; фрактальная фотостимуляция

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Ковалевская М.А., Антонян В.Б., Мунтянова Е.В., Зуева М.В. Факторы риска как предикторы глаукомы у студентов с миопической рефракцией. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (4): 30-7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-30-37>

Risk factors as glaucoma predictors in myopic students

Maria A. Kovalevskaya¹ ✉, Veronika B. Antonyan¹, Ekaterina V. Muntianova¹, Marina V. Zueva² ✉

¹ N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, 10, Studencheskaya St., Voronezh, 394036, Russia

² Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
ipkovalevskaya@gmail.com

Purpose: identification of early risk factors — predictors of POAG development in students with myopic refraction based on questionnaire and functional test data and the effects of fractal photostimulation (FS). **Material and methods.** The study involved two clinical groups: the main group of 24 students (48 eyes) with mild to moderate myopia, averagely aged 21.3 ± 0.7 years, and the comparison group (according to FS effects) of 29 patients (58 eyes) with an established diagnosis of stage I–III POAG, averagely aged 58 ± 18 years, and a control group consisting of 66 people (132 eyes, mean age 21.2 ± 1.3 years). The case history of patients and typical complaints were found in questionnaire data. For the two clinical groups, the impact of 10 low-intensity FS sessions was evaluated. **Results.** A set of features viewed as risk factors for POAG development was determined using the data of the questionnaires filled in by the main and comparison groups. The changes in mean IOP values measured before and after an FS course were found to be greater in POAG patients than in myopic students. FS was shown to contribute to IOP stabilization in patients with pre-existing morphological and functional glaucoma changes and the occurrence of accompanying pathologies such as vasospasm, blood pressure fluctuations, and migraine-like pain. After a course of FS, overall photosensitivity increased significantly as compared with the baseline in students with mild and moderate myopia ($p < 0.05$). Also, a positive effect of an FS course on MD indices in patients with stages IIa and IIIa POAG was confirmed. **Conclusion.** The research results confirm the need to identify clinical and functional predictors of POAG with a progressive glaucomatous process in students with myopic refraction.

Keywords: open-angle glaucoma risk factors, myopia, IOP, perimetric indices, questionnaires, fractal photostimulation

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Kovalevskaya M.A., Antonyan V.B., Muntianova E.V., Zueva M.V. Risk factors as glaucoma predictors in myopic students. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (4): 30-7 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-30-37>

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) относится к хронической прогрессирующей оптиконейропатии. Распространенность ПОУГ в мире в 2020 г. составляла около 80 млн человек, а в 2040 г. ожидается ее рост до 112 млн человек [1–5]. В России на официальном учете состоит около 1,3 млн больных глаукомой. Из 72 тыс. инвалидов по зрению, зарегистрированных в России, 27 % составляют пациенты с глаукомой [6].

Для возможного снижения темпов прогрессирования и распространения заболеваемости глаукомой необходимо выявлять факторы риска развития данной патологии уже в молодом возрасте. В частности, изучаются особенности развития и прогрессирования глаукомы при наличии у пациентов осевой миопии. Эта проблема весьма актуальна, поскольку распространенность миопии постоянно растет, и предполагается, что к 2050 г. число близоруких в мире составит 5 млрд человек: около половины мирового населения станет близорукими, 10 % из которых будут иметь осложненную миопию [7]. Рост частоты миопии связывают с урбанизацией, изменениями в окружающей среде, ограничением времени нахождения детей на свежем воздухе, высокими требованиями к образованию.

Несмотря на то, что основным фактором риска ПОУГ считается повышенное внутриглазное давление (ВГД), высокая близорукость может также являться важным компонентом патогенеза ПОУГ. Лица с осевой миопией нередко имеют характерные морфологические и функциональные изменения, которые могут вызывать затруднения при диф-

ференциальной диагностике с глаукомой. К ним относятся структурные изменения диска зрительного нерва (ДЗН), характерная зона перипапиллярной атрофии, дефекты полей зрения, изменение уровня ВГД выше или ниже средних значений [8]. Наравне с ослаблением опорной функции склеры, как фактора прогрессирования близорукости у детей, в современной классификации приобретенной миопии у взрослых выделяется и глаукома [9, 10].

В последние десятилетия в Воронежском государственном медицинском университете им. Н.Н. Бурденко ежегодно проводятся скрининговые обследования студентов. Установлено двукратное увеличение распространенности миопии за декаду. Процесс миопизации активнее происходит на втором году обучения студентов. Смена жительства, интенсивность и мотивация к высокому качеству обучения, являющиеся причиной большой зрительной нагрузки, могут привести к развитию миопии у эметропов и прогрессированию аномалий рефракции у пациентов с установленным диагнозом «миопия» [11].

Фактор ВГД в развитии миопии учитывает трехфакторная теория патогенеза миопии, описанная А.И. Дашевским и Э.С. Аветисовым: ослабленная аккомодация не справляется с работой вблизи, имеется наследственная предрасположенность к близорукости, на ослабленную и растяжимую склеру дополнительно действует ВГД [12]. Офтальмогипертензия у лиц с миопией объясняется гониодисгенезом (у 18,7 % пациентов) и проявляется ухудшением оттока внутриглазной жидкости с относительной гиперсекрецией

камерной влаги (у 46,7 %), а также возможными погрешностями измерения ВГД [13, 14].

Предполагается, что в ряде случаев у детей близорукость является проявлением суб- или компенсированной врожденной глаукомы. Отмечено влияние офтальмогипертензии на прогрессирование миопии у детей с уже установленным диагнозом. Описана статистически значимая корреляция ($p < 0,05$) между ВГД и миопией в группах миопии средней и высокой степени, где ВГД было выше, чем при эметропии и миопии слабой степени, что увеличивало риск глаукомы у этих пациентов [15].

В последние годы изменилось отношение к оценке факторов риска развития ПОУГ [5, 16], дебютирующих до 35 лет, в связи с чем отмечается необходимость как можно раньше предупреждать их развитие и предлагать профилактическое лечение [6]. Выделены факторы риска, которые могут быть связаны с повышенной вероятностью развития и прогрессирования ПОУГ: кардиоваскулярная патология, в том числе системная артериальная гипотензия, системный атеросклероз, вазоспастический синдром, в том числе болезнь Рейно, мигрень и мигреноподобные состояния; апноэ во сне и синкопальные состояния неясного генеза; сахарный диабет (95%-ный ДИ 1,20–1,57) [5]. Обсуждаются модифицируемые (ВГД) [16] и немодифицируемые факторы риска глаукомы, к которым относят прежде всего демографические (генетически обусловленные) факторы, такие как раса [17] и пол [18].

Однако исследования показывают, что с наличием и развитием глаукомы могут быть связаны и другие поддающиеся изменению факторы. Например, обсуждается роль таких модифицируемых характеристик, как социально-экономический статус, питание, индекс массы тела и ожирение, физические упражнения, курение и апноэ во сне [19, 20], а также связь глаукомы с мигренью, повышенным артериальным давлением, близорукостью и длительным применением кортикостероидов [21].

Мы полагаем, что следует обратить пристальное внимание и на факторы, по-разному отвечающие на конкретные виды терапии. Их можно рассматривать как условно модифицируемые и немодифицируемые по отношению к определенному методу терапии. Например, нейропротекторное лечение не относится к видам таргетной терапии, но может изменить (ослабить) проявление существующей патологии. Такие «модифицирующие болезнь» воздействия, как показано, играют значительную роль в восстановлении структуры и функциональности ЦНС (нейрореабилитации) [22, 23].

Ранние структурные и функциональные нарушения в сетчатке на уровне дендритного ветвления и аксональная дисфункция описаны уже на препериметрических стадиях глаукомы [24–26] и отражают пластическую стадию обратимых изменений, развивающихся до гибели ганглиозных клеток сетчатки [27, 28], что обосновывает целесообразность раннего применения медикаментозной или немедикаментозной нейропротекторной терапии [29, 30]. Ранее нами было показано положительное влияние фрактальной фотостимуляции (ФС) на светочувствительность при глаукомной оптической нейропатии [31, 32]. С учетом этого одной из задач данного исследования стало сравнение динамики показателей стабильности или прогрессии нарушений у студентов с миопией и больных ПОУГ после курса фрактальной фототерапии для косвенного подтверждения у них повышенного риска развития глаукомы.

ЦЕЛЬ работы — выявление факторов риска — предикторов последующего развития ПОУГ в старшем возрасте у студентов с миопической рефракцией на основе анкетирования, данных функциональных тестов и эффектов ФС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование, выполненное на клинических базах ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко», БУЗ ВО ВГКП № 1, БУЗ ВО «ВОКОБ», включало студентов, прошедших профилактическое обследование для своевременного выявления факторов риска офтальмологических заболеваний, и пациентов, обратившихся в БУЗ ВО «ВГКП № 1» для установки диагноза и мониторинга ПОУГ.

Обследованы две клинические группы и группа контроля. Первая (основная) клиническая группа состояла из 24 человек (48 глаз) в возрасте $21,3 \pm 0,7$ года с миопией слабой (39 глаз) и средней степени (9 глаз), из них 16 (66,7 %) женщин, 8 (33,3 %) мужчин. В эту группу вошли студенты ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, наблюдавшиеся по причине наличия аметропии на базе БУЗ ВО «ВОКОБ» и прошедшие (в рамках данного исследования) фотостимуляцию световыми импульсами, имеющими фрактальную динамику.

Вторую клиническую группу (группу сравнения) составили 29 пациентов (58 глаз) в возрасте 58 ± 18 лет, из них 17 (58,6 %) женщин, 12 (41,4 %) мужчин, с диагнозом ПОУГ, в том числе 9 глаз с ПОУГ Ia, 30 глаз — с ПОУГ IIa и 19 глаз — с ПОУГ IIIa стадией.

В группу контроля вошли 66 студентов (132 глаза) в возрасте $21,2 \pm 1,3$ года с миопией слабой (48 человек, 96 глаз) и средней (18 человек, 36 глаз) степени, из них 44 (66,7 %) женщины, 22 (33,3 %) мужчины. Миопия была выявлена в результате профосмотра и первичного скрининга. Этим студентам измеряли ВГД, оценивали ранние факторы риска развития глаукомы и динамику показателей ВГД на фоне нагрузочных проб (мидримакс), что позволило выявить взаимосвязи между степенью миопии и фактором повышенного ВГД.

Анамнез пациентов и характерные жалобы оценивались методом анкетирования. Анкета сформирована авторами статьи для выявления возможных дополнительных факторов риска у обследуемых [17]. Стандартное обследование выполняли на анализаторе поля зрения Humphrey (Carl Zeiss Meditec) по пороговой программе 30-2 с алгоритмом SITA Standard и на периметре AP-5000C Kowa (тестирование Threshold 1) с оценкой периметрических индексов MD (Mean Deviation — среднее отклонение) и PSD (Pattern Standard Deviation).

Лицам группы контроля проводили стандартное обследование до и после циклоплегии с помощью циклоплегика короткого действия (фенилэфрин + тропикамид).

В 1-й и 2-й группах оценку индексов MD и PSD, стандартное офтальмологическое обследование и анкетирование выполняли до и после двухнедельных курсов низкоинтенсивной ФС. Применяли программу стимуляции и технологию ФС, защищенную патентами и детально описанную ранее [33, 34].

Исследование проведено с разрешения и на основании протокола этического комитета ВГМУ им. Н.Н. Бурденко и при получении информированного согласия участников.

Технология ФС основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований, параметры зрительных сигналов физиологически обоснованы [35–37]. Фотостимулятор содержит светодиодный излучатель, контроллер Arduino Nano V3, светораспределительную пластину из оргстекла. В данном образце устройства излучатель смонтирован в корпусе очков для виртуальной реальности, но может использоваться любая другая конструкция держателя. Излучатель содержит светодиоды WS2812b, формирующие световые сигналы низкой интенсивности, безопасные для зрения, по существующим регламентирующим документам.

Используемая версия прибора генерирует сигнал, параметры которого обеспечивают максимальную освещенность на уровне роговицы 10–12 Лк, что многократно ниже регламентируемых сводом правил (СНиП) «Естественное и искусственное освещение». При этом нормы освещения, регламентируемые СНиП, созданы для многочасовых воздействий, в то время как рекомендуемая продолжительность процедуры ФС составляет от 10 до 20 мин в день (курс от 1 до 4 нед) [38]. Уникальность технологии ФС состоит в использовании алгоритмов генерации сложноструктурированных оптических сигналов, имеющих хаотически-детерминированную динамику и модулированных в формате функции Вейерштрасса — Мандельброта с фрактальной размерностью от 1,2 до 1,8. В нашем исследовании продолжительность курса ФС составляла 10 дней (ежедневно, за исключением выходных), длительность каждого сеанса — 10 мин. Сеансы проводили в утреннее время, с 9 до 12 ч. Для курса ФС выбрана фрактальная размерность $D = 1,4$, положительные эффекты которой ранее уже были получены у больных глаукомой [39]. После завершения курса ФС повторяли комплексное офтальмологическое обследование с измерением ВГД и выполнением компьютерной статической периметрии.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета Microsoft Excel 2016 (Microsoft,

США). Результаты представлены в виде средней арифметической величины (M) и стандартного отклонения (SD). Для сравнения количественных данных между группами использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Для сравнения количественных данных до и после операции использовали t-критерий Стьюдента для зависимых выборок. Статистически достоверными признавали различия при уровне достоверности $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинические исследования. Средняя острота зрения (СОЗ) в 1-й группе студентов с миопией средней степени без коррекции составила $0,27 \pm 0,20$, с привычной коррекцией — $0,87 \pm 0,28$. Во 2-й группе пациентов с глаукомой СОЗ составила $0,17 \pm 0,12$, с привычной коррекцией — $0,42 \pm 0,25$.

В результате анкетирования во всех группах выявлены следующие объективные признаки, которые относятся к факторам риска развития глаукомы: глаукома у родственников (25,1 и 20,2 % в 1-й и 2-й группах соответственно), эпизоды вазоспазма (20,9 и 51,8 %), гипотония/гипертония (12,6 и 100 %), мигрень (8,4 и 55,3 %), а также цереброваскулярная патология (12,5 и 24,5 %) (табл. 1). Данные факторы риска относятся к немодифицируемым признакам, на которые не может оказывать влияние ФС, так же как и другие методы терапии глаукомы. При скрининговом обследовании студентов группы контроля были отмечены такие факторы риска развития социально значимых заболеваний, как дистрофия сетчатки и глаукома у родственников, эпизоды вазоспазма и мигрень [5].

В таблице 2 представлены модифицируемые факторы риска — клинические признаки в группах 1 и 2 после курса ФС. К ним относятся симптомы астенопии — дискомфорта, быстро наступающего во время зрительной работы. В рамках современного понимания это явление расценивают как расстройство, предшествующее ухудшению зрения. Обследуемыми были отмечены жалобы на зрительную утомляемость

Таблица 1. Немодифицируемые факторы риска ПОУГ
Table 1. Non-modifiable risk factors for POAG

Фактор риска Risk factors	Группа 1 (миопы) Group 1 (myopes) n = 24	Группа 2 (ПОУГ) Group 2 (POAG) n = 29	Группа контроля Control group n = 66
Глаукома у родственников Glaucoma in relatives	6 (25,1 %)	6 (20,2 %)	3 (4,5 %)
Эпизоды вазоспазма Episodes of vasospasm	5 (20,9 %)	15 (51,8 %)	5 (7,5 %)
Гипотония/гипертония Hypotension/hypertension	3 (12,6 %)	29 (100 %)	3 (4,6 %)
Мигрень Migraine	2 (8,4 %)	16 (55,3 %)	5 (7,7 %)
Цереброваскулярная патология Cerebrovascular pathology	3 (12,6 %)	7 (24,5 %)	1 (1,6 %)

Примечание. n — количество обследуемых в клинической группе.
Note. n — number of patients in the clinical group.

Таблица 2. Модифицируемые факторы риска, подверженные изменениям при лечении ФС
Table 2. Modifiable risk factors subject to change in fractal simulation (FS) treatment

Фактор риска Risk factor	Группа 1 Group 1 n = 24		Группа 2 Group 2 n = 29	
	до ФС before FS	после ФС after FS	до ФС before FS	после ФС after FS
Зрительная утомляемость при работе с цифровыми устройствами Visual fatigue when working with digital devices	20 (83,4 %)	18 (75,1 %)	14 (48,3 %)	13 (44,8 %)
Синдром сухого глаза Dry eye syndrome	11 (45,8 %)	10 (41,7 %)	25 (86,2 %)	23 (79,3 %)
Покраснение глаз Redness of the eyes	16 (66,7 %)	15 (62,5 %)	24 (82,8 %)	24 (82,8 %)
Снижение зрения в темноте Decreased vision in the dark	12 (50,0 %)	6 (25,0 %)	16 (55,2 %)	13 (44,8 %)
Искажение букв при чтении Distorted letters when reading	6 (25,0 %)	2 (8,3 %)	14 (48,3 %)	12 (41,4 %)
Слезотечение Lachrymation	10 (41,7 %)	8 (33,3 %)	26 (90,0 %)	25 (86,2 %)

Примечание. n — количество обследуемых в клинической группе.
Note. n — number of patients in the clinical group.

при работе с цифровыми устройствами (83,4 и 48,3 % в 1-й и 2-й группах соответственно), сухость глаз (45,8 и 86,2%), периодическое покраснение глаз (66,7 и 82,8 %), снижение зрения в темноте (50,0 и 55,2 %), искажение букв при чтении (25,0 и 48,3 %) и слезотечение (41,7 и 90,0 %).

После проведения сеансов ФС у обследуемых 1-й группы положительная динамика выразилась в двукратном снижении количества жалоб на снижение остроты зрения в темноте (25,0 %), а число жалоб на искажение букв при чтении снизилось втрое (8,3 %). Уменьшились жалобы на зрительную утомляемость при работе с цифровыми устройствами (75,1 %), ощущение сухости и покраснение глаз (41,7 %), а также слезотечение (33,3 %), что указывает на улучшение состояния органа зрения после сеансов ФС.

У пациентов с ПОУГ во 2-й группе значительных изменений со стороны субъективных ощущений не отмечалось.

Таблица 3. Средние показатели ВГД (мм рт. ст.) у пациентов до и после курса ФС

Table 3. Average IOP (mm Hg) in patients before and after the course of fractal simulation (FS)

Группа Group	n	До ФС Before FS	После ФС After FS
Миопия слабой степени Mild myopia	39	15,37 ± 2,23	14,63 ± 1,50
Миопия средней степени Moderate myopia	9	15,74 ± 2,50	15,20 ± 2,96
ПОУГ Ia POAG Ia	9	19,75 ± 0,90	18,60 ± 0,60
ПОУГ IIa POAG IIa	30	20,62 ± 0,87	19,35 ± 0,54
ПОУГ IIIa POAG IIIa	19	21,55 ± 0,81	19,29 ± 0,67
Группа контроля Control group	132	16,24 ± 1,15	—

Примечание. n — количество обследуемых глаз.

Note. n — the number of examined eyes.

Таблица 4. Периметрические индексы MD и PSD (дБ) у студентов с миопией до и после курса ФС (M ± SD)

Table 4. Perimetric indices MD and PSD (dB) in students with myopia before and after fractal simulation (FS) (M ± SD)

Группа Group	n	MD		PSD	
		до ФС before FS	после ФС after FS	до ФС before FS	после ФС after FS
Миопия слабой степени Mild myopia	39	1,20 ± 0,86	0,96 ± 0,86	2,14 ± 0,28	2,09 ± 0,28
Миопия средней степени Moderate myopia	9	-1,49 ± 0,75	-0,72 ± 0,77	1,87 ± 0,15	1,94 ± 0,13

Примечание. n — количество обследуемых глаз.

Note. n — the number of examined eyes.

Таблица 5. Периметрические индексы MD и PSD (дБ) у пациентов с ПОУГ до и после курса ФС (M ± SD)

Table 5. Perimetric indices MD and PSD (dB) in students POAG before and after fractal simulation (FS) course (M ± SD)

Группа Group	n	MD		PSD	
		до ФС before FS	после ФС after FS	до ФС before FS	после ФС after FS
ПОУГ Ia POAG Ia	9	-3,42 ± 0,65	-1,75 ± 0,7	1,99 ± 0,85	1,89 ± 0,90
ПОУГ IIa POAG IIa	30	-6,13 ± 1,3	-4,36 ± 1,20	2,58 ± 0,9	2,27 ± 0,79
ПОУГ IIIa POAG IIIa	19	-14,37 ± 1,05	-9,98 ± 0,90	6,58 ± 0,58	6,28 ± 0,95

Примечание. n — количество обследуемых глаз.

Note. n — the number of examined eyes.

Чаще анкетированные замечали улучшение темновой адаптации (44,8 %), уменьшение сухости глаз (79,3 %), искажения букв при чтении (41,4 %), в то время как ощущения зрительной утомляемости при работе с цифровыми устройствами, покраснение глаз и слезотечение значительно не снизились.

В таблице 3 представлены средние значения ВГД у обследуемых двух групп до и после прохождения 10-дневного курса ФС и в группе контроля.

Нами впервые проанализирована динамика средних значений ВГД у обследуемых 1-й и 2-й групп до и после прохождения курса ФС. В 1-й группе студентов с миопией ВГД существенно не изменилось, максимальное снижение после курса лечения составило 0,64 ± 2,30 мм рт. ст. В данной группе обследуемые часто отмечали эффект от воздействия ФС в виде уменьшения астенопических жалоб, в то время как существенных изменений гидродинамики глаза не наблюдалось. В 2-й группе у пациентов с установленным диагнозом ПОУГ ВГД изменилось в большей степени, чем у студентов-миопов, максимальные показатели снижения составили 1,56 ± 0,73 мм рт. ст., что говорит о стабилизирующем влиянии ФС на ВГД у пациентов с уже имеющимися морфофункциональными глаукомными изменениями и наличием такой фоновой патологии, как эпизоды вазоспазма, перепады артериального давления и мигреноподобные боли.

Студентам из группы контроля проводилось измерение ВГД до и после мидриаза комбинированным препаратом Фенилэфрин + Тропикамид.

В таблицах 4 и 5 представлены результаты периметрического исследования в группах 1 и 2 до и после курса ФС.

После 10 сеансов ФС в группе 1 отмечалось достоверное повышение общей светочувствительности (снижение MD) по сравнению с показателями до лечения и данными MD группы контроля (p < 0,05). Динамика PSD была существенно слабее, чем MD: изменение MD составило 0,24 ± 0,86 дБ, PSD — 0,05 ± 0,28 дБ при миопии слабой степени и 0,77 ± 0,76 и 0,04 ± 0,17 дБ при миопии средней степени соответственно (табл. 4).

В таблице 5 представлены периметрические индексы MD и PSD у пациентов с ПОУГ до и после курса ФС. Установлено, что MD уменьшился в среднем на 1,67 и 1,77 дБ для глаз с ПОУГ Ia и IIa стадий соответственно. Для ПОУГ IIIa стадии в среднем по группе значения MD снизились на 4,39 дБ ($p < 0,05$).

В подгруппах больных ПОУГ наблюдалась зависимость между нарушением общей светочувствительности, степень которой взаимосвязана со стадией глаукомного процесса, и эффективностью его лечения. Тот факт, что после курса ФС отмечается снижение индексов MD у пациентов с ПОУГ IIa и IIIa стадий, подтверждает результаты ранее проведенного исследования [33].

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы полагаем, что раннее выявление «других» факторов риска развития ПОУГ при тщательном обследовании студентов с миопией [5, 11] позволит выделить самую неблагоприятную группу риска развития ПОУГ с прогрессивным течением глаукоматозного процесса при его манифестации. Важно подчеркнуть, что именно при миопии из-за растяжимости склеры фактор повышения ВГД перестает быть решающим, и при отсутствии морфоструктурного анализа диагноз не устанавливается долгое время. Существует термин «препериметрическая глаукома» — глаукома без характерных изменений функциональных и морфоструктурных протоколов. Впервые он появился в литературе в самом конце XX в. [39, 40]. При анализе жалоб студентов с миопией различной степени и пациентов с ПОУГ нами была отмечена высокая частота выявления объективных факторов риска развития офтальмогипертензии, включая цереброваскулярную патологию и глаукому у родственников, эпизоды вазоспазма, мигрень и гипо-/гипертонию. По результатам анкетирования у студентов наиболее частыми являлись жалобы на зрительную утомляемость при работе с цифровыми устройствами, снижение зрения в темноте, сухость и периодическое покраснение глаз, искажение букв при чтении и слезотечение. По сравнению с пациентами с диагнозом ПОУГ у студентов 1-й группы почти в 2 раза чаще отмечались жалобы на зрительную утомляемость при использовании цифровых устройств (у 83,3 и 48,3 % обследуемых соответственно), но в одинаковой степени было снижено зрение в темноте (у 50 и 55,2 %).

У студентов группы контроля нами также документированы факторы риска развития социально значимых заболеваний, такие как дистрофия сетчатки у родственников, глаукома у родственников, эпизоды вазоспазма и мигрень, однако в гораздо меньшем проценте случаев по сравнению с группами 1 и 2 (за исключением мигреноподобных болей) [5].

Таким образом, жалобы на зрительную утомляемость, снижение зрения в темноте и другие проявления астенопии часто ассоциировались с известными объективными факторами риска заболевания органа зрения у тех же лиц. Это позволило нам предположить, что наличие миопии и выявленные у миопов при анкетировании астенопические жалобы можно рассматривать в качестве ранних факторов риска развития ПОУГ. Эти факторы не определяют обязательное развитие глаукомы (и тем более не в ближайшее время), но существенно повышают вероятность ее развития и прогрессирующее течение у данной клинической группы населения. После курса ФС в группе 1 у студентов с миопией положительная динамика выражалась в значительном уменьшении жалоб на снижение остроты зрения в темноте и на искажение букв при чтении. Клинически значимым результатом, улучшающим качество жизни, является снижение жалоб на

зрительную утомляемость при работе с цифровыми устройствами, ощущение сухости и покраснение глаз и слезотечение. Последние исследования показывают, что сухой глаз не только оказывает значительное влияние на качество жизни, но и напрямую связан с качеством зрения [41]. Практически нет исследований, описывающих его влияние на зрительный поиск у пациентов с установленным диагнозом «глаукома» и здоровых лиц. Необходимо, чтобы общий индекс OSDI был разделен на градации утраты зрения, определяющие трудности со зрением, о которых сообщается в исследовании В.А. Мачехина и соавт. [40].

Во 2-й группе, у пациентов с установленным диагнозом ПОУГ, по результатам анкетирования не было отмечено существенных изменений в субъективных ощущениях.

У студентов с миопией (в 1-й группе) также документировано небольшое снижение ВГД после курса ФС. Во 2-й группе у пациентов с ПОУГ после лечения ВГД снижалось более значительно, и тем в большей степени, чем больше стадия глаукомы. В 3-й группе ВГД снижалось после мидриаза комбинированным препаратом Фенилэфрин + Тропикамид.

Сравнение периметрических индексов MD до и после курса ФС показало влияние фрактальной физиотерапии на параметры светочувствительности у студентов 1-й группы с миопией и у больных 2-й группы с ПОУГ. Мы полагаем, что позитивная реакция на фототерапию может быть обусловлена ответом на нее субпопуляции ганглиозных клеток, находящейся в пластической стадии обратимых функциональных изменений, которая существует в сетчатке в любых стадиях глаукомной оптической нейропатии [24, 29, 30]. Изменения PSD были незначительными в обеих подгруппах, что указывает на минимальное влияние ФС на дисперсию потери светочувствительности.

Фрактальная фототерапия не влияет на причину цереброваскулярной патологии, эпизоды вазоспазма и другие признаки, выявленные при анкетировании. Однако так же, как нейропротекторное лечение, она относится к модифицирующим болезнь воздействиям [22, 23], которые, не воздействуя на причину заболевания, могут остановить или замедлить первичные события в нейродегенеративном процессе, влияя на нейропластичность. Предполагается, что фотостимуляция с применением зрительных сигналов с фрактальной динамикой яркости может повысить эффективность нейропротекции и нейрореабилитации при нейродегенеративных заболеваниях сетчатки и головного мозга, положительно влияя на пластичность нервной ткани [34–36].

Курс ФС также оказался эффективным для снижения субъективного дискомфорта пациентов с миопией, но не ПОУГ. Наше исследование показывает, что у лиц с миопией применение ФС может способствовать улучшению зрительных функций, возможно, стимулируя процессы адаптивной дендритной и синаптической пластичности в сетчатке, сниженной при миопии средней и высокой степени. Можно также предположить, что данный эффект связан с активизацией ФС биохимических процессов в сетчатке, усилением метаболизма в пигментном эпителии сетчатки, улучшением кровоснабжения внутренних структур глаза. С другой стороны, обнаруженное в работе положительное влияние ФС на зрительные ощущения, уменьшение астенопических жалоб у лиц с миопией, в дополнение к их ассоциации с известными объективными факторами риска, может служить подтверждением клинической ценности этих субъективных признаков как биомаркеров повышенной вероятности развития в будущем ПОУГ прогрессирующего течения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У студентов с миопией различной степени и пациентов с ПОУГ обнаружена сходная частота выявления значимых факторов риска развития офтальмогипертензии, таких как цереброваскулярная патология, глаукома у родственников, эпизоды вазоспазма, мигрень и гипотония/гипертония. Документированы общие жалобы на зрительную утомляемость, снижение зрения в темноте, искажение букв при чтении, сухость и периодическое покраснение глаз и слезотечение. По сравнению с больными ПОУГ у студентов с миопией без глаукомы почти в 2 раза чаще были жалобы на зрительную утомляемость при использовании цифровых устройств, но в одинаковой степени было снижено зрение в темноте. После курса ФС у студентов с миопией значительно уменьшалась частота жалоб на снижение остроты зрения в темноте и искажение букв при чтении, на зрительную утомляемость при работе с цифровыми устройствами, а также на ощущение сухости и покраснение глаз, слезотечение. Однако подобные изменения после ФС не были характерными для пациентов с установленным диагнозом ПОУГ.

В отличие от студентов с миопией без глаукомы, у больных ПОУГ после курса ФС на 1,0–1,5 мм рт. ст. снижалось ВГД, более значительно — в глазах с ПОУГ IIa и IIIa стадий. После мидриаза комбинированным препаратом Фенилэфрин + Тропикамид в группе контроля наблюдалось небольшое снижение ВГД.

Показано положительное влияние курса ФС на индексы MD у студентов с миопией средней степени и больных ПОУГ IIa и IIIa стадий.

Результаты комплексного функционального исследования и анкетирования пациентов, а также анализ эффектов фрактальной фототерапии обосновывают целесообразность раннего выявления факторов риска развития ПОУГ на фоне рефракционных нарушений при тщательном обследовании лиц до 35 лет с миопией для выделения самой неблагоприятной группы риска развития ПОУГ с прогрессивным течением глаукоматозного процесса.

Литература/References

1. Журавлева А.Н., Киселева О.А., Кириллова М.О. Персонализированная медицина в решении проблемы глаукомы. Российский офтальмологический журнал. 2019; 12 (3): 95–100. [Zhuravleva A.N., Kiseleva O.A., Kirillova M.O. Personalized medicine in solving the problem of glaucoma. Russian ophthalmological journal. 2019; 12 (3): 95–100 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2019-12-3-95-100
2. Tham Y. C., Li X., Wong T. Y., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. Ophthalmology. 2014; 121 (11): 2081–90. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
3. Quigley H.A., Broman A.T. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. Br. J. Ophthalmol. 2006; 90 (3): 262–7. doi: 10.1016/s0002-9394(14)72088
4. Sotimelin A.E., Ramulu P.Y. Measuring Disability in Glaucoma. Glaucoma. 2018; 27 (11): 939–49. doi: 10.1097/IJG.0000000000001068
5. Глаукома первичная открытоугольная. Федеральные клинические рекомендации. Москва; 2020. [Primary open-angle glaucoma. Federal'nye klinicheskie rekomendacii. Moscow; 2020 (in Russian)]. Available at <http://avo-portal.ru/doc/fkr/item/246-glaukoma-otkrytougolnaya>
6. Нероев В.В. Инвалидность по зрению в Российской Федерации. Санкт-Петербург: Белые ночи; 2018. [Neroev V.V. Vision disability in the Russian Federation. Belye nochi; 2018. Available at: <http://avo-portal.ru/events/reports/item/266-invalidnost-po-zreniyu-v-rossiyskoy-federatsii> (in Russian)]. Available at: <http://avo-portal.ru/events/reports/item/266-invalidnost-po-zreniyu-v-rossiyskoy-federatsii>
7. Миопия. Федеральные клинические рекомендации. Москва; 2020. [Myopia. Federal'nye klinicheskie rekomendacii. Moscow; 2020 (in Russian)]. Available at <http://avo-portal.ru/documents/fkr/odobr/Миопия.pdf>
8. Казакова А.В., Эскина Э.Н. Диагностика глаукомы при осевой миопии. Вестник Оренбургского государственного университета. 2014; 173 (12): 152–5. [Kazakova A.V., Eskina E.N. Diagnostics of glaucoma in case of axial

myopia. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014; 173 (12): 152–5 (in Russian)].

9. Мошетьова Л.К., Корецкая Ю.М. Глаукома миопического глаза. Русский медицинский журнал. 2003. [Moshetova L.K., Koretskaya Yu.M. Glaucoma of the myopic eye. Russian Medical Journal. 2003 (in Russian)]. Available at: https://www.rmj.ru/articles/oftalmologiya/Glaukoma_miopicheskogo_glaza/
10. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Исследование влияния биомеханических свойств роговицы на показатели тонометрии. Сибирский научный медицинский журнал. 2009; 29 (4): 30–3. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. Investigation of the effect of biomechanical properties of the cornea on tonometric indicators. Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal. 2009; 29 (4): 30–3 (in Russian)].
11. Козина Е.В., Поспелов В.И., Гололобов В.Т. и др. Состояние остроты зрения и рефракции глаз у студентов медицинского вуза. Сибирское медицинское обозрение. 2015; 93 (3): 88–92. [Kozina E.V., Pospelov V.I., Gololobov V.T., et al. The state of visual acuity and eye refraction in medical university students. Sibirskoe medicinskoe obozrenie. 2015; 93 (3): 88–92 (in Russian)]. doi: 10.20333/25000136-2015-3-88-92
12. Аветисов С.Э. Близорукость. Москва: Медицина, 1999. [Avetisov E.S. Myopia. Moscow: Meditsina; 1999 (In Russian)].
13. Grytz R., Yang H., Hua Y., Samuels B.C., Sigal I.A. Connective tissue remodeling in myopia and its potential role in increasing risk of glaucoma. Current opinion in biomedical engineering. 2020; 15: 40–50. doi: 10.1016/j.cobme.2020.01.001
14. Лебедев О.И., Калижников Е.А., Яровский А.Е. Топ-лист ведения пациентов с глаукомой: тонометрия. Глаукома. 2013; 4: 43–51. [Lebedev O.I., Kalizhnikova E.A., Yarovskiy A.E. Top-list of management of patients with glaucoma: tonometry. Glaucoma 2013; 4: 43–51 (in Russian)].
15. Joseph D.S., Thampi B., Joosadima A., Mohan. A. A study on association between intraocular pressure and myopia. International Journal of Research in Medical Sciences. 2017; 4 (6): 2202–5. doi: 10.18203/2320-6012.ijrms20161786
16. Gupta N., Aung T., Congdon N., et al. ICO Guidelines for Glaucoma Eye Care. International Council of Ophthalmology. 2016. Available at: <http://www.glaucomaclinic.com/wp-content/uploads/2016/12/ICOGlaucomaGuidelines.pdf>
17. Coleman A.L., Kodjebacheva G. Risk factors for glaucoma needing more attention. Open Ophthalmol. J. 2009; 17 (3): 38–42. doi: 10.2174/1874364100903020038
18. Coleman A.L., Cummings S.R., Yu F., et al. Binocular visual-field loss increases the risk of future falls in older white women. J. Am. Geriatr. Soc. 2007; 55 (3): 357–64. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01094.x
19. Law S.K. Asian Americans: glaucoma. Int. Ophthalmol. Clin. 2003; 43 (4): 133–49. doi: 10.1097/00004397-200343040-00013
20. Mitchell P., Smith W., Attebo K., Healey P.R. Prevalence of open-angle glaucoma in Australia. The Blue Mountains eye study. Ophthalmology. 1996; 103 (10): 1661–9. doi: 10.1016/s0161-6420(96)30449-1
21. Tielsch J.M., Sommer A., Katz J., Quigley H., Ezrine S. Socioeconomic status and visual impairment among urban Americans. Arch. Ophthalmol. 1991; 109 (5): 637–41. doi: 10.1001/archophth.1991.01080050051027
22. Worley A., Grimmer-Somers K. Risk factors for glaucoma: what do they really mean? Austr. J. Prim. Health. 2011; 17 (3): 233–9. doi: 10.1071/PY10042
23. Francardo V., Schmitz Y., Sulzer D., Cenci M.A. Neuroprotection and neurorestoration as experimental therapeutics for Parkinson's disease. Exp. Neurol. 2017; 298 (Pt B): 137–47. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2017.10.001>
24. Gidday J.M. Adaptive plasticity in the retina: protection against acute injury and neurodegenerative disease by conditioning stimuli. Cond. Med. 2018; 1 (2): 85–97. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6696944/>
25. Нероев В.В., Зуева М.В., Журавлева А.Н., Цаненко И.В. Структурно-функциональные нарушения при глаукоме: перспективы доклинической диагностики. Часть 1. Насколько релевантен поиск того, что первично? Офтальмология. 2020; 17 (3): 336–43. [Neroev V.V., Zueva M.V., Zhuravleva A.N., Tsapenko I.V. Structural and functional disorders in glaucoma: the prospects for preclinical diagnosis. Part 1. Is the search for what comes first relevant? Oftal'mologija. 2020; 17 (3): 336–43 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2020-3-336-343
26. Morgan J.E., Datta A.V., Erichsen J.T., Albon J., Boulton M.E. Retinal ganglion cell remodeling in experimental glaucoma. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2006; 572: 397–402. doi: 10.1007/0-387-32442-9_56
27. Morquette J.B., Di Polo A. Dendritic and synaptic protection: is it enough to save the retinal ganglion cell body and axon? J. Neuroophthalmol. 2008; 28 (2): 144–54. doi: 10.1097/wno.0b013e318177edf0
28. El-Danaf R.N., Huberman A.D. Characteristic patterns of dendritic remodeling in early-stage glaucoma: evidence from genetically identified retinal ganglion cell types. J. Neurosci. 2015; 35 (6): 2329–43. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1419-14.2015
29. Ly T., Gupta N., Weinreb R.N., Kaufman P.L., Yucel Y.H. Dendrite plasticity in the lateral geniculate nucleus in primate glaucoma. Vision Res. 2011; 51 (2): 243–50. doi: 10.1016/j.visres.2010.08.003

30. Porciatti V., Ventura L.M. Retinal ganglion cell functional plasticity and optic neuropathy: a comprehensive model. *J. Neuroophthalmol.* 2012; 32 (4): 354–8. doi: 10.1097/WNO.0b013e3182745600
31. Зуева М.В. Динамика гибели ганглиозных клеток сетчатки при глаукоме и ее функциональные маркеры. *Национальный журнал глаукома.* 2016; 15 (1): 70–85. [Zueva M.V. Dynamics of retinal ganglion cell death in glaucoma and its functional markers. *Nacional'nyj zhurnal glaucoma.* 2016; 15 (1): 70–85 (in Russian)].
32. Зуева М.В., Журавлева А.Н., Боголепова А.Н. Дендритное ветвление ганглиозных клеток сетчатки как биомаркер глаукомной оптической нейропатии и болезни Альцгеймера и мишень нейропротекторной терапии. *Офтальмология.* 2021; 18 (2): 198–207. [Zueva M.V., Zhuravleva A.N., Bogolepova A.N. Dendritic branching of retinal ganglion cells as a biomarker of glaucomatous optic neuropathy and Alzheimer's disease and a target of neuroprotective therapy. *Oftal'mologija.* 2021; 18 (2): 198–207 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2021-2-198-207
33. Зуева М.В., Ковалевская М.А., Донкарева О.В., и др. Фрактальная фототерапия в нейропротекции глаукомы. *Офтальмология.* 2019; 16 (3): 317–28. [Zueva M.V., Kovalevskaya M.A., Donkareva O.V., et al. Fractal phototherapy in neuroprotection of glaucoma. *Oftal'mologija.* 2019; 16 (3): 317–28 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2019-3-317-328
34. Зуева М.В., Каранкевич А.И. Стимулятор сложноструктурированными оптическими сигналами и способ его использования. Евразийский патент № 035247; 2020. [Zueva M.V., Karankevich A.I. Stimulator with complex structured optical signals and the method of its use. Patent EAPO 035247; 2020 (in Russian)].
35. Зуева М.В., Каранкевич А.И., Зуев Т.А. Способ тренировки головного мозга. Патент РФ № 2671199 С1; 2017. [Zueva M.V., Karankevich A.I., Zuev T.A. A method to train the brain. Patent RF 2671199 S1; 2017 (in Russian)].
36. Zueva M.V. Fractality of sensations and the brain health: the theory linking neurodegenerative disorder with distortion of spatial and temporal scale-invariance and fractal complexity of the visible world. *Front. Aging. Neurosci.* 2015; 7: 135. doi: 10.3389/fnagi.2015.00135
37. Зуева М.В. Технологии нелинейной стимуляции: роль в терапии заболеваний головного мозга и потенциал применения у здоровых лиц. *Физиология человека.* 2018; 44 (3): 62–73. [Zueva M.V. Technologies of nonlinear stimulation: role in the treatment of diseases of the brain and the potential applications in healthy individuals. *Fiziologija cheloveka.* 2018; 44 (3): 289–99 (in Russian)]. doi: 10.1134/S0362119718030180
38. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> [SR 52.13330.2016 Natural and artificial lighting. Updated edition of SRR 23-05-95. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (in Russian)].
39. Mardin C.Y., Horn F.K., Jonas J.B. Preperimetric glaucoma diagnosis by confocal scanning laser tomography of the optic disc. *Br. J. Ophthalmol.* 1999; 83 (3): 299–304. doi: 10.1136/bjo.83.3.299
40. Мачехин В.А., Фабрикантов О.Л., Львов В.А. Препериметрическая глаукома (обзор литературы). *Медицина.* 2019; 26 (2): 59–80. [Machekhin V.A., Fabrikantov O.L., Lvov V.A. Preperimetric glaucoma (literature review). *Medicina.* 2019; 26 (2): 59–80 (in Russian)]. doi: 10.29234/2308-9113-2019-7-2-59-80
41. Sun M.J., Rubin G.S., Akpek E.K., Ramulu P.Y. Impact of glaucoma and dry eye on text-based searching. *Transl. Vis. Sci. Technol.* 2017; 6 (3): 24. doi: 10.1167/tvst.6.3.24

Вклад авторов в работу: М.А. Ковалевская — концепция, анализ литературы, написание текста; В.Б. Антонян — сбор и анализ данных, написание текста; Е.В. Мунтянова — сбор и анализ данных; М.В. Зуева — научный анализ, написание текста, редактирование.
Authors contribution: M.A. Kovalevskaya — concept, analysis of literature, writing of the article; V.B. Antonyan — data collection and analysis, writing of the article; E.V. Muntianova — data collection and analysis; M.V. Zueva — scientific analysis, writing and editing of the article.

Поступила: 09.02.2022. Переработана: 22.03.2022. Принята к печати: 03.04.2022
 Originally received: 09.02.2022. Final revision: 22.03.2022. Accepted: 03.04.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, 394036, Россия

Мария Александровна Ковалевская — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой офтальмологии

Вероника Бронислави Антоян — заочный аспирант и ассистент кафедры офтальмологии, ORCID ID 0000-0001-9414-1960

Екатерина Вячеславовна Мунтянова — ординатор кафедры офтальмологии, ORCID ID 0000-0001-8000-5757

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Марина Владимировна Зуева — д-р биол. наук, профессор, начальник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова, ORCID ID 0000-0002-0161-5010

Для контактов: Мария Александровна Ковалевская,
 ipkovalevskaya@gmail.com;
 Марина Владимировна Зуева,
 visionlab@yandex.ru

Voronezh State Medical University, named after N.N. Burdenko, 10, Studencheskaya St., Voronezh, 394036, Russia

Maria A. Kovalevskaya — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology

Veronika B. Antonyan — PhD student, assistant, chair of ophthalmology, ORCID ID 0000-0001-9414-1960

Ekaterina V. Muntianova — resident, chair of ophthalmology, ORCID ID 0000-0001-8000-5757

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St. Moscow, 105062, Russia

Marina V. Zueva — Dr. Biol. Sci., professor, head of the department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov, ORCID ID 0000-0002-0161-5010

Contact information: Maria A. Kovalevskaya,
 ipkovalevskaya@gmail.com;
 Marina V. Zueva,
 visionlab@yandex.ru