



Оригинальная статья

УДК 617.7-007.681

<https://doi.org/10.25276/2410-1257-2025-4-6-11>

Исследование ретробульбарного кровотока у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой после трабекулэктомии

С.Ю. Петров, Т.Н. Киселева, О.И. Маркелова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца», Москва, Российская Федерация

РЕФЕРАТ

Цель. Оценить влияние трабекулэктомии на параметры ретробульбарного кровотока у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ).

Материал и методы. Изменение кровотока исследовали на 40 пациентах с развитой (1-я группа) и далеко зашедшей стадией ПОУГ (2-я группа) на приборе VOLUSON E8. Анализировали величину показателей максимальной систолической скорости (PSV), конечной диастолической скорости (EDV) и индекса резистентности в ретробульбарных сосудах за неделю до хирургического лечения и через 1 месяц после трабекулэктомии.

Результаты. В ходе исследования в 1-й и 2-й группах выявлены статистически значимые ($p \leq 0.05$) изменения показателей ретробульбарного кровотока, имеющие сходные тенденции: увеличение показателей PSV и EDV центральной артерии сетчатки (ЦАС) и задних коротких латеральных цилиарных артерий (ЗКЛЦА), PSV задних коротких медиальных цилиарных артерий (ЗКМЦА), снижение индекса резистентности ЦАС и ЗКЛЦА. Отмечена значимая обратная корреляционная взаимосвязь PSV и EDV ЦАС и ЗКЛЦА с показателями внутриглазного давления (ВГД) после трабекулэктомии.

Заключение. Настоящее исследование продемонстрировало статистически значимое снижение ВГД после проведенного хирургического лечения, что сопровождается значительным повышением параметров ретробульбарного кровотока у пациентов с ПОУГ.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, внутриглазное давление, ретробульбарный кровоток, гемодинамика глаза, трабекулэктомия.

Для цитирования: Петров С.Ю., Киселева Т.Н., Маркелова О.И. Исследование ретробульбарного кровотока у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой после трабекулэктомии. *Точка зрения. Восток–Запад.* 2025;12(4): 6–11. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2025-4-6-11>

Автор, ответственный за переписку: Сергей Юрьевич Петров, glaucomatosis@gmail.com

Original article

The research of retrobulbar blood flow in patients with primary open-angle glaucoma after trabeculectomy

S.Yu. Petrov, T.N. Kiseleva, O.I. Markelova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Purpose. To evaluate the effect of trabeculectomy on the parameters of retrobulbar blood flow in patients with POAG.

Material and methods. Changes of blood flow were studied in 40 patients with advanced primary open-angle glaucoma (POAG) using the device VOLUSON E8. Peak systolic velocity, end-diastolic velocity and resistance index in the retrobulbar vessels were analyzed at one week before surgery and one month after trabeculectomy.

Results. During the study, statistically significant ($p \leq 0.05$) changes in the parameters of retrobulbar blood flow with similar trends were revealed in groups 1 and 2: an increase of peak systolic velocity, end-diastolic velocity in central retinal artery (CRA) and short posterior lateral ciliary artery (lateral SPCA), end-diastolic velocity in the short posterior medial ciliary artery (medial SPCA), and a decrease of resistance index in the central retinal artery and short lateral posterior ciliary artery. A significant inverse correlation was noted between the PSV and EDV of the CRA and lateral SPCA with the parameters of IOP after trabeculectomy.

Conclusion. The present study has demonstrated a statistically significant reduction in IOP after surgical treatment, which was accompanied by a significant increase in the parameters of retrobulbar blood flow in patients with primary open-angle glaucoma.

Keywords: primary open-angle glaucoma, intraocular pressure, retrobulbar blood flow, ocular hemodynamics, trabeculectomy.

© Петров С.Ю., Киселева Т.Н., Маркелова О.И., 2025

For citation: Petrov S.Yu., Kiseleva T.N., Markelova O.I. The research of retrobulbar blood flow in patients with primary open-angle glaucoma after trabeculectomy. *Point of view. East-West*. 2025;12(4): 7–11. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2025-4-6-11>
Corresponding author: Sergey Yu. Petrov, glaucomatosis@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ

Глаукома — это оптическая нейропатия, ведущая к гибели ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) и характерному повреждению диска зрительного нерва (ДЗН). Данная патология является многофакторным заболеванием, при котором основной модифицируемый фактор риска развития — внутриглазное давление (ВГД) [1, 2]. Однако у некоторых пациентов глаукома продолжает прогрессировать, несмотря на достижение целевого уровня ВГД. Это указывает на то, что в патогенезе данного заболевания, помимо ВГД, могут быть задействованы другие механизмы. В последнее время особое внимание уделяется сосудистой теории развития глаукомной оптической нейропатии (ГОН) [2–5].

Согласно данной теории, недостаточное кровоснабжение приводит к ишемии ДЗН вследствие нарушения его ауторегуляции [6]. Ауторегуляция — способность сосудистого русла поддерживать относительно постоянный уровень кровотока, капиллярного давления и запаса питательных веществ, несмотря на колебания перфузионного давления (ПД). Ауторегуляторные механизмы неспособны адекватно работать в условиях чрезмерно высокого или низкого ПД, которое в норме способствует обеспечению кровотока в сосудах глаза с учетом их периферического сопротивления, зависящего от калибра и тонуса сосудистой стенки. Важно также учитывать, что нормальный уровень ПД индивидуален для каждого человека и может меняться при сопутствующей сердечно-сосудистой патологии [1, 6].

Исследования показали, что низкое артериальное давление является фактором риска развития глаукомы и нарушения глазного кровотока. A. Cherecheanu и соавт. выдвинули теорию, согласно которой первичное изменение гемодинамики происходит на уровне ДЗН, влияя на аксоны ГКС. Вследствие этого ГКС вынуждены функционировать при пониженных энергетических уровнях и становятся чувствительными ко вторичным повреждениям, таким, как низкое глазное ПД, которое не может быть компенсировано ауторегуляцией. Это, наряду с окислительным стрессом, в конечном итоге может привести к гибели ГКС [3].

Используя современный неинвазивный метод — ультразвуковое исследование (УЗИ) в режимах цветового доплеровского картирования (ЦДК) и импульсной доплерографии (ИД), можно оценить кровоток в ретробульбарных сосудах: глазной артерии, центральной артерии сетчатки (ЦАС), задних цилиарных артериях и венозном русле орбиты [1, 5, 7–10]. С помощью режимов данного метода проводят количественную оценку кровотока, определяя следующие показатели: максимальная систолическая (пиковая) скорость кровотока (PSV), конечная диастолическая скорость (EDV) и индекс сопротивления, или индекс резистентности Pourselot (RI).

Результаты многочисленных исследований показали, что параметры УЗИ в режимах ЦДК и ИД изменяются у пациентов при первичной открытоугольной глаукоме (ПОУГ): скорость кровотока ретробульбарных сосудов значительно ниже по сравнению с показателями группы здоровых добровольцев. Стоит отметить, что параметры кровотока коррелируют с морфофункциональными нарушениями, характерными для глаукомы [11–14].

При отсутствии компенсации ВГД и прогрессировании ГОН показано хирургическое лечение. Успешно проведенная операция приводит к значительному снижению ВГД и увеличению глазной гемоперфузии. Однако результаты проведенных исследований влияния антиглаукомной хирургии на гемодинамику глаз больных ПОУГ разноречивы [15–19].

ЦЕЛЬ

Оценка влияния трабекулэктомии на параметры ретробульбарного кровотока у пациентов с ПОУГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 40 пациентов, которых распределили на 2 группы: 1-я группа — 20 пациентов (20 глаз) с развитой стадией ПОУГ, средний возраст 65,3±5,1 года; 2-я группа — 20 пациентов (20 глаз) с далеко зашедшей стадией ПОУГ, средний возраст 64,9±5,4 года.

Все обследуемые были старше 60 лет и имели нормальные параметры артериального давления на момент исследования (124±3,9/85±3,5 мм рт.ст.). По поводу глаукомы пациенты обеих групп получали местную гипотензивную терапию: 16 человек — комбинированную терапию аналогами простагландина и неселективным блокаторм β-адренорецепторов, 24 человека — комбинированную терапию аналогами простагландина, неселективным блокаторм β-адренорецепторов и ингибиторами карбоангидразы. Отмечалась декомпенсация ВГД на гипотензивном режиме и прогрессирование ГОН по данным оптической когерентной томографии и статической периметрии.

Подбор пациентов по стадиям глаукомы проводили с учетом морфологических изменений ДЗН, выявляемых при офтальмоскопии (патологическое отклонение от нормы пропорций невральное ободка, глаукомная экскавация ДЗН, перипапиллярная атрофия), и нарушений в полях зрения. Стандартную автоматизированную периметрию выполняли на периметре Ostorus (Швейцария), критериями для развитой стадии глаукомы являлись MD от –6,03 до –17,28 дБ (среднее MD –12,51±10,53 дБ, M±m). Все обследуемые не имели антиглаукоматозных операций в анамнезе.

Обе подгруппы были сопоставимы по возрасту, полу, общему состоянию, системным и перенесенным глазным заболеваниям. Артериальное давление было компенсировано на гипотензивном режиме.

Критерии исключения: курение, зрелая катаракта, другие заболевания сетчатки или зрительного нерва, близорукость высокой степени (аномалия рефракции выше $-6,00$ дптр), системные заболевания, которые могут повлиять на офтальмологический кровоток, такие как системная гипертензия с некомпенсированным артериальным давлением, гипотония, сахарный диабет.

Состояние глазного кровотока оценивали с помощью УЗИ в режимах ЦДК и ИД с помощью прибора «система ультразвуковая диагностическая медицинская VOLUSON E8». Регистрировали величину показателей PSV, EDV и RI в ретробульбарных сосудах за неделю до хирургического лечения и через 1 месяц после трабекулэктомии.

Все оперативные вмешательства были выполнены одним хирургом: стандартная трабекулэктомия с разрезом конъюнктивы по лимбу, склеральный лоскут 3×4 мм, зона трабекулэктомии 1×2 мм. Послеоперационное лечение было аналогичным для всех пациентов, состоящее из интенсивного местного противовоспалительного лечения (глюкокортикостероидные, нестероидные противовоспалительные и антибактериальные препараты).

Пациенты были включены в исследование в том случае, если все послеоперационные осмотры (1–2 недели и 1 месяц после хирургического лечения) сопровождались компенсацией ВГД без гипотензивного режима (отсутствие дополнительных гипотензивных препаратов, отсутствие повторных антиглаукоматозных операций).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с использованием приложения Microsoft Excel. Выборки соответствовали распределению пациентов по группам. При анализе данных 40 пациентов рассчитывали средние величины параметров (M) и среднеквадратическое отклонение (σ). Все выборки подчинялись нормальному закону распределения. Для проверки достоверности различий между средними значениями выборок использовали параметрический двусторонний t-критерий Стьюдента. Различия считали достоверными на уровне значимости $p \leq 0,05$. Выполняли корреляционный анализ: для вычисления линейной зависимости между непрерывными признаками использовали коэффициент корреляции Пирсона. Степень показателя тесноты связи между параметрами качественно оценивалась по шкале Чеддока (0,1–0,3 — слабая, 0,3–0,5 — умеренная, 0,5–0,7 — заметная, 0,7–0,9 — высокая, 0,9–0,99 — весьма высокая).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявлены достоверно значимые ($p \leq 0,05$) изменения ВГД в исследуемых группах, которые сохранялись через 1 месяц после проведения хирургического лечения.

В 1-й и 2-й группах отмечаются статистически значимые ($p \leq 0,05$) изменения показателей ретробульбарного кровотока, имеющие сходные тенденции: увеличение показателей PSV и EDV ЦАС и задних коротких латеральных цилиарных артерий (ЗКЛЦА), EDV задних коротких медиальных цилиарных артерий (ЗКМЦА), снижение RI ЦАС и ЗКЛЦА.

Наибольшие изменения характерны для показателей кровотока ЗКЛЦА: для 1-й группы — увеличение пока-

зателей PSV и EDV на 14 и 28%, снижение RI на 7%; для 2-й группы — увеличение показателей PSV, EDV на 13 и 26%, снижение RI на 6%. Параметры кровотока ЦАС — увеличение PSV на 13 и 13%, EDV на 25 и 24%, снижение RI на 7 и 6% для 1-й и 2-й групп соответственно (табл. 1).

Корреляционный анализ параметров ретробульбарного кровотока по данным УЗИ в режимах ЦДК и ИД и показателей ВГД у пациентов с ПОУГ в развитой и далеко зашедшей стадиях показал следующее (табл. 2). Выявлена значимая обратная корреляционная взаимосвязь PSV и EDV ЦАС и ЗКЛЦА с показателями ВГД, наиболее выраженная — для EDV ЦАС и ЗКЛЦА ($r = -0,71$, $r = -0,70$; $r = -0,74$, $r = -0,72$ соответственно для 1-й и 2-й групп).

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании антиглаукоматозная операция фистулизирующего типа — трабекулэктомия, привела к статистически значимому и устойчивому снижению ВГД. Это, в свою очередь, отразилось на показателях ретробульбарного кровотока: наблюдалось статистически значимое увеличение преимущественно EDV в ЦАС и ЗКЛЦА.

Все 40 пациентов успешно перенесли трабекулэктомию без необходимости дополнительной медикаментозной гипотензивной терапии. В первую неделю после операции ВГД снизилось примерно на 60% по сравнению с предоперационными показателями. При последующих визитах отмечалось повышение офтальмотонуса по сравнению с вышеописанными результатами, однако он оставался значительно ниже (на 46%) исходных значений.

Результаты нашего исследования сопоставимы с данными других работ. Например, в проспективном исследовании J. Tribble и соавт. у 20 пациентов было отмечено значительное увеличение EDV, а также снижение сосудистого сопротивления в ЦАС и задних коротких цилиарных артериях (латеральной и медиальной) в течение 14 недель после операции. Глазная артерия, согласно этому исследованию, не показала стабильно значимых изменений [20]. I. Januleviciene и соавт. также получили схожие результаты, изучив 16 пациентов с ПОУГ после трабекулэктомии, отметили существенное увеличение показателей ретробульбарного кровотока в ЦАС, а также EDV в ЗКЛЦА через месяц после операции [1]. Сравнивая полученные нами данные с работами D. Poinoosawmy и соавт. и von S. Schulthess и соавт., можно отметить, что и они обнаружили увеличение скоростных показателей ретробульбарного кровотока не только при ПОУГ после трабекулэктомии, но и при глаукоме нормального давления после проведенного хирургического лечения [17, 18].

Таким образом, большинство исследователей обнаружили увеличение параметров глазного кровотока у пациентов с глаукомой вследствие значительного снижения ВГД после трабекулэктомии [15–21]. В нашем исследовании изменения в параметрах ретробульбарного кровотока были значительно коррелированы с показателями ВГД после операционного лечения.

Известно, что резкое снижение ВГД позволяет ауторегуляторным механизмам у пациентов с ПОУГ вернуться к нормальному функционированию [21, 22]. Суммируя вышесказанное можно предположить, что хирурги-

Таблица 1

Параметры ВГД и ретробульбарного кровотока в исследуемых группах до и через 1 месяц после трабекулэктомии

Table 1

Parameters of IOP and retrobulbar blood flow in the study groups before and 1 month after trabeculectomy

Параметры кровотока Blood flow parameters	Показатели кровотока в исследуемых группах (см/с) до трабекулэктомии Blood flow parameters in the study groups (cm/s) before trabeculectomy		Показатели кровотока в исследуемых группах (см/с) через 1 месяц после трабекулэктомии Blood flow parameters in the study groups (cm/s) 1 month after trabeculectomy	
	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2
ВГД IOP	30,1±3,8	28,7±4,2	15,0±2,7*	13,1±3,2**
PSV ГА PSV OA	34,78±3,15	29,2±3,9	35,13±2,75	29,8±3,4
EDV ГА EDV OA	8,75±1,93	4,7±1,3	8,83±1,98	4,92±1,46
RI ГА RI OA	0,79±0,06	0,81±0,04	0,77±0,05	0,8±0,37
PSV ЦАС PSV CRA	11,37±1,44	8,3±1,5	12,85±1,37*	9,37±1,46**
EDV ЦАС EDV CRA	3,56±0,71	1,7±0,4	4,45±0,77*	2,1±0,51**
RI ЦАС RI CRA	0,71±0,07	0,81±0,05	0,66±0,07*	0,76±0,06**
PSV ЗКЛЦА PSV lateral SPCA	11,36±1,43	10,1±1,2	12,95±1,38*	11,4±1,17**
EDV ЗКЛЦА EDV lateral SPCA	4,15±0,66	2,9±0,2	5,31±0,57*	3,65±0,18**
RI ЗКЛЦА RI lateral SPCA	0,65±0,05	0,77±0,02	0,61±0,03*	0,73±0,04**
PSV ЗКМЦА PSV medial SPCA	11,95±1,30	9,9±1,1	12,13±1,27	10,24±1,06
EDV ЗКМЦА EDV medial SPCA	4,52±0,82	3,0±0,4	5,01±0,75*	3,3±0,43**
RI ЗКМЦА RI medial SPCA	0,64±0,06	0,81±0,04	0,61±0,05	0,79±0,03

Примечание. * – $p < 0,05$, разница статистически достоверна с 1-й группой до хирургического лечения; ** – $p < 0,05$, разница статистически достоверна со 2-й группой до хирургического лечения. ГА – глазная артерия; ЦАС – центральная артерия сетчатки; ЗКЛЦА – задние короткие латеральные цилиарные артерии; ЗКМЦА – задние короткие медиальные цилиарные артерии.

Note. * – $p < 0,05$, the difference is statistically significant with group 1 before surgical treatment; ** – $p < 0,05$, the difference is statistically significant with group 2 before surgical treatment. OA – ophthalmic artery; CRA – central retinal artery; lateral SPCA – short posterior lateral ciliary arteries; medial SPCA – short posterior medial ciliary arteries.

ческое вмешательство (трабекулэктомия), снижая ВГД до целевого уровня, создает благоприятные условия для процесса ауторегуляции. Это подтверждается значительным увеличением скоростей кровотока по мере снижения ВГД, что было отражено в нашем исследовании.

Однако, несмотря на наблюдаемое улучшение кровотока после трабекулэктомии, исследование S. Hardarson и соавт. не выявило значительных изменений в насыщении сосудов сетчатки кислородом после аналогичных операций. Исследователи отметили небольшое увеличение насыщения кислородом артериол сетчатки (на 2%),

насыщение кислородом венул сетчатки не изменилось, и не было обнаружено существенной артериовенозной разницы. Важно отметить, что в описанном исследовании не изучался глазной кровоток [23]. Стоит отметить, что для прогноза заболевания полученные результаты требуют дальнейшего изучения.

Согласно данным M. Satilmis и соавт., скорость прогрессирования изменений поля зрения, характерных для ГОН, значительно коррелирует с показателями ретробульбарной гемодинамики, причем эта связь не зависит от степени существующего повреждения или ВГД [24].

Таблица 2

Корреляционный анализ данных ретробульбарного кровотока по данным УЗИ в режимах ЦДК и ИД с параметрами ВГД в исследуемых группах

Table 2

Correlation analysis of retrobulbar blood flow data according to ultrasound data in the color Doppler and ID modes with IOP parameters in the study groups

Параметры кровотока по данным УЗДГ Blood flow parameters according to ultrasound Doppler imaging	Параметры ВГД 1-й группы Parameters of IOP of the 1st group	Параметры ВГД 2-й группы Parameters of IOP of the 2nd group
PSV ЦАС PSV CRA	-0,64	-0,62
EDV ЦАС EDV CRA	-0,71	-0,70
RI ЦАС RI CRA	0,44	0,44
PSV ЗКЛЦА PSV lateral SPCA	-0,67	-0,66
EDV ЗКЛЦА EDV lateral SPCA	-0,74	-0,72
RI ЗКЛЦА RI lateral SPCA	0,45	0,45
EDV ЗКМЦА EDV medial SPCA	0,47	0,46

Примечание. ЦАС – центральная артерия сетчатки; ЗКЛЦА – задние короткие латеральные цилиарные артерии; ЗКМЦА – задние короткие медиальные цилиарные артерии.

Note. CRA – central retinal artery; lateral SPCA – short posterior lateral ciliary arteries; medial SPCA – short posterior medial ciliary arteries.

В то же время J. Schumann и соавт. обнаружили, что ухудшение состояния поля зрения ассоциируется с пониженными скоростными показателями кровотока в глазной артерии и повышенными RI в ЦАС [25]. При этом параметры, измеренные в задних цилиарных артериях, не показали такой корреляции.

В целом долгосрочное влияние улучшенной гемодинамики глаза на прогрессирование глаукомы остается малоизученным вопросом, требующим дополнительных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, трабекуlectомия привела к статистически значимому снижению ВГД, что сопровождалось существенным повышением параметров ретробульбарного кровотока у пациентов с ПОУГ.

Несмотря на высокие показатели обратной корреляции параметров кровотока с ВГД, клиническое значение данных результатов и их корреляцию с морфофункциональными параметрами у пациентов с ПОУГ еще предстоит изучить в перспективе.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Januleviciene I, Siaudvytyte L, Diliene V, et al. Effect of Trabeculectomy on Ocular Hemodynamic Parameters in Pseudoexfoliative and Primary Open-angle Glaucoma Patients. *J Glaucoma*. 2015;24(5): e52–56. doi: 10.1097/IJG.0000000000000055
- Петров С.Ю., Орлова Е.Н., Киселева Т.Н., и др. Микроциркуляция глаза при глаукоме. Часть 2. Нарушения регионарной гемодинамики. *Офтальмологические ведомости*. 2024;17(4): 99–110. Petrov SY, Orlova EN, Kiseleva TN, et al. Eye microcirculation in glaucoma. Part 2. Disorders of regional hemodynamics. *Ophthalmology Reports*. 2024;17(4): 99–110. (In Russ.) doi: 10.17816/OV630422
- Cherecheanu AP, Garhofer G, Schmidl D, et al. Ocular perfusion pressure and ocular blood flow in glaucoma. *Curr Opin Pharmacol*. 2013;13(1): 36–42. doi: 10.1016/j.coph.2012.09.003
- Hwang JC, Konduru R, Zhang X, et al. Relationship among visual field, blood flow, and neural structure measurements in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(6): 3020–3026. doi: 10.1167/iovs.11-8552
- Киселева Т.Н., Петров С.Ю., Охотимская Т.Д., и др. Современные методы качественной и количественной оценки микроциркуляции глаза. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(3): 152–158. Kiseleva TN, Petrov SYu., Okhotsimskaya TD, et al. State-of-the-art methods of qualitative and quantitative assessment of eye microcirculation. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(3): 152–158. (In Russ.) doi: 10.21516/2072-0076-2023-16-3-152-158
- Hayreh SS. Blood flow in the optic nerve head and factors that may influence it. *Prog Retin Eye Res*. 2001;20(5): 595–624. doi: 10.1016/s1350-9462(01)00005-2
- Kuerten D, Fuest M, Koch EC, et al. Long term effect of trabeculectomy on retrobulbar haemodynamics in glaucoma. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2015;35(2): 194–200. doi: 10.1111/opro.12188
- Киселева О.А., Макуха С.А., Якубова Л.В. и др. Исследование гемодинамики глаз больных первичной открыто-

- гольной глаукомой после фистулизирующей хирургии. *Российский офтальмологический журнал*. 2014;2: 94–96. Kiseleva OA, Makukha SA, Yakubova LV, et al. Ocular Hemodynamics of Patients with Primary Open-Angle Glaucoma after Fistulizing Surgery. *Russian Ophthalmological Journal*. 2014;2: 94–96. (In Russ.)
9. Петров С.Ю., Орлова Е.Н., Киселева Т.Н. и др. Микроциркуляция глаза при глаукоме. Часть 3. Влияние гипотензивного лечения. *Офтальмологические ведомости*. 2025;18(2): 95–102. Petrov SY, Orlova EN, Kiseleva TN, et al. Eye microcirculation in glaucoma. Part 3. Hypotensive therapy effect. *Ophthalmology Reports*. 2025;18(2): 95–102. (In Russ.) doi: 10.17816/OV632510
 10. Юсеф Ю., Казарян Э.Э., Рафаэлян А.А. и др. Особенности глазного кровотока и методы его исследования. *Офтальмология*. 2023;20(1): 33–40. Yusef Yu, Kazaryan EE, Rafaelyan AA, et al. Features of ocular blood flow and methods for it's study. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(1): 33–40. (In Russ.) doi: 10.18008/1816-5095-2023-1-33-40
 11. Bittner M, Faes L, Boehni SC, et al. Colour Doppler analysis of ophthalmic vessels in the diagnosis of carotic artery and retinal vein occlusion, diabetic retinopathy and glaucoma: systematic review of test accuracy studies. *BMC Ophthalmol*. 2016;16(1): 214. doi: 10.1186/s12886-016-0384-0
 12. Magureanu M, Stanila A, Bunescu LV, et al. Color Doppler imaging of the retrobulbar circulation in progressive glaucoma optic neuropathy. *Rom J Ophthalmol*. 2016;60(4): 237–248.
 13. Rankin SJ, Drance SM, Buckley AR, et al. Visual field correlations with color Doppler studies in open angle glaucoma. *J Glaucoma*. 1996;5(1): 15–21.
 14. Петров С.Ю., Киселева Т.Н., Охоцимская Т.Д. и др. Микроциркуляция глаза при глаукоме. Часть 1. Методы исследования. *Офтальмологические ведомости*. 2024;17(3): 113–123. Petrov SY, Kiseleva TN, Okhotsimskaya TD, et al. Eye microcirculation in glaucoma. Part 1. Diagnostic methods. *Ophthalmology Reports*. 2024;17(3): 113–123. (In Russ.) doi: 10.17816/OV628995
 15. Berisha F, Schmetterer K, Vass C, et al. Effect of trabeculectomy on ocular blood flow. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(2): 185–188. doi: 10.1136/bjo.2004.048173
 16. Cantor LB. The effect of trabeculectomy on ocular hemodynamics. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2001;99: 241–252.
 17. Poinosawmy D, Indar A, Bunce C, et al. Effect of treatment by medicine or surgery on intraocular pressure and pulsatile ocular blood flow in normal-pressure glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2002;240(9): 721–726. doi: 10.1007/s00417-002-0504-9
 18. vonSchulthess SR, Kaufmann C, Bachmann LM, et al. Ocular pulse amplitude after trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2006;244(1): 46–51. doi: 10.1007/s00417-005-0065-9
 19. Yamazaki Y, Hayamizu F. Effect of trabeculectomy on retrobulbar circulation and visual field progression in patients with primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol*. 2012;6: 1539–1545. doi: 10.2147/OPHTH.S36331
 20. Tribble JR, Sergott RC, Spaeth GL, et al. Trabeculectomy is associated with retrobulbar hemodynamic changes. A color Doppler analysis. *Ophthalmology*. 1994;101(2): 340–351. doi: 10.1016/s0161-6420(13)31332-3
 21. James CB. Effect of trabeculectomy on pulsatile ocular blood flow. *Br J Ophthalmol*. 1994;78(11): 818–822. doi: 10.1136/bjo.78.11.818
 22. Flammer J, Orgul S, Costa VP, et al. The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. 2002;21(4): 359–393. doi: 10.1016/s1350-9462(02)00008-3
 23. Hardarson SH, Gottfredsdottir MS, Halldorsson GH, et al. Glaucoma filtration surgery and retinal oxygen saturation. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(11): 5247–5250. doi: 10.1167/iovs.08-3117
 24. Satilmis M, Orgul S, Doubler B, et al. Rate of progression of glaucoma correlates with retrobulbar circulation and intraocular pressure. *Am J Ophthalmol*. 2003;135(5): 664–669. doi: 10.1016/s0002-9394(02)02156-6
 25. Schumann J, Orgul S, Gugleta K, et al. Interocular difference in progression of glaucoma correlates with interocular differences in retrobulbar circulation. *Am J Ophthalmol*. 2000;129(6): 728–733. doi: 10.1016/s0002-9394(99)00481-x
- Информация об авторах**
Петров Сергей Юрьевич — д.м.н., начальник отдела глаукомы ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца», Москва, glaucomatosis@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>-4314
Киселева Татьяна Николаевна — д.м.н., начальник отдела ультразвуковой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца», Москва, tkiseleva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>
Маркелова Оксана Игоревна — младший научный сотрудник начальник отдела глаукомы ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца», Москва, levinaoi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>
- Information about the authors**
Sergey Yu. Petrov — Dr. of Med. Sci., head department of glaucoma. Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, glaucomatosis@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>-4314
Tatyana N. Kiseleva — Dr. of Med. Sci., professor, head department of ultrasound diagnostics. Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, tkiseleva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>
Oksana I. Markelova — junior research fellow, department of glaucoma. Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, levinaoi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>
- Вклад авторов:**
Петров С.Ю. — написание текста, редактирование.
Киселева Т.Н. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование.
Маркелова О.И. — сбор и обработка материала, редактирование.
- Author's contribution:**
Petrov S.Yu. — text writing, editing.
Kiseleva T.N. — collection and processing of the material, text writing, editing.
Markelova O.I. — collecting and processing material, editing.
- Финансирование:** Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.
Financial transparency: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial, or non-profit sector.
- Конфликт интересов:** Отсутствует.
Conflict of interest: None.
- Поступила:** 29.09.2025
Переработана: 14.10.2025
Принята к печати: 05.11.2025
Received: 29.09.2025
Revision: 14.10.2025
Accepted: 05.11.2025