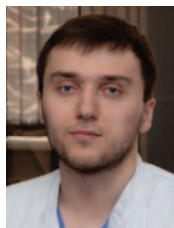


Влияние факоэмульсификации на внутриглазное давление в глазах с глаукомой. Обзор



Г.В. Воронин



М.К. Берсункаев



А.В. Волжанин

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(4):610–616

Факоэмульсификация (ФЭ) — метод хирургического лечения катаракты, являющийся в настоящее время «золотым стандартом». Помимо экстракции хрусталика и имплантации интраокулярной линзы, ФЭ в большинстве случаев сопровождается изменением ВГД. В случае офтальмогипертензии или первичной открытоугольной глаукомы ВГД чаще всего снижается, однако механизм этого феномена на текущий момент полностью неизвестен. При закрытоугольной глаукоме ФЭ обеспечивает открытие угла передней камеры, что восстанавливает физиологический отток внутриглазной жидкости и приводит к стабилизации ВГД. В ряде случаев, однако, ФЭ может сопровождаться краткосрочным повышением ВГД. Точный механизм этой реакции неизвестен, однако в большинстве случаев она ассоциирована с воспалительным ответом глаза на операционную травму.

Ключевые слова: факоэмульсификация, внутриглазное давление, экстракция катаракты, катаракта, глаукома

Для цитирования: Воронин Г.В., Берсункаев М.К., Волжанин А.В. Влияние факоэмульсификации на внутриглазное давление в глазах с глаукомой. Обзор. *Офтальмология*. 2023;20(4):610–616. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-610-616>

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

Конфликт интересов отсутствует

Influence of Phacoemulsification on Intraocular Pressure in Patients with Glaucoma

G.V. Voronin, M.K. Bersunkaev, A.V. Volzhanin

M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(4):610–616

Phacoemulsification (PE) is a current 'gold standard' of the surgical treatment of the cataract. Apart from lens extraction and intraocular lens implantation, PE is accompanied by IOP changes in most cases. In cases of ophthalmic hypertension or primary open-angle glaucoma, IOP is most often decreased; however, the mechanism of this phenomenon is currently completely unknown. In closed-angle glaucoma, PE provides opening of the anterior chamber angle, which restores physiological outflow of intraocular fluid and leads to IOP stabilization. In some cases, however, PE may be accompanied by a short-term increase in IOP. The exact mechanism of this reaction is unknown, however, in most cases it is associated with the inflammatory response of the eye to surgical trauma.

Keywords: phacoemulsification, intraocular pressure, cataract extraction, cataract, glaucoma

For citation: Voronin G.V., Bersunkaev M.K., Volzhanin A.V. Influence of Phacoemulsification on Intraocular Pressure in Patients with Glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(4):610–616. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-610-616>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests



Глаукома является одной из основных причин необратимой слепоты в мире. Так, в 2020 году у лиц старше 50 лет глаукома была причиной слепоты в 3,6 млн случаев и снижения остроты зрения до 0,33 и ниже в 4,1 млн случаев, а прогнозируемое число больных глаукомой к 2040 году составляет до 111,8 млн человек [1, 2]. Глаукома — группа многофакторных заболеваний, однако единственным модифицируемым фактором риска прогрессирования глаукомы является уровень внутриглазного давления (ВГД).

Катаракта — одна из распространенных причин слепоты в мире: в 2020 году из-за катаракты у лиц старше 50 лет зрение отсутствовало в 15,2 млн случаев, а значительно — до 0,33 и ниже — в 78,8 млн случаев. Более распространенной причиной частичного снижения зрения являются только некорригированные аномалии рефракции [1]. Однако снижение зрения из-за катаракты, в отличие от глаукомы, является обратимым — в ходе хирургического вмешательства возможно выполнение малотравматичного вмешательства — экстракции помутневшего хрусталика с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ).

В настоящее время «золотым стандартом» хирургии катаракты является факоэмульсификация (ФЭ) с имплантацией ИОЛ. Впервые описанная С.Д. Kelman в 1967 году [3], ФЭ нивелирует основной недостаток интракапсулярной (ИЭК) и экстракапсулярной экстракции катаракты (ЭЭК) — крупный роговичный разрез, обуславливающий высокую травматичность и значительный остаточный астигматизм. В основном за счет появления ФЭ безопасность, предсказуемость и рефракционный результат факохирургии значительно улучшились, что расширило показания к этому виду вмешательства. Так, стала целесообразной ФЭ с рефракционной целью [4], а в недавнем исследовании EAGLE (Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma), включавшем 419 пациентов, было показано, что при закрытоугольной глаукоме экстракция прозрачного хрусталика ассоциируется с лучшим контролем ВГД, чем периферическая иридэктомия [5].

Катаракта и глаукома часто сопутствуют друг другу в одном и том же глазу [1, 6] и могут оказывать взаимное влияние, требуя индивидуального подхода к тактике ведения таких больных [7–11]. Прогрессирование катаракты может сопровождаться сужением угла передней камеры (УПК), что в ряде случаев способно приводить к широкому диапазону клинических ситуаций: от подозрения на первичное закрытие угла передней камеры до первичной закрытоугольной глаукомы (ПЗУГ).

С другой стороны, традиционные антиглаукомные операции проникающего типа могут стимулировать прогрессирование катаракты [12–15], что осложняет тактику ведения пациентов с сочетанной патологией, так как последующее вмешательство с целью экстракции катаракты может способствовать рубцеванию зоны фильтрации, созданной в ходе антиглаукомной операции.

Другим возможным осложнением является повреждение цинновых связок при выполнении иридэктомии. В свою очередь, повреждение связочного аппарата хрусталика затрудняет выполнение ФЭ и имплантацию интраокулярной линзы.

ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЯ ПРИ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ И ОФТАЛЬМОГИПЕРТЕНЗИИ

Еще в 1970-х годах появились сообщения о влиянии экстракции катаракты на ВГД [16, 17]. Позже такой эффект был описан для ФЭ: на протяжении 3 лет снижение ВГД составило 2,5–5,5 мм рт. ст. у больных глаукомой; в контрольной же группе у пациентов без глаукомы среднее снижение составило 1,5 мм рт. ст. [18]. По мере распространения ФЭ были выполнены исследования, которые показали похожее влияние ВГД в течение нескольких лет после операции [19–21]. В настоящее время продолжают исследования, касающиеся влияния факохирургии на ВГД.

В 2015 г. Американская академия офтальмологии представила крупный обзор клинических исследований, посвященных ВГД после ФЭ при глаукоме. Так, в часть первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) было включено 9 исследований (461 пациент), на основании которых появились выводы, касающиеся среднего снижения ВГД на 13 % и сокращения приема глаукомных препаратов на 12 %. У больных с псевдоэкссфолиативной глаукомой (5 исследований, 132 пациента) снижение ВГД составило 20 %, а прием антиглаукомных капель уменьшился на 35 %. Наибольшее снижение ВГД наблюдалось у больных с ПЗУГ: с хронической формой (12 исследований, 495 пациентов) — на 30 % со снижением приема препаратов на 58 % и при остром приступе ПЗУГ (4 исследования, 119 пациентов) — снижение на 71 % [22]. При глаукоме с открытым УПК среди включенных исследований наибольшее снижение ВГД было описано в работе Hayashi и соавт. (2001), в которой у 68 пациентов с простой, нормотензивной и псевдоэкссфолиативной формой ПОУГ офтальмотонус после ФЭ снизился в среднем на 26 % [23]. Однако данный обзор обладает рядом недостатков: включенные исследования были неоднородны по дизайну, средний срок наблюдения относительно невелик, а стадия глаукомы и состояние зрительного нерва описаны не во всех включенных работах.

В целом величина снижения ВГД зависит от исходного его уровня: повышенное ВГД до ФЭ ассоциировалось с большим его снижением после вмешательства [18, 19].

В метаанализ 2017 года [9] были включены 32 исследования (1613 случаев), посвященных ФЭ у пациентов с ПОУГ. Было выявлено достоверное снижение ВГД после ФЭ, которое, однако, уменьшалось спустя 24 месяца. Среднее снижение ВГД после ФЭ через 6, 12, 24 и 36 месяцев составило 12, 14, 15 и 9 % от исходного уровня

соответственно. В эти же сроки количество принимаемых антиглаукомных лекарств сократилось на 0,57, 0,47, 0,38 и 0,16 препаратов соответственно. Наименьшее снижение ВГД было отмечено у пациентов с исходным ВГД ниже 15 мм рт. ст. (3 исследования, 82 пациента), наибольшее — у пациентов с ВГД свыше 21 мм рт. ст. (7 исследований, 345 пациентов). В этих подгруппах также с наибольшим и наименьшим исходным ВГД наблюдались наименьший разброс результатов [24].

Другой метаанализ, опубликованный через год, также включал в себя 32 исследования и содержал похожие выводы. Вместе с тем авторы описывают ряд принципиальных недостатков, свойственных крупным исследованиям по влиянию ФЭ на ВГД. Так, несмотря на большой объем данных, в таких исследованиях отсутствуют контрольные группы как таковые, а также неизвестна судьба выбывших из наблюдения пациентов. Изменение ВГД после ФЭ также может обеспечить изменение режима гипотензивных капель, что влияет на качество сравнимых данных [25].

В крупном исследовании OHTS (Ocular Hypertension Treatment Study) было продемонстрировано, что ФЭ приводит к значительному снижению ВГД при офтальмогипертензии. В этом многоцентровом рандомизированном проспективном исследовании в группе пациентов с катарактой среднее снижение ВГД составило 16,5 %, при этом в 39,7 % случаев снижение ВГД по сравнению с исходным уровнем было не менее 20 %. Кроме того, степень снижения ВГД в этой группе была пропорциональна дооперационному ВГД. Так же, как и в других работах, более низкое исходное ВГД ассоциировалось с небольшим его последующим снижением, а более высокое — с более выраженным снижением после операции [26].

Возможно, ФЭ также индуцирует какие-то изменения биомеханики роговицы: так, снижение роговично-компенсированного ВГД спустя 3 месяца составляло 2 мм рт. ст., при этом ВГД по Гольдману у этих же пациентов снизилось на 1,5 мм рт. ст. Коэффициент легкости оттока при этом возрастал в полтора раза [27].

МЕХАНИЗМ СНИЖЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ФЭ ПРИ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ

Механизм снижения ВГД очевиден в случае с закрытоугольной глаукомой, более того, при закрытом УПК его эффект коррелирует с биометрическими параметрами передней камеры [28]. В случае же ПОУГ гипотензивный эффект ФЭ до конца не изучен. Тем не менее улучшение оттока внутриглазной жидкости после ФЭ может быть реализовано только при относительно сохранной трабекулярной сети, то есть при начальной и продвинутой, но не далекозашедшей стадии глаукомы [29]. Факторы, усложняющие ФЭ (плотное ядро, ригидный зрачок, наличие псевдоэкссфолиаций), стали основой для прогностического алгоритма, предсказывающего риск повышения ВГД [30].

Тонография в динамике демонстрирует последовательное увеличение оттока водянистой влаги после ФЭ как у пациентов с ПОУГ, так и у больных без глаукомы [31–34]. Тонографические исследования после других видов экстракции катаракты, однако, дают более вариабельные результаты. Так, ЭЭК сопровождалась преходящим уменьшением легкости оттока, а сопутствующие осложнения значительно влияли на тонографические показатели [35]. После ФЭ инстилляций пилокарпина не влияют на легкость оттока [34].

Одна из предложенных гипотез связана с ремоделированием внеклеточного матрикса трабекулярной сети. В эксперименте *in vitro* клетки трабекулярной сети, взятые из глаз с глаукомой, под воздействием ультразвуковой энергии вырабатывали интерлейкин-1 (ИЛ-1), чего не наблюдалось в случае трабекулы, взятой из глаз без глаукомы. Будучи провоспалительным цитокином, ИЛ-1 вызывает изменения в системе оттока водянистой влаги путем влияния на тонус цилиарной мышцы и через стимуляцию матриксных металлопротеиназ [36]. Это приводит к ремоделированию тканей, аналогичному тому, которое наблюдается после селективной лазерной трабекулопластики [37]. Эта теория основана на парадигме биомеханической активации эндотелиальных клеток, к которым относятся и клетки трабекулярной сети. Так, циклическое напряжение и пульсирующая механическая энергия могут действовать на эндотелий так же, как и биохимические факторы, такие как цитокины, факторы роста и т.д. [38]. Хотя эта теория звучит убедительно для ФЭ, в исследовании на пациентах количество ультразвуковой энергии не коррелировало с последующим снижением ВГД [39] и отсутствует объяснение, почему ИЭК и ЭЭК также могут сопровождаться снижением ВГД.

У пациентов с псевдоэкссфолиативным синдромом ВГД после ФЭ снижается сильнее, что может быть обусловлено большим интраоперационным объемом циркулирующей жидкости в передней камере и вымыванием псевдоэкссфолиативного материала и пигмента из переднего отрезка глаза и трабекулярной сети [40]. В другом исследовании на пациентах с псевдоэкссфолиативной глаукомой трабекулярная аспирация и трабекулектomia, добавляемые к ФЭ, усиливали гипотензивный эффект [41]. Помимо этого, существует корреляция между снижением ВГД и временем аспирации с использованием ирригационной жидкости при ФЭ у пациентов с ПЭС [42].

Другим предположительным механизмом снижения ВГД после ФЭ является нивелирование компрессии трабекулярной сети и шлеммова канала, которое достигается путем углубления передней камеры, смещения иридохрусталиковой диафрагмы кзади и направленной назад тракции цинновых связок [43]. По данным оптической когерентной томографии, в здоровых глазах площадь и диаметр шлеммова канала увеличиваются через 6 месяцев после ФЭ. Предположительно это

происходит за счет уменьшения переднего расположения цилиарных отростков. Степень выявленных изменений также коррелировала с величиной снижения ВГД [44]. На больных глаукомой, однако, эти данные следует экстраполировать с осторожностью.

В случае с глаукомой ОКТ-признаки также могут коррелировать с величиной снижения ВГД. Так, площадь и толщина радужки, а также величина свода хрусталика коррелировали со снижением ВГД после ФЭ как при открытоугольной, так и при закрытоугольной глаукоме. Как и в описанных ранее работах, ФЭ при закрытоугольной глаукоме сопровождалась большим снижением ВГД [45].

К другим возможным механизмам снижения ВГД после ФЭ относят усиление увеосклерального оттока [46] и альтерацию барьера между кровью и водянистой влагой в цилиарном теле вследствие имплантации ИОЛ [47, 48].

В настоящее время достоверно неизвестно, какой из предполагаемых механизмов является ответственным за снижение ВГД после ФЭ. Можно предположить, что могут быть задействованы как макроскопические (анатомические) изменения конфигурации угла, так и микроскопические механизмы ремоделирования трабекулярной сети и экстрацеллюлярного матрикса. Однако для более глубокого понимания механизмов гипотензивного эффекта ФЭ необходимы дальнейшие исследования.

ПОВЫШЕНИЕ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ФЭ

Несмотря на убедительные доказательства того, что ФЭ снижает ВГД в долгосрочной перспективе, у некоторых пациентов в раннем послеоперационном периоде даже после неосложненной ФЭ могут наблюдаться скачки ВГД. Такая реакция чаще встречается в глаукомных глазах, особенно у пациентов с псевдоэксфолиативной глаукомой [22, 49–52]. Помимо вида глаукомы, подъем ВГД после ФЭ может зависеть от циркадианных ритмов [53]. Частота развития офтальмогипертензии в раннем послеоперационном периоде при ПОУГ колеблется от 3 до 27 %, а при псевдоэксфолиативной глаукоме — от 11 до 35 % [22].

В исследовании 217 глаз с глаукомой после неосложненной ФЭ в 17 % случаев наблюдался скачок ВГД более чем на 50 % от исходного уровня. Факторами риска при этом были большая длина переднезадней оси, более глубокая передняя камера, большее количество предоперационных лекарств и лазерная трабекулопластика в анамнезе [54].

ФЭ, как и любое другое вмешательство, в глазах с оперированной глаукомой является фактором риска ухудшения функциональности фильтрационной подушки [55]. Это обусловлено ответом на операционную травму в виде местной воспалительной реакции, которая стимулирует пролиферативные процессы в зоне фильтрации

и, в конце концов, приводит к полному или частичному рубцеванию путей оттока. Будучи зависимым от объема операционной травмы, воспаление после ЭЭК является более выраженным [56]. После же неосложненной ФЭ статистически значимый подъем ВГД составляет, как правило, 1,5–2 мм рт. ст. [55, 57, 58].

Как правило, повышение ВГД в ранние сроки после ФЭ является преходящим явлением, связанным с сохранением вискоэластика, вызывающего обструкцию угла передней камеры, или с реакцией на местные стероидные препараты [49, 51, 54].

Долгосрочное повышение ВГД после ФЭ у пациентов с ПОУГ наблюдается в 14–26 % случаев в сроки до 5 лет [23, 59, 60]; усиление медикаментозной терапии при этом требуется в 4–26 % случаев [59, 61]. Авторы при этом использовали разные критерии повышения ВГД. Подъем ВГД свыше 3 мм рт. ст. в течение 1 года при условии сохранения прежнего режима антиглаукомных капель наблюдался в 6 % случаев [59].

Несмотря на преимущественно преходящую природу повышения ВГД после ФЭ, риск его возникновения нельзя игнорировать, так как флюктуации ВГД ассоциированы с прогрессированием глаукомы и могут значительно ухудшить качество зрения при далекозашедшей глаукоме [62]. В таких случаях необходимо тщательно следить за удалением всего вискоэластичного материала и внимательно отслеживать состояние ВГД в послеоперационном периоде. При риске повышения ВГД стоит рассмотреть профилактическое усиление местной гипотензивной терапии [63] либо назначение системных ингибиторов карбоангидразы [64].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экстракция катаракты является эффективным методом повышения остроты зрения и снижения ВГД в большинстве случаев сочетанной катаракты и глаукомы. Фактически ФЭ может стать одной из процедур микроинвазивной хирургии глаукомы, учитывая ее отличный профиль безопасности и гипотензивный эффект при различных подтипах глаукомы и офтальмогипертензии.

Точный механизм снижения ВГД при ОУГ до сих пор полностью не изучен. Однако при ПЗУГ экстракция катаракты позволяет устранить основной механизм повышения ВГД за счет углубления передней камеры и расширения угла передней камеры. Исследование EAGLE показало, что даже у пациентов с ПЗУГ без признаков катаракты экстракция прозрачного хрусталика более эффективна, чем периферическая иридэктомия, и ассоциируется с уменьшением числа будущих операций по поводу глаукомы. Таким образом, экстракция прозрачного хрусталика может рассматриваться в качестве лечения первой линии у пациентов с офтальмогипертензией при наличии псевдоэксфолиативного синдрома даже при отсутствии катарактальных изменений.

Часто процедуры по удалению катаракты планируются в первую очередь для восстановления зрения, а не для снижения ВГД, которое может рассматриваться как побочный эффект основной цели вмешательства. Представленные в обзоре данные подтверждают необходимость рассматривать экстракцию катаракты в качестве первичной процедуры снижения ВГД у определенных групп пациентов и даже считать ее в качестве терапии первой линии в таких клинических случаях, как ПЗУГ. Хотя экстракция катаракты эффективно снижает ВГД как при ПОУГ, так и при ПЗУГ, ее эффективность, как правило, наиболее высока у пациентов с ПЗУГ и с более высоким предоперационным ВГД. Имеющиеся на сегодняшний день данные могут помочь хирургу индивидуально подбирать патогенетически обоснованное вмешательство при сочетании катаракты и глаукомы.

Не менее важным является необходимость информирования пациентов при тяжелой глаукоме о риске по-

вышения ВГД после экстракции катаракты. В настоящее время мы рассматриваем экстракцию катаракты как вариант первичного гипотензивного вмешательства у всех пациентов с псевдоэкзофалиативным синдромом, принимающих гипотензивные препараты, независимо от состояния хрусталика. Мы также рекомендуем рассматривать экстракцию катаракты в качестве метода лечения, снижающего ВГД, у пациентов с офтальмогипертензией или сопутствующей ОУГ, чтобы свести к минимуму необходимость применения гипотензивных препаратов. Необходимы дальнейшие проспективные и многоцентровые исследования преимуществ самостоятельной экстракции хрусталика, независимо от наличия визуально значимой катаракты, для более точного обоснования алгоритмов лечения глаукомных заболеваний.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Воронин Г.В. — концепция статьи, редактирование;
Берсункаев М.К. — поиск и обработка информации, написание статьи;
Волжанин А.В. — поиск и обработка информации, написание статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health*. 2021;9(2):e144–e160. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.
- Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121(11):2081–2090. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013.
- Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol*. 1967;64(1):23–35.
- Lee NS, Ong K. Changes in refraction after cataract phacoemulsification surgery. *Int Ophthalmol*. 2023;43(5):1545–1551. doi: 10.1007/s10792-022-02550-9.
- Azuara-Blanco A, Burr J, Ramsay C, Cooper D, Foster PJ, Friedman DS, Scotland G, Javanbakht M, Cochrane C, Norrie J, group E.s. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388(10052):1389–1397. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30956-4.
- Макогон С.И., Макогон А.С. Исследование коморбидности у пациентов разных возрастных групп с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома*. 2017;16(1):7–15.
- Makogon SI, Makogon AS. The study of comorbidity in patients with primary open-angle glaucoma in different age groups. *National Journal glaucoma*. 2017;16(1):7–15 (In Russ.).
- Басинский А.С., Газизова И.Р., Куроедов А.В., Петров С.Ю. Катаракта и глаукома: как и когда оперировать? *Национальный журнал глаукома*. 2019;18(3):75–80. doi: 10.25700/NJG.2019.03.09.
- Basinskiy AS, Gazizova IR, Kuroyevov AV, Petrov SYu. Cataract and glaucoma: how&when to operate? *National Journal glaucoma*. 2019;18(3):75–80 (In Russ.). doi: 10.25700/NJG.2019.03.09.
- Ивачёв Е.А. Особенности хирургии катаракты и послеоперационного периода у пациентов с глаукомой (сообщение 1). *Национальный журнал глаукома*. 2022;21(3):59–56. doi: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56.
- Ivachev EA. Features of cataract surgery and the postoperative period in patients with glaucoma (part 1). *National Journal glaucoma*. 2022;21(3):49–56 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56.
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Соловьева Г.М., Баталина Л.В. 15-летний опыт комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2017;16(2):38–46.
- Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYU, Solovyeva GM, Batalina LV. 15-years of experience of cataract and glaucoma surgery with phacoemulsification combined with non-penetrating deep sclerectomy. *National Journal glaucoma*. 2017;16(2):38–46 (In Russ.).
- Bhagat PR, Prajapati KM. Manual small-incision cataract surgery and glaucoma — A dilemma of the duo. *Indian J Ophthalmol*. 2022;70(11):3797–3802. doi: 10.4103/ijo.IJO_1317_22.
- Vizzeri G, Weinreb RN. Cataract surgery and glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*. 2010;21(1):20–24. doi: 10.1097/ICU.0b013e328332f562.
- Adelman RA, Brauner SC, Afshari NA, Grosskreutz CL. Cataract formation after initial trabeculectomy in young patients. *Ophthalmology*. 2003;110(3):625–629. doi: 10.1016/S0161-6420(02)01769-4.
- Gedde SJ, Heuer DK, Parrish RK, 2nd, Tube Versus Trabeculectomy Study G. Review of results from the Tube Versus Trabeculectomy Study. *Curr Opin Ophthalmol*. 2010;21(2):123–128. doi: 10.1097/ICU.0b013e3283360b68.
- Rajavi Z, Moezzi-Ghadim H, Kamrava K. The effect of trabeculectomy on cataract formation or progression. *J Ophthalmic Vis Res*. 2009;4(2):84–89.
- Vesti E. Development of cataract after trabeculectomy. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1993;71(6):777–781. doi: 10.1111/j.1755-3768.1993.tb08599.x.
- Bigger JF, Becker B. Cataracts and primary open-angle glaucoma: the effect of uncomplicated cataract extraction on glaucoma control. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*. 1971;75(2):260–272.
- Hansen MH, Gyldenkerne GJ, Otland NW, Corydon L, Naeser K. Intraocular pressure seven years after extracapsular cataract extraction and sulcus implantation of a posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 1995;21(6):676–678. doi: 10.1016/S0886-3350(13)80565-2.
- Matsumura M, Mizoguchi T, Kuroda S, Terauchi H, Nagata M. [Intraocular pressure decrease after phacoemulsification-aspiration+ intraocular lens implantation in primary open angle glaucoma eyes]. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi*. 1996;100(11):885–889. Japanese.
- Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW, Schulze R, Jr. Intraocular pressure reduction after phacoemulsification with intraocular lens implantation in glaucomatous and nonglaucomatous eyes: evaluation of a causal relationship between the natural lens and open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(11):1946–1955. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.05.061.
- Shingleton BJ, Laul A, Nagao K, Wolff B, O'Donoghue M, Eagan E, Flattom N, Desai-Bartoli S. Effect of phacoemulsification on intraocular pressure in eyes with pseudoexfoliation: single-surgeon series. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(11):1834–1841. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.07.025.
- Манцева Я.Ю., Астахов С.Ю., Ананьевская П.В., Титаренко А.И. Влияние фактоэмulsификации на уровень внутриглазного давления у больных с сочетанием катаракты и открытоугольной глаукомы. *Офтальмологические ведомости*. 2013;6(1):29–34.
- Mantseva YaYu, Astakhov SYu, Ananyevskaya PV, Titarenko AI. The influence of phacoemulsification on the intraocular pressure level in patients with co-existing cataract and open-angle glaucoma. *Oftalmologicheskie vedomosti*. 2013;6(1):29–34 (In Russ.).
- Chen PP, Lin SC, Junk AK, Radhakrishnan S, Singh K, Chen TC. The Effect of Phacoemulsification on Intraocular Pressure in Glaucoma Patients: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2015;122(7):1294–1307. doi: 10.1016/j.ophtha.2015.03.021.
- Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Effect of cataract surgery on intraocular pressure control in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27(11):1779–1786. doi: 10.1016/S0886-3350(01)01036-7.
- Armstrong JJ, Wasiuta T, Kiatos E, Malvankar-Mehta M, Hutnik CML. The Effects of Phacoemulsification on Intraocular Pressure and Topical Medication Use in Patients With Glaucoma: A Systematic Review and Meta-analysis of 3-Year Data. *J Glaucoma*. 2017;26(6):511–522. doi: 10.1097/IJG.0000000000000643.
- Masis M, Mineault PJ, Phan E, Lin SC. The role of phacoemulsification in glaucoma therapy: A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol*. 2018;63(5):700–710. doi: 10.1016/j.survophthal.2017.08.006.
- Mansberger SL, Gordon MO, Jampel H, Bhorade A, Brandt JD, Wilson B, Kass MA, Ocular Hypertension Treatment Study G. Reduction in intraocular pressure after

- cataract extraction: the Ocular Hypertension Treatment Study. *Ophthalmology*. 2012;119(9):1826–1831. doi: 10.1016/j.optha.2012.02.050.
27. Рябцева А.А., Югай М.П. Изменение внутриглазного давления в ранние сроки после фактоэмульсификации катаракты. Точка зрения Восток-Запад. 2014;1:84–86.
 - Ryabtseva AA, Yugai MP. Change of intraocular pressure in the proximal period after cataract phacoemulsification. *Tochka zreniya Vostok-Zapad* 2014;1:84–86 (In Russ.).
 28. Huang G, Gonzalez E, Lee R, Chen YC, He M, Lin SC. Association of biometric factors with anterior chamber angle widening and intraocular pressure reduction after uneventful phacoemulsification for cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(1):108–116. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.06.037.
 29. Колесников А.В., Бань Е.В., Колесникова М.А., Мироненко Л.В., Прозорова А.И., Севостьянов А.Е. Сравнительный анализ динамики внутриглазного давления после фактоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы в глазах с первичной глаукомой. Национальный журнал глаукома. 2019;20(3):49–57. doi: 10.53432/2078-4104-2021-20-3-49-57.
 - Kolesnikov AV, Ban' EV, Kolesnikova MA, Mironenko LV, Prozorova AI, Sevostyanov AE. Comparative analysis of intraocular pressure dynamics after phacoemulsification with intraocular lens implantation in eyes with primary glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2021;20(3):49–57 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2021-20-3-49-57.
 30. Поступаева Н.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Алгоритм прогнозирования повышения внутриглазного давления после фактоэмульсификации у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. Национальный журнал глаукома. 2021;20(4):27–36. doi: 10.53432/2078-4104-2021-20-4-27-36.
 - Postupaeva NV, Sorokin EL, Pashentsev YE. Algorithm for predicting an increase in intraocular pressure after phacoemulsification in patients with primary open-angle glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2021;20(4):27–36 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2021-20-4-27-36.
 31. Alaghband P, Beltran-Agullo L, Galvis EA, Overby DR, Lim KS. Effect of phacoemulsification on facility of outflow. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(11):1520–1526. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-311548.
 32. Meyer MA, Savitt ML, Kopitas E. The effect of phacoemulsification on aqueous outflow facility. *Ophthalmology*. 1997;104(8):1221–1227. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30154-7.
 33. Laurrell CG, Lydahl E. Evaluation of aqueous outflow facility in patients with high intraocular pressure after cataract surgery. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2006;37(6):476–480. doi: 10.3928/15428877-20061101-05.
 34. Kee C, Moon SH. Effect of cataract extraction and posterior chamber lens implantation on outflow facility and its response to pilocarpine in Korean subjects. *Br J Ophthalmol*. 2000;84(9):987–989. doi: 10.1136/bjo.84.9.987.
 35. Lee PF, Trotter RR. Tonographic and gonioscopic studies before and after cataract extraction. *AMA Arch Ophthalmol*. 1957;58(3):407–416. doi: 10.1001/archophth.1957.00940010419015.
 36. Kee C, Seo K. The effect of interleukin-1 α on outflow facility in rat eyes. *J Glaucoma*. 1997;6(4):246–249.
 37. Wang N, Chintala SK, Fini ME, Schuman JS. Ultrasound activates the TM ELAM-1/IL-1/NF-kappaB response: a potential mechanism for intraocular pressure reduction after phacoemulsification. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(5):1977–1981. doi: 10.1167/iovs.02-0631.
 38. Gimbrone MA, Jr., Nagel T, Topper JN. Biomechanical activation: an emerging paradigm in endothelial adhesion biology. *J Clin Invest*. 1997;100(11 Suppl):S61–65.
 39. Lee RY, Chen RI, Kasuga T, Cui QN, Porco TC, Lin SC. The Effect of Cumulative Dissipated Energy on Changes in Intraocular Pressure After Uncomplicated Cataract Surgery by Phacoemulsification. *J Glaucoma*. 2016;25(7):565–570. doi: 10.1097/IJG.0000000000000311.
 40. Damji KF, Konstas AG, Liebmann JM, Hodge WG, Ziakas NG, Giannikakis S, Mintsoulis G, Merkur A, Pan Y, Ritch R. Intraocular pressure following phacoemulsification in patients with and without exfoliation syndrome: a 2 year prospective study. *Br J Ophthalmol*. 2006;90(8):1014–1018. doi: 10.1136/bjo.2006.091447.
 41. Widder RA, Jordan JF, Kuhnrich P, Luecke J, Roessler GF, Anton A. The effect of additional trabecular aspiration to phacoemulsification and trabectome as a triple procedure in pseudoexfoliation glaucoma: a case-matched study. *Int Ophthalmol*. 2018;38(6):2341–2347. doi: 10.1007/s10792-017-0732-y.
 42. Moghimi S, Johari M, Mahmoudi A, Chen R, Mazloumi M, He M, Lin SC. Predictors of intraocular pressure change after phacoemulsification in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Br J Ophthalmol*. 2017;101(3):283–289. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-308601.
 43. Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW. Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertensive eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(5):735–742. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.12.045.
 44. Shao T, Hong J, Xu J, Le Q, Wang J, Qian S. Anterior Chamber Angle Assessment by Anterior-segment Optical Coherence Tomography After Phacoemulsification With or Without Goniosynechialysis in Patients With Primary Angle Closure Glaucoma. *J Glaucoma*. 2015;24(9):647–655. doi: 10.1097/IJG.0000000000000061.
 45. Lin SC, Masis M, Porco TC, Pasquale LR. Predictors of Intraocular Pressure After Phacoemulsification in Primary Open-Angle Glaucoma Eyes with Wide Versus Narrower Angles (An American Ophthalmological Society Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2017;115:T6.
 46. Калижников Е.А., Лебедев О.И., Козаченко Г.М., Булгакова В.А., Атаманенко А.А. Активация увеосклерального оттока при фактоэмульсификации катаракты у пациентов с первичной глаукомой. Новости глаукомы. 2016;37(1):104.
 - Kalizhnikova EA, Lebedev OI, Kozachenko GM, Bulgakova VA, Atamanenko AA. Uveoscleral outflow activation in cataract phacoemulsification in patients with primary glaucoma. *Glaucoma news*. 2016;37(1):104 (In Russ.).
 47. Miyake K, Asakura M, Kobayashi H. Effect of intraocular lens fixation on the blood-aqueous barrier. *Am J Ophthalmol*. 1984;98(4):451–455. doi: 10.1016/0002-9394(84)90130-2.
 48. Hansen TE, Naeser K, Rask KL. A prospective study of intraocular pressure four months after extracapsular cataract extraction with implantation of posterior chamber lenses. *J Cataract Refract Surg*. 1987;13(1):35–38. doi: 10.1016/s0886-3350(87)80007-x.
 49. Shingleton BJ, Rosenberg RB, Teixeira R, O'Donoghue MW. Evaluation of intraocular pressure in the immediate postoperative period after phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(11):1953–1957. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.06.039.
 50. Levkovitch-Verbin H, Hahot-Wilner Z, Burla N, Melamed S, Goldenfeld M, Bar-Sela S, Sachs D. Intraocular pressure elevation within the first 24 hours after cataract surgery in patients with glaucoma or exfoliation syndrome. *Ophthalmology*. 2008;115(1):104–108. doi: 10.1016/j.optha.2007.03.058.
 51. Legrand M, Blumen-Ohana E, Laplace O, Adam R, Akesbi J, Colas E, Nordmann JP. Early postoperative intraocular pressure after phacoemulsification: Normal patients versus glaucoma patients. *J Fr Ophtalmol*. 2015;38(7):633–638. doi: 10.1016/j.jfo.2015.02.003.
 52. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Козлова И.В., Косова Д.В. Частота встречаемости и возможные причины офтальмогипертензии после фактоэмульсификации у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. Национальный журнал глаукома. 2017;16(3):63–69.
 - Avetisov SE, Elichev VP, Kozlova IV, Kosova JV. Frequency of occurrence and possible causes of ophthalmic hypertension after phacoemulsification in POAG patients. *National Journal glaucoma*. 2017;16(3):63–69 (In Russ.).
 53. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Козлова И.В., Косова Д.В. Состояние офтальмотонуса у пациентов с глаукомой после фактоэмульсификации. Национальный журнал глаукома. 2017;16(2):3–7.
 - Avetisov SE, Elichev VP, Kozlova IV, Kosova JV. IOP after phacoemulsification in patients with glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2017;16(2):3–7 (In Russ.).
 54. Slabaugh MA, Bojikian KD, Moore DB, Chen PP. Risk factors for acute postoperative intraocular pressure elevation after phacoemulsification in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(4):538–544. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.08.048.
 55. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Петров С.Ю., Волжанин А.В. Влияние факхирургии на гидродинамику глаза после предшествующей синустрабекулэктомии. Вестник офтальмологии. 2018;134(5):99–103. doi: 10.17116/oftalm201813405199.
 - Avetisov SE, Elichev VP, Petrov SYu, Volzhanin AV. Influence of cataract phacoemulsification on eye hydrodynamics in patients with prior trabeculectomy. *Vestnik Oftalmologii*. 2018;134(5):99–103 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalm201813405199.
 56. Dickens MA, Cashwell LF. Long-term effect of cataract extraction on the function of an established filtering bleb. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1996;27(1):9–14.
 57. Klink J, Schmitz B, Lieb WE, Klink T, Grein HJ, Sold-Darself J, Heinold A, Grehn F. Filtering bleb function after clear cornea phacoemulsification: a prospective study. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(5):597–601. doi: 10.1136/bjo.2004.041988.
 58. Shingleton BJ, O'Donoghue MW, Hall PE. Results of phacoemulsification in eyes with preexisting glaucoma filters. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(6):1093–1096. doi: 10.1016/s0886-3350(03)00133-0.
 59. Slabaugh MA, Bojikian KD, Moore DB, Chen PP. The effect of phacoemulsification on intraocular pressure in medically controlled open-angle glaucoma patients. *Am J Ophthalmol*. 2014;157(1):26–31. doi: 10.1016/j.ajo.2013.08.023.
 60. Shingleton BJ, Pasternack JJ, Hung JW, O'Donoghue MW. Three and five year changes in intraocular pressures after clear corneal phacoemulsification in open angle glaucoma patients, glaucoma suspects, and normal patients. *J Glaucoma*. 2006;15(6):494–498. doi: 10.1097/01.ijg.00000212294.31411.92.
 61. Mierzejewski A, Elik I, Kaluzny B, Zyguiska M, Harasimowicz B, Kaluzny JJ. Cataract phacoemulsification and intraocular pressure in glaucoma patients. *Klin Oczna*. 2008;110(1–3):11–17.
 62. Matlach J, Bender S, König J, Binder H, Pfeiffer N, Hoffmann EM. Investigation of intraocular pressure fluctuation as a risk factor of glaucoma progression. *Clin Ophthalmol*. 2019;13:9–16. doi: 10.2147/OPTH.S186526.
 63. Holm JL, Bach-Holm D, Holm LM, Vestergaard AH. Prophylactic treatment of intraocular pressure elevation after uncomplicated cataract surgery in nonglaucomatous eyes — a systematic review. *Acta Ophthalmol*. 2019;97(6):545–557. doi: 10.1111/aos.14092.
 64. Hayashi K, Yoshida M, Manabe SI, Yoshimura K. Prophylactic Effect of Oral Acetazolamide against Intraocular Pressure Elevation after Cataract Surgery in Eyes with Glaucoma. *Ophthalmology*. 2017;124(5):701–708. doi: 10.1016/j.optha.2016.12.027.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
Воронин Григорий Викторович
доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела патологии оптических сред глаза
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-5769-6593>

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
Берсункаев Мансур Куриевич
аспирант
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0003-0642-8262>

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
Волжанин Андрей Вячеславович
младший научный сотрудник отдела глаукомы
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-1421-8882>

ABOUT THE AUTHORS

M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Voronin Grigory V.
MD, Professor, leading researcher of the Optical media eye pathology department
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5769-6593>

M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Bersunkaev Mansur K.
postgraduate
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-0642-8262>

M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Volzhanin Andrey V.
junior researcher of the Glaucoma department
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-1421-8882>