

Научная статья

УДК 617.7-007.681-07-8

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-3-48-54>

Мониторинг некоторых морфометрических показателей зрительного нерва и сетчатки у лиц без глаукомы и пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в условиях использования различных видов очковой коррекции

Ирина Асатуровна Гндоян ✉, Наталья Александровна Кузнецова, Лилия Борисовна Куштарева

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Цель работы: провести пролонгированный мониторинг состояния некоторых морфометрических показателей сетчатки и зрительного нерва у лиц без глаукомы и пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) в условиях достижения толерантного и целевого ВГД на фоне использования различных видов очковой коррекции. **Материал и методы.** Обследован 139 человек (245 глаз) в возрасте 40–60 лет с различными видами клинической рефракции, 41 субъект (81 глаз) из них был без глаукомы, 98 пациентов (164 глаза) имели ПОУГ I–II стадии. В объем обследования помимо стандартных методов входила оптическая когерентная томография (ОКТ) зрительного нерва и центральной области сетчатки для определения толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС), комплекса ганглиозных клеток сетчатки (КГКС) и площади нейроретинального пояса (НРП). Исследование велось в 4 группах наблюдения. Первая (21 человек) и вторая (20 человек) группы были представлены лицами без глаукомы, использовавшими для работы вблизи монофокальную очковую коррекцию и прогрессивную очковую коррекцию соответственно. Третья (50 человек) и четвертая (48 человек) группы были составлены из пациентов с глаукомой, использовавшими также соответственно монофокальную очковую коррекцию для близи или прогрессивную очковую коррекцию на фоне местной гипотензивной терапии с достижением толерантного и целевого ВГД. Срок наблюдения составил три года. **Результаты.** У всех лиц без глаукомы зафиксировано отсутствие достоверных изменений в состоянии НРП ($p > 0,5$), СНВС ($p < 0,2$) и КГКС ($p < 0,3$) за трехлетний период наблюдения. У пациентов с ПОУГ, применявших прогрессивную коррекцию, не выявлено отрицательной динамики в площади НРП ($p > 0,5$), толщине СНВС ($p < 0,5$) и КГКС ($p < 0,5$) в течение всего срока наблюдения, при использовании монофокальной коррекции наблюдались потери в СНВС и КГКС ($p < 0,05$) без достоверного уменьшения площади НРП ($p < 0,3$). **Заключение.** Использование прогрессивной очковой коррекции обеспечивает аккомодативную регуляцию офтальмотонуса при ПОУГ и реализует опосредованное нейропротекторное действие.

Ключевые слова: глаукома, внутриглазное давление, оптическая когерентная томография, сетчатка, слой нервных волокон, комплекс ганглиозных клеток, нейроретинальный пояс, очковая коррекция

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-3-48-54>

Monitoring of several morphometric parameters of the optic nerve and retina in persons without glaucoma and patients with primary open-angle glaucoma using various types of spectacle correction

Irina A. Gndoyan ✉, Natalia A. Kuznetsova, Lilia B. Kushtareva

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Abstract. Purpose: to perform long-term monitoring of the state of several morphometric parameters of the retina and optic nerve in persons without glaucoma and patients with primary open-angle glaucoma (POAG) in the conditions of achieving tolerant and target IOP against the background of the use of various types of spectacle correction. **Material and methods:** 139 patients aged 40–60 years with various types of clinical refraction were examined, 41 subjects (81 eyes) of them were without glaucoma, 98 patients (164 eyes) had POAG at stage I–II. In addition to standard methods, the scope of the examination included optical coherence tomography (OCT) of the optic nerve and the central area of the retina to determine the thickness of the retinal nerve fiber layer (RNFL), retinal ganglion cell complex (RGCC) and the area of the neuroretinal rim (NRR). The study was conducted in 4 observation groups. The first (21 subjects) and the second (20 subjects) groups were represented by persons without glaucoma who used monofocal spectacle correction and progressive spectacle correction for near work, respectively. The third (50 subjects) and the fourth (48 subjects) groups were composed of patients with POAG who also used, respectively, monofocal spectacle correction for near vision or progressive spectacle correction against the background of topical hypotensive therapy with the achievement of tolerant and target IOP.

© Гндоян И.А., Кузнецова Н.А., Куштарева Л.Б., 2024

© Gndoyan I.A., Kuznetsova N.A., Kushtareva L.B., 2024

The follow-up period was three years. **Results:** There were no significant changes in the area of NRR ($p > 0,5$) and in the thickness of RNFL ($p < 0,2$) and RGCC ($p < 0,3$) over the three-year follow-up period in all patients without glaucoma. In patients with POAG who applied progressive correction, no negative dynamics was revealed in the NRR area ($p > 0,5$) and in the thickness of RNFL ($p < 0,5$) and RGCC ($p < 0,5$) during the follow-up period. POAG patients with using monofocal correction had noticeable losses in RNFL and RGCC thickness ($p < 0,05$) without a significant decrease in the area of NRR ($p < 0,3$). **Conclusion:** The progressive spectacle correction using provides accommodative regulation of IOP in POAG and implements an indirect neuroprotective effect.

Keywords: glaucoma, intraocular pressure, optical coherence tomography, retina, nerve fiber layer, ganglion cell complex, neuroretinal rim, spectacle correction

Актуальность. Комплексная оценка состояния и течения глаукомного процесса у конкретного пациента включает определение нескольких критериев, и, безусловно, важнейшим из них в настоящее время полагается внутриглазное давление (ВГД) [1]. Однако отрицательная динамика глаукомного процесса оценивается не по некомпенсации офтальмотонуса, а по наличию морфо-функциональных потерь, нарастание которых можно мониторировать на основании результатов периметрии и данных оптической когерентной томографии (ОКТ). Эти результаты являются самыми ранними показателями прогрессирования заболевания [2]. При этом ОКТ-параметры оказываются более информативными и чувствительными, поскольку позволяют регистрировать препериметрические изменения при глаукоме [3].

Анализ литературных источников по данному вопросу позволил выделить следующие показатели, наиболее чувствительные к повышенному ВГД – слой нервных волокон сетчатки (СНВС) и комплекс ганглиозных клеток сетчатки (КГКС) [4]. При анализе темпов прогрессирования глаукомного процесса и динамической оценке структурно-функциональных изменений в различных слоях сетчатки при глаукоме выявлено, что высокодостоверный уровень различий между нормой и первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), а также тенденцию к уменьшению толщины (объема) при глаукоме имели показатели трех слоев внутренней сетчатки: слой нервных волокон макулярной зоны, слой ганглиозных клеток (ГК) сетчатки и внутренний плексиформный слой [5]. Объединение этих слоев в единый комплекс – КГКС – расценивается правомочным действием как со структурной, так и с функциональной точки зрения, поскольку и аксоны в СНВС, и дендриты во внутреннем плексиформном слое являются отростками ГК и гибнут вместе с ними при глаукомном повреждении.

Доказанным фактом является то, что, несмотря на снижение уровня ВГД при глаукоме, гибель ГК сетчатки продолжается [6, 7]. Поэтому в настоящее время при лечении данной патологии внимание привлекается не только к терапии, направленной на снижение офтальмотонуса, но и к медикаментозной нейропротекции [4, 5], а также к другим комплексным воздействиям [8]. Однако, возвращаясь к вопросу достаточности гипотензивного эффекта местных медикаментозных средств, следует отметить, что критерием его успеха чаще всего является достижение уровня целевого ВГД.

Последний представляет собой статистический показатель, рассчитанный в большой популяционной группе, и может не отражать необходимого для конкретного пациента уровня офтальмотонуса, или толерантного ВГД [9]. Поэтому поиск дополнительных лечебных мероприятий при ПОУГ должен проводиться с учетом достижения как целевого, так и толерантного ВГД.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Провести пролонгированный мониторинг состояния некоторых морфометрических показателей сетчатки и зрительного нерва у лиц без глаукомы и пациентов с ПОУГ в условиях достижения толерантного и целевого ВГД на фоне использования **различных видов** очковой коррекции.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняла участие 139 человек (265 глаз) в возрасте 40–60 лет. У 41 из них не было глаукомы, 98 пациентов имели ПОУГ. Пациенты с закрытоугольной глаукомой в исследование не включались, так как большинство из них в местной гипотензивной терапии постоянно или периодически используют инстилляцию миотиков (пилокарпина гидрохлорида или фиксированной комбинации, содержащей пилокарпин), что приводит к сужению зрачка и методически значительно затрудняет проведение ОКТ диска зрительного нерва (ДЗН) и сетчатки.

Из всех обследованных были сформированы 4 группы наблюдения.

Первая и вторая группа были представлены лицами с пресбиопией и различными видами клинической рефракции без глаукомы. Все субъекты первой группы (21 человек, 41 глаз) использовали монофокальные очки: одни очки для близи в случае эметропии, либо две пары монофокальных очков для дали и для близи в случае гиперметропии. Во второй группе было 20 человек (40 глаз), и все они использовали прогрессивную универсальную коррекцию. Подробное распределение по типам рефракции у включенных в исследование субъектов без глаукомы приведено в табл. 1.

Третья и четвертая группы наблюдения были представлены 98 больными (164 глаза) с ПОУГ I–II стадии, средний возраст ($58 \pm 1,7$) года. Из них женщин было 59, мужчин 39. Распределение по типам рефракции среди пациентов с ПОУГ также приведено в табл. 1. Все пациенты, включенные в исследование, имели профиль угла передней камеры открытого

типа с величиной не менее 35°, в том числе и лица с гиперметропией. Пациенты третьей группы (50 человек, 86 глаз) после включения в исследование использовали для выполнения работы вблизи и/или на средней дистанции монофокальную очковую коррекцию. Пациенты четвертой группы (48 человек, 78 глаз) использовали для постоянного ношения прогрессивную очковую коррекцию.

Все пациенты с ПОУГ получали местную гипотензивную терапию с достижением толерантного ВГД,

которое не оказывает отрицательного воздействия на зрительный нерв и слой нервных волокон сетчатки [10]. Для определения уровня толерантного ВГД использовалось программное обеспечение Toliop [9]. Из них пациентов, использовавших инстилляцию топических ингибиторов карбоангидразы, было 36 человек (60 глаз), аналогов простагландинов – 38 человек (65 глаз), фиксированных комбинаций (β-блокатор в сочетании с аналогом простагландина, α2-агонистом или ингибитором карбоангидразы) – 24 человека (39 глаз).

Таблица 1

Распределение лиц без глаукомы и пациентов с ПОУГ по возрасту, полу и типам клинической рефракции

Группы наблюдения	Средний возраст, лет	Пол		Типы клинической рефракции		
		мужчины	женщины	эмметропия	гиперметропия слабой и средней степеней	миопия слабой и средней степеней
Лица без глаукомы, использовавшие монофокальную коррекцию	45,0 ± 1,5	6	15	5 человек (10 глаз)	16 человек (31 глаз)	–
Лица без глаукомы, использовавшие прогрессивную коррекцию	45,0 ± 1,7	3	17	2 человека (4 глаза)	18 человек (36 глаз)	–
Пациенты с ПОУГ, использовавшие монофокальную коррекцию	58,0 ± 1,7	20	30	8 человек (14 глаз)	14 человек (25 глаз)	28 человек (47 глаза)
Пациенты с ПОУГ, использовавшие прогрессивную коррекцию	58,0 ± 1,6	19	29	8 человек (14 глаз)	18 человек (28 глаз)	22 человека (36 глаз)

Всем лицам, включенным в исследование, выполнялись визометрия с коррекцией, рефрактометрия, пневмотонометрия (РТ-100 Reichert, США). Помимо указанного объема обследования всем пациентам проводилась ОКТ зрительного нерва и центральной области сетчатки (оптический когерентный томограф TOPCON 3D OCT 2000, Япония). Для определения толщины СНВС и площади нейроретинального пояса (НРП) использовался скан 3D Optic disc, карта ДЗН с площадью нормативной базы 6 × 6 мм, разрешение сканирования 512 × 128. Для оценки толщины КГКС применялся скан 3D Macula V, карта макулы с площадью нормативной базы 7 × 7 мм, разрешение сканирования 512 × 128. Сравнение толщины СНВС и КГКС в динамике выполнялось по специальному протоколу в автоматическом режиме, площади НРП – в ручном режиме.

Первое исследование показателей проводилось при первичном обращении, при котором обследуемые либо вообще не использовали очковую коррекцию (ни для дали, ни для близи), либо используемая коррекция не соответствовала возрасту и степени аномалии рефракции больных. Второе исследование проводилось

через 3 года на фоне ношения монофокальной очковой коррекции для работы вблизи и на средней дистанции или прогрессивной очковой коррекции. У части пациентов как с глаукомой, так и без нее, за время наблюдения была проведена смена очков в связи с увеличением аддидации, но вид коррекции не менялся.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи стандартного пакета программ Microsoft Office 2007 (EXCEL) и программы Statistica 7,0. При анализе были использованы методы вариационной статистики с вычислением среднего арифметического, стандартного отклонения, ошибки среднего, критерия Стьюдента. Уровень достоверности принимали равным 0,05 и менее.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Включение в долгосрочное исследование лиц без глаукомы и пациентов с ПОУГ позволило нам оценить динамику наиболее чувствительных к колебаниям ВГД ОКТ-параметров как в отношении закономерных возрастных потерь, так и для выявления возможного глаукомного повреждения СНВС и КГКС.

Результаты исследования морфометрических параметров зрительного нерва и сетчатки у лиц без глаукомы и у пациентов с ПОУГ приведены в табл. 2 и 3 соответственно. Мониторинг ОКТ-параметров у лиц без глаукомы показал отсутствие достоверных изменений в их состоянии за трехлетний период наблюдения (табл. 2). При ношении монофокальной коррекции от-

мечена некоторая тенденция к ухудшению по толщине СНВС при практически неизменном показателе КГКС. При использовании прогрессивной очковой коррекции, напротив, было отмечено незначительное увеличение толщины СНВС, а показатель КГКС остался почти без изменений. Площадь НРП в обеих группах осталась неизменной за время наблюдения.

Таблица 2

Динамика морфометрических параметров сетчатки и зрительного нерва у лиц без глаукомы на фоне использования монофокальной и прогрессивной коррекции, $M \pm m$

ОКТ-параметры	Пациенты первой группы наблюдения		Пациенты второй группы наблюдения	
	до назначения коррекции	через 3 года на фоне ношения монофокальной коррекции	до назначения коррекции	через 3 года на фоне ношения прогрессивной коррекции
Нейроретинальный поясok, мм ²	1,50 ± 0,22	1,46 ± 0,25 <i>p</i> > 0,5	1,51 ± 0,22	1,50 ± 0,23 <i>p</i> > 0,5
СНВС (верхний сектор), мкм	119,2 ± 3,6	111,6 ± 4,0 <i>p</i> < 0,2	114,5 ± 3,1	117,8 ± 3,4 <i>p</i> < 0,2
СНВС (нижний сектор), мкм	120,9 ± 4,3	113,4 ± 4,8 <i>p</i> < 0,1	123,7 ± 3,5	128,5 ± 3,1 <i>p</i> < 0,5
СНВС (среднее значение), мкм	100,2 ± 2,6	94,3 ± 3,0 <i>p</i> < 0,2	97,10 ± 2,03	100,2 ± 1,6 <i>p</i> < 0,2
КГКС (верхний сектор), мкм	53,5 ± 1,8	53,0 ± 1,7 <i>p</i> < 0,3	42,3 ± 2,7	43,9 ± 2,5 <i>p</i> < 0,3
КГКС (нижний сектор), мкм	56,3 ± 1,5	55,2 ± 1,7 <i>p</i> < 0,3	43,5 ± 2,4	44,8 ± 2,4 <i>p</i> < 0,3
КГКС (среднее значение), мкм	56,7 ± 1,7	55,5 ± 1,8 <i>p</i> < 0,3	42,5 ± 2,5	43,9 ± 2,5 <i>p</i> < 0,3

Анализ полученных результатов при ПОУГ показал, что у пациентов, использовавших монофокальную очковую коррекцию, через три года после начала наблюдения были отмечены определенные потери в значениях СНВС и КГКС (табл. 3). Достоверные изменения были отмечены для обоих параметров в верхнем секторе и в среднем значении по нижнему и верхнему секторам (*p* < 0,05). Следует отметить, что средний уровень ВГД при первом визите составил (14,5 ± 0,5) мм рт.ст., через три года (16,3 ± 0,7) мм рт. ст. Таким образом, за время наблюдения был зафиксирован достоверный подъем офтальмотонуса (*p* < 0,05), но при этом уровень целевого ВГД, соответственный стадиям глаукомы I–II, считался достигнутым [11].

Оценка указанных параметров у пациентов, использовавших прогрессивную очковую коррекцию, позволяет сделать заключение о стабильном состоянии СНВС и КГКС. В данной группе присутствовало не ухудшение, а незначительное повышение значений (*p* < 0,5), колебания которых происходили в пределах ошибки метода ОКТ. Средний уровень ВГД при первом визите в данной группе составил (18,2 ± 0,7) мм рт. ст., через три года (15,6 ± 0,5) мм рт. ст. Таким образом, и в этой группе наблюдения уровень целевого

ВГД, соответственный стадиям ПОУГ I–II, также был достигнут, однако, напротив, с достоверным уменьшением его среднего значения (*p* < 0,01). Площадь НРП у пациентов с ПОУГ в обеих группах наблюдения не претерпела значимых изменений.

Известно, что морфологические изменения в слоях сетчатки наблюдаются не только при глаукоме, и в ходе нормального старения сетчатки также происходят закономерные, связанные с возрастом потери в толщине СНВС, отражающие гибель аксонов ГК [12]. Гистологические исследования показывают средний темп утраты нервных волокон в зрительном нерве – 0,5 % в год, причем на изменение толщины СНВС влияет не только потеря аксонов ГК, но и связанное с возрастом разрастание не нейрональной (прежде всего глиальной) ткани [12, 13]. Сомы ГК в сетчатке также подлежат возрастной потере, скорость которой у большинства млекопитающих постоянна и зависит только от генетически предопределенного количества ГК во взрослой сетчатке у каждого вида [14]. В отличие от клеточных тел аксоны ГК гораздо более уязвимы при старении [15]. Считается, что причиной повышенной уязвимости ГК является их высокая метаболическая потребность в сочетании с возрастным сокращением ресурсов.

Таблица 3

Динамика морфометрических параметров сетчатки и зрительного нерва у пациентов с ПОУГ на фоне использования монофокальной и прогрессивной коррекции, $M \pm m$

ОКТ-параметры	Пациенты третьей группы наблюдения		Пациенты четвертой группы наблюдения	
	до назначения коррекции	через 3 года на фоне ношения монофокальной коррекции	до назначения коррекции	прогрессивная коррекция
Нейроретинальный поясok, мм ²	1,27 ± 0,22	1,23 ± 0,21 <i>p</i> < 0,3	1,26 ± 0,22	1,27 ± 0,20 <i>p</i> > 0,5
СНВС (верхний сектор), мкм	106,5 ± 2,4	99,5 ± 2,5 <i>p</i> < 0,05	111,57 ± 1,90	113,19 ± 2,50 <i>p</i> < 0,5
СНВС (нижний сектор), мкм	107,1 ± 2,8	100,1 ± 3,0 <i>p</i> < 0,1	117,8 ± 2,2	120,9 ± 2,5 <i>p</i> < 0,5
СНВС (среднее значение), мкм	95,6 ± 1,6	90,3 ± 1,8 <i>p</i> < 0,05	96,1 ± 1,3	97,3 ± 1,4 <i>p</i> < 0,5
КГКС (верхний сектор), мкм	69,8 ± 1,7	65,2 ± 1,6 <i>p</i> < 0,05	59,7 ± 2,5	61,7 ± 2,4 <i>p</i> < 0,5
КГКС (нижний сектор), мкм	69,0 ± 1,6	65,9 ± 1,6 <i>p</i> < 0,2	60,1 ± 2,3	61,0 ± 2,2 <i>p</i> < 0,5
КГКС (среднее значение), мкм	69,3 ± 1,6	64,4 ± 1,6 <i>p</i> < 0,05	60,1 ± 2,4	61,5 ± 2,3 <i>p</i> < 0,5

При глаукоме потери в СНВС и КГКС возникают раньше других нарушений и значительно превышают физиологическое инволюционное уменьшение этих параметров [2]. Уменьшение такого показателя, как НРП характерно для прогрессирующего глаукомного процесса, которое быстро усиливается при декомпенсации ВГД [2, 16]. Результаты нашего исследования продемонстрировали отсутствие отрицательной динамики в состоянии НРП у пациентов с ПОУГ как при использовании монофокальной, так и прогрессивной коррекции. Вместе с тем было отмечено, что у больных с глаукомой, использовавших монофокальную коррекцию на фоне достоверного подъема ВГД за три года наблюдения появились достоверные потери в толщине СНВС и КГКС. Таким образом, мы еще раз подтвердили то, что данные показатели более чувствительны к подъему уровня ВГД, даже при его соответствии давлению цели.

С учетом приведенных фактов на проблему достаточности гипотензивной терапии можно взглянуть с новой стороны. Гипотензивная терапия с использованием фиксированных и нефиксированных комбинаций в части случаев реализует весь свой потенциал, однако оказывается не адекватной уровню толерантного ВГД. При этом следует либо планировать лазерное или хирургическое лечение либо искать аддитивные немедикаментозные средства воздействия, позволяющие получить дополнительное снижение ВГД [8].

Ранние собственные исследования по оценке влияния прогрессивной очковой коррекции на показатели гидродинамики показали, что ее использование у пациентов с ПОУГ, получающих местную гипотен-

зивную терапию, приводит к дополнительному снижению ВГД в среднем на 2,6 мм рт. ст. [17]. Такое влияние прогрессивной коррекции на офтальмотонус является важным достижением, поскольку известно, что снижение ВГД даже на 1 мм рт. ст. уменьшает риск прогрессирования глаукомы на 19 % [18].

Временной период, в течение которого мы наблюдали наших пациентов с глаукомой, представляется достаточным для выявления возможных потерь в СНВС, КГКС и НРП. Исследования по данному вопросу свидетельствуют, что статистически значимые изменения у пациентов с ПОУГ всех вышеуказанных морфометрических параметров выявляются при динамическом наблюдении от одного года [2, 19, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг ОКТ-параметров у лиц без глаукомы при использовании как монофокальной, так и прогрессивной очковой коррекции показал отсутствие достоверных изменений в их состоянии за трехлетний период наблюдения.

Отсутствие при долгосрочном наблюдении у пациентов с ПОУГ, применявших наряду с местной гипотензивной терапией прогрессивную очковую коррекцию, достоверной отрицательной динамики в таких показателях, как толщина СНВС и КГКС, а также площадь НРП позволяет заключить, что использование прогрессивной очковой коррекции обеспечивает опосредованное нейропротекторное действие, которое реализуется вследствие благоприятного влияния прогрессивной коррекции на аккомодативную регуляцию офтальмотонуса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров Е.А. Национальное руководство по глаукоме. Под ред. Е.А. Егорова, В.П. Еричева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 384 с.

2. Гапонько О.В., Куроедов А.В., Городничий В.В. и др. Новые морфометрические маркеры диагностики глаукомы. *РМЖ «Клиническая офтальмология»*. 2016;16(1):1–6.

3. Акопян В.С., Семенова Н.С., Филоненко И.В., Цысарь М.А. Оценка комплекса ганглиозных клеток сетчатки при первичной открытоугольной глаукоме. *Офтальмология*. 2011;8(1):20–26.

4. Казанова С.Ю., Страхов В.В. Анализ темпов прогрессирования глаукомного процесса при различных вариантах несоблюдения комплаенса лечения. *Национальный журнал Глаукома*. 2016;15(2):74–83.

5. Страхов В.В., Ярцев А.В., Алексеев В.В. и др. Структурно-функциональные изменения слоев сетчатки при первичной глаукоме и возможные пути ретинопротекции. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(2):70–82.

6. Brubaker R.F. Delayed functional loss in glaucoma. LII Edward Jackson Memorial Lecture. *American Journal of Ophthalmology*. 1996; 121(5):473–483.

7. Cockburn D.M. Does reduction of intraocular pressure (IOP) prevent visual field loss in glaucoma? *American Journal of Optometry and Physiological optics*. 1983;60(8):705–711.

8. Жаров, В.В., Бутолина О.Е., Лялин А.Н. Лечение глаукомы аппаратом «Визотроник МЗ» на фоне стандартной консервативной терапии. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2010;12:68–70.

9. Фокин В.П., Балалин С.В., Балалин А.С. Мобильное приложение для определения индивидуального внутриглазного давления у больных первичной открытоугольной глаукомой. *Точка зрения. Восток-Запад*. 2017;4:46–48.

10. Кац М.Д., Куроедов А.В. Об оптимальных значениях «целевого» уровня внутриглазного давления. *Национальный журнал Глаукома*. 2022;21(3):72–84.

11. Клинические рекомендации «Глаукома первичная открытоугольная», 2020 г., дата размещения на сайте Минздрава 27.01.2021. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/96_1 (дата обращения: 18.03.2023).

12. Harwerth R.S., Wheat J.L. Modeling the effects of aging on retinal ganglion cell density and nerve fiber layer thickness. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2008;246(2):305–314.

13. Prinz J., Walter P., Liu H., Prokosch V. The impact of aging on the function of retinal ganglion cells. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2024;241(2):162–169.

14. Зуева М.В., Арапиев М.У., Цапенко И.В. и др. Морфофункциональные особенности изменения ганглиозных клеток сетчатки при физиологическом старении и в ранней стадии глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2016; 132(1):36–34.

15. Calkins D.J. Age-related changes in the visual pathways: blame it on the axon. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2013;54(14):37–41.

16. Гапонько О.В., Куроедов А.В., Городничий В.В. и др. Традиционные и современные морфометрические характеристики нейроретинального пояса в диагностике начальной стадии глаукомы. *Национальный журнал Глаукома*. 2018;17(3):3–14.

17. Гндоян И.А., Кузнецова Н.А., Деревянченко А.И. Опыт применения прогрессивной очковой коррекции у пациентов с аметропиями и первичной открытоугольной глаукомой. *Глаз*. 2019;1(125):6–13.

18. Chauchan B.C., Maikelberg F.S., Balaszi A.G. et al. Canadian Glaucoma Study Group. Canadian Glaucoma Study Group. Canadian Glaucoma Study: 2. Risk factors for the progression of open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology*. 2008;126 (8):1030–1036.

19. Курьшева Н.И., Трубилин В.Н., Шаталова Е.О., Лепешкина Л.В. Прогрессирование глаукомной оптиконейропатии: результаты многолетнего наблюдения. *Офтальмология*. 2019;16(1S):96–101.

20. Фенькова О.Г., Гусаревич О.Г., Фурсова А.Ж. Морфометрический контроль диска зрительного нерва при диспансерном наблюдении детей с врожденной глаукомой. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2015; 3(61):61–62.

REFERENCES

1. Egorov E.A. National Guide to Glaucoma. Ed. E.A. Egorov, V.P. Eriчева. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p. (In Russ.).

2. Gaponko O.V., Kuroedov A.V., Gorodnichiy V.V. et al. New morphometric diagnostic markers of glaucoma. *RMZh "Klinicheskaya oftal'mologiya" = RMJ "Clinical ophthalmology"*. 2016;16(1):1–6. (In Russ.).

3. Akopyan V.S., Semenova N.S., Filonenko I.V., Tsysar M.A. Evaluation of ganglion cell complex measurement in primary open-angle glaucoma. *Oftal'mologiya = Ophthalmology in Russia*. 2011;8(1):20–26. (In Russ.).

4. Casanova S.Yu., Strakhov V.V. Analysis of glaucoma process progression rates depending on various treatment non-compliance scenarios. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma = National Journal glaucoma*. 2016;15(2):74–83. (In Russ.).

5. Strakhov V.V., Yartsev A.V., Alekseev V.V. et al. Structural and functional changes in the retinal layers in patients with primary glaucoma and possible means of retinoprotection. *Vestnik oftal'mologii = Russian Annals of Ophthalmology*. 2019;135 (2):70–82. (In Russ.).

6. Brubaker R.F. Delayed functional loss in glaucoma. LII Edward Jackson Memorial Lecture. *American Journal of Ophthalmology*. 1996;121(5):473–483.

7. Cockburn D.M. Does reduction of intraocular pressure (IOP) prevent visual field loss in glaucoma? *American Journal of Optometry and Physiological optics*. 1983;60(8):705–711.

8. Zharov V.V., Butolina O.E., Lyalin A.N. Treatment of glaucoma by device "Vi sotronic MZ" with standard conservative therapy. *Vestnik Orenburgskogo gosuniversiteta = Bulletin of Orenburg State University*. 2010;12:68–70. (In Russ.).

9. Fokin V.P., Balalin S.V., Balalin A.S. Mobile application for determining of individual intraocular pressure in patients with primary open-angle glaucoma. *Tochka zreniya. Vostok-Zapad = Point of view. East-West*. 2017;4:46–48. (In Russ.).
10. Katz M.D., Kuroedov A.V. On the optimal values of "target" intraocular pressure. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma = National Journal glaucoma*. 2022;21(3):72–84. (In Russ.).
11. Clinical guidelines "Glaucoma primary open-angle", 2020, date of posting on the website of the Ministry of Health of 27.01.2021. (In Russ.) URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/96_1 (accessed: 18.03.2023).
12. Harwerth R.S., Wheat J.L. Modeling the effects of aging on retinal ganglion cell density and nerve fiber layer thickness. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2008;246(2):305–314.
13. Prinz J., Walter P., Liu H., Prokosch V. The impact of aging on the function of retinal ganglion cells. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2024;241(2):162–169.
14. Zueva M.V., Arapiev M.U., Tsapenko I.V. et al. Distinctive morphological and functional changes in retinal ganglion cells associated with normal aging and early stage of glaucoma. *Vestnik oftal'mologii = Russian Annals of Ophthalmology*. 2016;132(1):36–42. (In Russ.).
15. Calkins D.J. Age-related changes in the visual pathways: blame it on the axon. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2013;54(14):37–41.
16. Gaponko O.V., Kuroedov A.V., Gorodnichy V.V. et al. Traditional and modern morphometric characteristics of the neuroretinal rim in early glaucoma diagnosis. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma = National Journal glaucoma*. 2018;17(3):3–14. (In Russ.).
17. Gndoyan I.A., Kuznetsova N.A., Derevyanchenko A.I. Progressive spectacle correction in patients with ametropia and primary open-angle glaucoma. *Glaz = Eye*. 2019;1(125):6–13. (In Russ.).
18. Chauchan B.C., Maikelberg F.S., Balaszi A.G. et al. Canadian Glaucoma Study Group. Canadian Glaucoma Study Group. Canadian Glaucoma Study: 2. Risk factors for the progression of open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology*. 2008;126 (8):1030–1036.
19. Kurysheva N.I., Trubilin V.N., Shatalova E.O., Lepeshkina Glaucoma optic neuropathy progression: the results of long-term follow-up. *Oftal'mologiya = Ophthalmology*. 2019;16(1S):96–101. (In Russ.).
20. Fenkova O.G., Gusarevich O.G., Fursova A.J. Morphometric control of disk of optic nerve in children with developmental glaucoma in regular medical check-up. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal = Pacific Medical Journal*. 2015; 3(61):61–62. (In Russ.).

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

Информация об авторах

И.А. Гндоян – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; ✉ irina.gndoyan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7581-9473>

Н.А. Кузнецова – аспирант кафедры офтальмологии Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; natalialikont@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2281-5625>

Л.Б. Куштарева – кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; kushli78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9443-2210>

Статья поступила в редакцию 13.04.2024; одобрена после рецензирования 23.07.2024; принята к публикации 06.09.2024.

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

Information about the authors

I.A. Gndoyan – MD, Associate Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; ✉ irina.gndoyan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7581-9473>

N.A. Kuznetsova – Postgraduate student of the Department of Ophthalmology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; natalialikont@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2281-5625>

L.B. Kushtareva – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; kushli78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9443-2210>

The article was submitted 13.04.2024; approved after reviewing 23.07.2024; accepted for publication 06.09.2024.