

# Особенности медикаментозного и хирургического лечения глаукомы низкого давления

**Витков А.А.**, к.м.н., научный сотрудник отдела глаукомы<sup>1</sup>; <https://orcid.org/0000-0001-7735-9650>

**Глазко Н.Г.**, к.м.н., врач-офтальмолог<sup>2</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-1175-3695>

**Бакунина Н.А.**, д.м.н., доцент кафедры глазных болезней<sup>3</sup>, врач-офтальмолог<sup>4</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0002-1148-5184>

**Селезнев А.В.**, к.м.н., доцент кафедры оториноларингологии и офтальмологии<sup>5</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0002-6321-8109>

**Брежнев А.Ю.**, к.м.н., доцент кафедры офтальмологии<sup>6</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-5597-983X>

**Куроедов А.В.**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии<sup>7</sup>,  
начальник офтальмологического центра (с дневным стационаром)<sup>8</sup>.  
<https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»,  
119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, 11А;

<sup>2</sup>ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн №2 ДЗМ», 109472, Российская Федерация, Москва, Волгоградский пр-т, 168;

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, Российская Федерация,  
Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;

<sup>4</sup>ГБУЗ ГКБ №1 им. Н.И. Пирогова ДЗМ, 119049, Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, 8;

<sup>5</sup>ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава РФ, 153012, Российская Федерация, Иваново, Шереметьевский проспект, 8;

<sup>6</sup>ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава РФ; 305041, Российская Федерация, Курск, ул. Карла Маркса, 3;

<sup>7</sup>Кафедра офтальмологии им. акад. А.П. Нестерова Института Клинической медицины ФГАОУ ВО  
«РНМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ, 117997, Российская Федерация, Москва, ул. Островитянова, 1;

<sup>8</sup>ФКУ «ЦВКГ им. П.В. Мандрыка» Минобороны РФ, 107014, Российская Федерация, Москва, ул. Б. Оленья, 8А.

**Финансирование:** авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Для цитирования:** Витков А.А., Глазко Н.В., Бакунина Н.А. и соавт. Особенности медикаментозного и хирургического лечения глаукомы низкого давления. *Национальный журнал глаукома*. 2026; 25(1):66-75.

## Резюме

Глаукома низкого давления представляет собой прогрессирующую оптиконейропатию, характеризующуюся истончением перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки с развитием характерных дефектов поля зрения, открытым углом передней камеры, а также уровнем внутриглазного давления, не выходящим за пределы статистически низкого диапазона. Течение данного заболевания отличается от гипертензивной глаукомы наличием локальных более глубоких дефектов светочувствительности, а также их большей скоростью прогрессирования.

Лечение глаукомы низкого давления (медикаментозное, лазерное или хирургическое) направлено на снижение уровня офтальмотонуса и достижение его целевых значений, при которых возможно остановить распад зрительных функций. Особенностью подхода к лечению данной разновидности глаукомы являются более низкие значения целевых показателей, что вместе с высокой скоростью прогрессирования требует более быстрого перехода к хирургическому лечению. Проблема глаукомы низкого давления заключается в особен-

## Для контактов:

**Витков Александр Александрович**, e-mail: [avitkov.niigb@gmail.com](mailto:avitkov.niigb@gmail.com)

ностях диагностики, клинических проявлений и лечения, требующих дифференцированного и персонализированного подхода.

В обзоре проанализированы актуальные данные по морфофункциональным отличиям глаукомы низкого давления от первичной открытоугольной глаукомы, протекающей по обычному типу, исследована эффек-

тивность применения различных фармакологических групп медикаментозных гипотензивных средств, а также изучены современные тренды хирургического лечения данного заболевания.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** глаукома низкого давления, хирургия глаукомы, медикаментозная терапия, внутриглазное давление.

## LITERATURE REVIEW

### Features of medical and surgical treatment of normal-tension glaucoma

**VITKOV A.A.**, Cand. Sci. (Med), researcher at the Glaucoma Department<sup>1</sup>; <https://orcid.org/0000-0001-7735-9650>;

**GLAZKO N.G.**, Cand. Sci. (Med), ophthalmologist<sup>2</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-1175-3695>;

**BAKUNINA N.A.**, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor at the Academic Department of Eye Diseases<sup>3</sup>, ophthalmologist<sup>4</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-1148-5184>

**SELEZNEV A.V.**, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at the Academic Department of Otorhinolaryngology and Ophthalmology<sup>5</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-6321-8109>

**BREZHNEV A.YU.**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Academic Department of Ophthalmology<sup>6</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-5597-983X>

**KUROVEDOV A.V.**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Academic Department of Ophthalmology<sup>7</sup>, Head of the Ophthalmology Center<sup>8</sup>. <https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

<sup>1</sup>Krasnov Research Institute of Eye Diseases, 11A Rossolimo St., Moscow, Russian Federation, 1190214;

<sup>2</sup>Hospital for War Veterans No. 2 of the Moscow City Health Department, 168 Volgogradsky Prospekt, Moscow, Russian Federation, 109472;

<sup>3</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, Russian Federation, 117198;

<sup>4</sup>City Clinical Hospital No. 1, 8 Leninskiy Prospekt, Moscow, Russian Federation, 117049;

<sup>5</sup>Ivanovo State Medical University, 8 Sheremetevskii Prospekt, Ivanovo, Russian Federation, 153012, Ivanovo;

<sup>6</sup>Kursk State Medical University, 3 Karla Marksa St., Kursk, Russian Federation, 305041;

<sup>7</sup>Academic Department of Ophthalmology named after Academician A.P. Nesterov at the Institute of Clinical Medicine of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova St., Moscow, Russian Federation, 117997;

<sup>8</sup>Mandryka Central Military Clinical Hospital, 8A Bolshaya Olenya St., Moscow, Russian Federation, 107014.

**Funding:** the authors received no specific funding for this work.

**Conflicts of Interest:** none declared.

**For citations:** Vitkov A.A., Glazko N.G., Bakunina N.A. et al. Features of medical and surgical treatment of normal-tension glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2026; 25(1):66-75.

## Abstract

Normal-tension glaucoma is a progressive optic neuropathy characterized by thinning of the peripapillary retinal nerve fiber layer and the development of typical visual field defects, open anterior chamber angle, and intraocular pressure levels that do not exceed the statistically normal range. The course of this disease differs from that of hypertensive glaucoma by the presence of more localized and deeper defects of light sensitivity, as well as by a higher rate of progression.

The management of normal-tension glaucoma (medical, laser, or surgical) is aimed at reducing intraocular pressure and achieving target levels at which further loss of visual function can be halted. A distinctive feature of the therapeutic approach to this form of glaucoma is the need for lower

target intraocular pressure values, which, in combination with the high rate of disease progression, necessitates a more rapid transition to surgical treatment. The challenge of normal-tension glaucoma lies in its diagnostic features, clinical manifestations, and treatment strategies, all of which require a differentiated and personalized approach.

This literature review analyzes current data on the morphological and functional differences between normal-tension glaucoma and typical primary open-angle glaucoma, evaluates the effectiveness of various pharmacological classes of hypotensive medications, and examines modern trends in the surgical management of this disease.

**KEYWORDS:** glaucoma, normal-tension glaucoma surgery, pharmacotherapy, intraocular pressure.

Глаукома низкого давления (ГНД) представляет собой прогрессирующую оптиконейропатию, практически неотличимую от таковой при гипертензивной первичной открыто-угольной глаукоме (ПОУГ). Она также характеризуется истончением перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) и корреспондирующими дефектами поля зрения. Очевидным различием между этими видами глауком является уровень внутриглазного давления (ВГД), не выходящий за пределы статистически низкого диапазона при ГНД. Также описаны структурные и функциональные различия, подтверждающие разные механизмы патогенеза ГНД и гипертензивной ПОУГ [1].

Стоит отметить, что доля ГНД сильно варьирует в зависимости от географии проведенных популяционных исследований. Так, в странах Азии распространенность ГНД составляет 52%...92% случаев открыто-угольной глаукомы. Аналогично высокой (более 57%) доля ГНД в структуре ПОУГ была продемонстрирована у коренного населения африканского континента. При этом среди белого населения США, Нидерландов и Италии распространенность ГНД составила 31,7%, 38,9% и 30%, соответственно [2].

Отсутствие при ГНД повышенного уровня ВГД, предъявляет повышенные требования к врачу-офтальмологу при обследовании пациентов с факторами риска развития глаукомной оптиконейропатии (ГОН), поэтому знание особенностей клинической картины этой клинической разновидности ОУГ приобретает важное значение. Вместе с этим, существует необходимость достижения более низких значений уровня офтальмотонуса у этих пациентов, более раннего применения хирургических методов лечения, а также коррекции не только ВГД-зависимых факторов риска прогрессирования ГОН [3]. В настоящем обзоре литературы освещены особенности офтальмоскопической картины ДЗН, его морфометрических характеристик по данным оптической когерентной томографии (ОКТ), периметрических дефектов, а также принципы назначения медикаментозной терапии и нюансы хирургического лечения у пациентов с ГНД.

## Морфофункциональные отличия ГНД

### Периметрические аспекты

В недавнем обзоре L.C. Gutiérrez Martín (2023) на основании изучения доступной литературы пришел к выводу, что в большинстве случаев для ГНД в сравнении с гипертензивной ПОУГ характерно отсутствие диффузного снижения светочувствительности сетчатки, то есть, дефекты полей зрения носят локальный характер с более высокой частотой формирования в верхнем полуполе возле точки фиксации (особенно верхне-назальный квадрант) с относительно редким поражением нижнего полуполя, при этом сами дефекты более глубокие с редким

переходом [4]. Вместе с тем, в некоторых работах не было обнаружено значимых отличий полей зрения у таких пациентов [5]. По нашему мнению, такая разница результатов в проанализированных источниках может быть обусловлена особенностями включения субъектов в исследования. Так, диагноз ГНД, как правило, выставляют при выявлении выраженных дефектов полей зрения и значительным повреждением ДЗН. В то же время ПОУГ диагностируют при неоднократно выявленном высоком уровне ВГД, зачастую без очевидных признаков ГОН.

Рассматривая особенности течения ГНД, стоит отметить исследование Traynis I. et al. (2014), продемонстрировавшее большую скорость прогрессирования дефектов именно в центральном поле зрения, что необходимо учитывать при наблюдении пациентов с ГНД и выборе оптимального протокола периметрии для обследования в динамике [6]. В то же время Cho H.K. et al. (2014) установили, что различия в скорости прогрессирования у пациентов с центральными скотомами по сравнению с пациентами с периферическими дефектами отсутствуют при начальной глаукоме и становятся таковыми лишь в продвинутой стадии болезни [7].

Кроме того, группа авторов сообщила о взаимосвязи между предпочитаемым положением во время сна и асимметричной потерей зрения у пациентов с ГНД. Так, у 66% пациентов отмечали выраженное прогрессирование периметрического дефекта на одном глазу при положении во время сна на ипсилатеральном боку. Возможными механизмами, объясняющими эти результаты, может быть компрессионное воздействие на глазное яблоко с повышением уровня ВГД или снижением перфузии головки зрительного нерва [8]. Также фактором риска прогрессирования периметрических дефектов при ГНД, по данным литературы, является прогрессирование миопии [9].

### Состояние диска зрительного нерва

Ряд авторов указывают на существующие особенности ДЗН при ГНД. Так, Adlina A.R. et al. (2014) пришли к выводу о больших размерах дисков и глубине экскавации в сравнении с ПОУГ [10]. В свою очередь Park H.E. et al. (2014) установили значимо меньшую толщину перепапиллярной склеры у пациентов с миопией и ГНД в сравнении с миопами без глаукомы, определив данный параметр как предрасполагающий фактор развития дефектов полей зрения даже в глазах с нормальным уровнем офтальмотонуса [11]. Также была продемонстрирована большая частота фокальных выемок нейроретинального пояса и приобретенных ямок ДЗН у этой группы пациентов [12]. В то же время остаются дискуссионными вопросы различия между ГНД и ПОУГ в выраженности офтальмоскопических характеристик перипапиллярной атрофии [13]. Таким образом, хотя во многих исследованиях были описаны

нюансы во внешнем виде диска зрительного нерва у пациентов с ГНД и ПОУГ, представленные результаты противоречивы, что, вероятно, связано со схожестью механизмов развития глаукомной оптической нейропатии у обеих групп пациентов. В целом ряде работ была отмечена повышенная частота формирования при ГНД кровоизлияний по краю ДЗН, имеющих тенденцию к рецидивированию и предшествующих потере слоя нервных волокон сетчатки в этой же области, а также не исчезающих на фоне проводимой терапии [14]. Описанная особенность подтверждает высказанное группой исследователей предположение об участии сосудистых механизмов в развитии ГОН как минимум у части пациентов с ГНД [15].

### Особенности морфометрических параметров ДЗН при ГНД

В доступной литературе представлены данные о параметрах (толщина, глубина расположения, деформации, локальные дефекты) решетчатой пластинки склеры (РПС) пациентов с ГНД в сравнении с ПОУГ и здоровыми лицами [18–21]. Большинство авторов указывают на значимо меньшую толщину РПС у пациентов с ГНД (как допериметрической, так и с дефектами полей зрения), при этом РПС была наиболее тонкой у пациентов с кровоизлиянием по краю ДЗН. Также двумя группами исследователей независимо друг от друга была установлена значимо меньшая глубина расположения РПС при ГНД, что, вероятно, связано с большим значением трансмембранной разницы давлений у пациентов с ПОУГ [19, 20]. Вместе с тем, по данным ряда исследователей, наличие локальных дефектов и деформаций РПС ассоциировано с диагнозом ГНД, большей частотой кровоизлияний по краю ДЗН и продвинутыми стадиями заболевания, а также является независимым фактором риска прогрессирования ГОН [21, 22]. К особенностям ОКТ-параметров при ГНД также можно отнести значимо меньшую толщину перипапиллярной хориоидеи и локальную потерю толщины макулярного комплекса ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) в нижнем полуполе, в отличие от более диффузной потери при ПОУГ [4, 9, 23]. Кроме того, есть работы, описывающие различия в толщине преламинарных тканей и субфовеальной склеры [24, 25]. Однако полученные в них результаты противоречивы и не могут быть использованы в повседневной клинической практике для прецизионной диагностики ГНД.

В последние годы возрос интерес к использованию в качестве дополнительного метода диагностики ГНД метода ОКТ-ангиографии [26]. Так, Азнабаевым Б.М. и соавт. (2017) были выявлены изменения показателей микроциркуляции ДЗН при ГНД. Наиболее значимые изменения в сравнении с группой контроля были отмечены при определении площади

неперфузируемых зон ДЗН. Кроме того, авторами были установлены сильные корреляционные связи показателей ОКТ-ангиографии со средней толщиной СНВС [27]. Похожие результаты были продемонстрированы van Eijgen J. et al (2023), подтвердившими более низкую плотность сосудов в перипапиллярной области у пациентов с гипертензивной ПОУГ и ГНД (42,6% и 48,5%, соответственно) по сравнению со здоровыми лицами (58,1%;  $p < 0,001$ ). При этом описанный параметр был значимо выше у пациентов с ГНД в сравнении с гипертензивной ПОУГ [28].

### Особенности медикаментозного гипотензивного лечения ГНД

Основным методом лечения ГНД является медикаментозная гипотензивная терапия. Крупные исследования (CNTGS, EMGT) продемонстрировали, что снижение уровня офтальмотонуса на 30% благоприятно влияет на прогрессирование этого заболевания в сравнении с пациентами, не получавшими гипотензивного лечения. В исследовании CNTGS замедление скорости прогрессирования болезни вследствие снижения уровня ВГД было обнаружено лишь после экстракции катаракты, значительно влияющей на статику и динамику периметрических индексов. Более того, даже после достижения целевого уровня ВГД заболевание продолжало прогрессировать у 12% пациентов [29].

Стоит отметить, что наиболее часто назначаемые противоглаукомные препараты, используемые в качестве монотерапии, не позволяли достигнуть 30% снижения уровня офтальмотонуса [30]. Так, аналоги простагландинов (АП) и простамиды,  $\beta$ -блокаторы и  $\alpha_2$ -агонисты снижали уровень ВГД лишь на 14%...20%. Такая особенность обусловлена прямой зависимостью, выраженной в той или иной степени, гипотензивного эффекта препаратов всех фармакологических групп от исходного уровня офтальмотонуса [31]. С другой стороны, несмотря на сравнительно низкий гипотензивный эффект травопроста, тафлупроста и латанопроста (соответственно, 14,0%, 14,7% и 12,3%), применяемых в течение 5 лет у пациентов с ГНД, исследователи не установили существенного ухудшения полей зрения по данным периметрии вне зависимости от получаемого препарата [32]. Несмотря на еще меньшую гипотензивную препаратов группы ингибиторов карбоангидразы, отмечено положительное влияние местного применения дорзоламида на гемодинамические параметры пери- и интраокулярных сосудов, улучшение глазной гемоперфузии в диастолу без влияния на частоту сердечных сокращений, среднее и систолическое артериальное давление [33].

Использование препаратов группы  $\beta$ -блокаторов при ГНД оправдано только в составе ФК, так как при монотерапии гипотензивный эффект наблюдается

только при исходном уровне ВГД не ниже 12 мм рт.ст. Также исследования демонстрируют отсутствие у этой группы препаратов гипотензивного эффекта в ночное время, что объясняется уменьшением уровня эндогенных циркулирующих катехоламинов во время сна. Более того, у пациентов с ГНД отмечается ухудшение состояния поля зрения на фоне лечения препаратами этого лекарственного класса. Под сомнение монотерапию  $\beta$ -блокаторами при ГНД ставят также их сосудосуживающие свойства, усиление ночной артериальной систолической и диастолической гипотензии, снижение частоты сердечных сокращений и насыщения крови кислородом, особенно при совместном применении с системными  $\beta$ -блокаторами [34].

Гипотензивный эффект бримонидина ( $\alpha_2$ -адреномиметик) также отмечается при исходном уровне ВГД не менее 12 мм рт.ст., а во время ночного сна эффективность этого препарата минимальна. В то же время его использование сопровождается более медленным прогрессированием заболевания по сравнению с терапией тимололом. Однако эти результаты следует интерпретировать с осторожностью из-за высоких показателей прекращения лечения пациентами в группе бримонидина. И, конечно, остается под вопросом, можно ли объяснить это только нейропротекторным эффектом  $\alpha_2$ -агониста, или же описанное выше негативное влияние тимолола на сердечно-сосудистую систему оказывает дополнительное отрицательное воздействие на зрительные функции [35, 36].

Пациентам с ГНД, у которых на фоне применения монотерапии не удается достичь снижения уровня ВГД на 30% от исходного, назначают свободные или фиксированные комбинации лекарственных средств (ФК). Преимуществом ФК является сочетание препаратов с различными механизмами снижения ВГД при сохранении небольшой кратности инстилляций. Важным является тот факт, что при использовании ФК АП или ингибиторов карбоангидразы с тимололом у пациентов с ГНД отмечается уменьшение выраженности нежелательных эффектов  $\beta$ -блокатора [37]. Применение ФК у этой группы пациентов позволило снизить ВГД на 23,7% (ФК дорзоламид и тимолол) и на 23% (ФК бримонидин и тимолол) [38, 39]. А добавление бримонидина или тимолола к монотерапии АП позволяет добиться дополнительного снижения уровня ВГД на 1–2 мм рт.ст. [40].

Отдельное внимание при наблюдении пациентов с ГНД стоит уделять коррекции не-ВГД-зависимых факторов риска прогрессирования ГОН. Однако это направление лечения сталкивается с целым рядом проблем [41]. Доклинические исследования на животных моделях нейродегенерации продемонстрировали перспективность использования блокаторов NMDA рецепторов,  $\alpha_2$ -адренергических агонистов, блокаторов кальциевых каналов,

антиоксидантов, экстракта гинкго билоба, терапии стволовыми клетками и других [42–44]. При этом лишь немногие подходы удалось реализовать в клинических испытаниях, а доказательств эффективности этих препаратов в клинических исследованиях недостаточно [45]. Стоит отметить, что продемонстрировать преимущества нейропротекции по сравнению с традиционной терапией поможет лишь прямое сравнение этих подходов, что, несомненно, несет организационные, этические и методологические трудности. Более того, по мнению ряда исследователей, необходимы клинические исследования для оценки роли нейропротекторной терапии в предотвращении развития и прогрессирования глаукомы (в том числе ГНД) у лиц с отягощенным семейным анамнезом. Таким образом, несмотря на многообещающие результаты доклинических исследований, защита ГКС, не связанная со снижением уровня ВГД, остается проблемой как для ученых, так и для практических врачей [46].

## Особенности хирургического лечения ГНД

Одной из приемлемых стратегий для сохранения зрительных функций при ГНД является максимально возможное снижение уровня ВГД относительно стартовых значений, которое может быть достигнуто лишь при проведении хирургического вмешательства уже на ранних стадиях заболевания [47]. По мнению ряда исследователей, целесообразно снижение уровня ВГД  $\geq 20\%$  от исходного либо достижение офтальмотонуса  $< 10$  мм рт.ст. [48, 49]. При этом хирургическое вмешательство показано как пациентам, у которых не удается достичь целевых показателей офтальмотонуса с помощью гипотензивных препаратов, так и тем, у кого отмечается прогрессирование периметрических дефектов или ухудшение морфометрических характеристик головки зрительного нерва, несмотря на целевые цифры ВГД.

Безусловным лидером по частоте проведенных вмешательств при ГНД долгие годы являлась синустрабекулэктомия (СТЭ), которая до сих пор считается «золотым» стандартом хирургического лечения глаукомы [50]. Так, высокая гипотензивная эффективность трабекулэктомии у этой группы пациентов была показана в крупном ретроспективном исследовании [51]. Более того, Iversen et al. (2016) сообщили, что 90% пациентов с ГНД, перенесших трабекулэктомию, достигли ВГД  $< 10$  мм рт.ст. в течение 1 года наблюдения, при этом вероятность абсолютного успеха снизилась до 68% через 4 года. Вместе с тем, у 53% пациентов наблюдались послеоперационные осложнения, наиболее распространенным из которых была гипотония [52]. Для профилактики этого осложнения Jayaram et al. (2016) продемонстрировали высокую эффективность наложения на поверхностный склеральный лоскут

тугих регулируемых швов. Авторы получили снижение уровня ВГД более чем 30% у 91,1% пациентов через 1 год наблюдения и у 62,1% через 4 года, а частота ранней и поздней гипотонии составила только 2,8% и 0,8%, соответственно.

Крайне важным аспектом данного оперативного вмешательства является его влияние на течение глаукомного процесса. Так, в метаанализе Chin Lai et al. (2022) было установлено, что СТЭ с использованием антиметаболитов позволяет эффективно замедлить прогрессирование ГНД и снизить потребность в медикаментозной терапии [53]. Более того, по данным Nakajima et al. (2021), у пациентов с ГНД отмечается улучшение показателей светочувствительности сетчатки после выполнения СТЭ [54].

Альтернативой СТЭ у пациентов с прогрессирующей ГНД может быть непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ). Так, Suominen S. et al. (2014) получили абсолютный успех (снижение уровня ВГД более чем на 25% от исходного) у 67% и 41% пациентов в группах с интраоперационным применением митомицина С (ММС) и без него, соответственно. При этом в группе ММС в раннем послеоперационном периоде гипотония наблюдалась в 27% случаев. При посещении же исследовательского центра через 12 месяцев после операции ни у одного пациента в обеих группах гипотонии не было [55]. И хотя метаанализ Gabai et al. (2019) продемонстрировал меньшую гипотензивную эффективность НГСЭ в сравнении с операциями проникающего типа, данное вмешательство значимо реже сопровождалось послеоперационными осложнениями [56].

Стоит отметить уменьшение в последние годы доли трабекулэктомий в структуре проводимых антиглаукомных операций, которое во многом связано с внедрением в офтальмологическую практику большого числа инновационных дренажей. Как правило, дренажные устройства различных конфигураций используют в случаях рефрактерной глаукомы при неудаче ранее проведенной СТЭ. Однако высокая эффективность применения дренажной хирургии (Ex-PRESS, Alcon, США) у пациентов с ГНД была продемонстрирована рядом исследователей и при использовании в качестве первого хирургического вмешательства [57–60]. В то же время, по данным Hashimoto et al. (2020), частота повторных операций и стоимость лечения у пациентов с ГНД при использовании этого дренажного устройства оказались значительно выше, чем при выборе СТЭ [61].

Все большую популярность среди офтальмохирургов набирает применение разнообразных микрошунтов как изолированно, так и совместно с факоэмульсификацией катаракты (ФЭ) в рамках минимально инвазивной хирургии глаукомы (МИХГ; *minimally invasive glaucoma surgery*, MIGS) [62]. Внедрение в клиническую практику данных устройств приводит к уменьшению частоты развития

осложнений в раннем послеоперационном периоде и сокращению сроков госпитализации при высокой гипотензивной эффективности, особенно при комбинации с ФЭ [63]. Так, по данным Chang et al. (2021), у пациентов с ГНД имплантация устройств MIGS в комбинации с ФЭ обладает большей гипотензивной эффективностью в сравнении с отдельно проведенными операциями [64]. Более поздний метаанализ Oo H.H. et al. (2024) подтвердил справедливость данных выводов [65]. В проспективном исследовании Kuerten et al. (2023) проведенная *ab interno* гониотомия в комбинации с ФЭ у пациентов с ГНД позволила достигнуть абсолютно хирургического успеха в 70% случаев в течение года [66]. В свою очередь, Clement et al. (2020) в мультицентровом исследовании продемонстрировали сокращение количества используемых местных гипотензивных средств на 62%...100%, в том числе у пациентов с ГНД при имплантации микрошунта iStent (Glaukos, США) совместно с ФЭ [67]. Вместе с тем, по результатам метаанализа Venekos et al. (2024) проведение только ФЭ позволяет снизить уровень офтальмотонуса в среднем на 3,77 мм рт.ст. для всех подтипов открытоугольной глаукомы [68]. Однако гипотензивная эффективность ФЭ напрямую зависит от исходного уровня офтальмотонуса и, соответственно, при ГНД ФЭ нельзя рассматривать как самостоятельный и исчерпывающий метод гипотензивного воздействия.

Важным аспектом является сохранение полей зрения пациентов с ГНД после МИХГ. Так, в метаанализе Gillmann K. et al. (2024), в который вошли результаты наблюдения 1115 глаз, перенесших установку iStent, была продемонстрирована средняя скорости ухудшения средней светочувствительности сетчатки  $-0,024$  дБ/год по данным стандартной автоматизированной периметрии, что аналогично таковому у лиц без глаукомы, и значимо ниже, чем у пациентов, получающих медикаментозную гипотензивную терапию [69].

## Заключение

Хирургические вмешательства являются эффективным способом лечения ГНД. Особенностью подхода к хирургическому лечению ГНД является необходимость достижения более низкого, но безопасного, уровня целевого ВГД, необходимого для сохранения зрительных функций при отсутствии серьезных осложнений, а именно, хронической гипотонии. СТЭ остается наиболее распространенным, технически доступным и эффективным вмешательством, позволяющим достичь низких значений послеоперационного уровня офтальмотонуса. Однако в последнее время все большую роль начинают играть устройства для МИХГ, обладающие высокой гипотензивной эффективностью при минимальном числе послеоперационных осложнений.

## Литература

- Chen MJ. Normal tension glaucoma in Asia: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management. *Taiwan J Ophthalmol* 2020; 10(4):250-254. [https://doi.org/10.4103/tjo.tjo\\_30\\_20](https://doi.org/10.4103/tjo.tjo_30_20).
- Zhao J, Solano MM, Oldenburg CE, et al. Prevalence of normal-tension glaucoma in the Chinese population: A systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 2019; 199:101-110. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2018.10.017>.
- Петров С.Ю. Современный взгляд на глаукому низкого давления. *Вестник офтальмологии* 2020; 136(6):57-64. <https://doi.org/10.17116/oftalma202013606157>.
- L.C. Gutiérrez Martín. Update on the diagnosis and treatment of normal-tension glaucoma. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)* 2023; 98(6):344-350. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2023.05.004>.
- Costagliola C, Agnifili L, Mastropasqua L, di Costanzo A. Low-Tension Glaucoma: An Oxymoron in Ophthalmology. *Prev Chronic Dis* 2019; 16:E10. <https://doi.org/10.5888/pcd16.180534>.
- Traynis I, De Moraes CG, Raza AS, et al. Prevalence and nature of early glaucomatous defects in the central 10 degrees of the visual field. *JAMA Ophthalmol* 2014; 132(3):291-297. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.7656>.
- Cho HK, Lee J, Lee M, Kee C. Initial central scotomas vs peripheral scotomas in normal-tension glaucoma: clinical characteristics and progression rates. *Eye (Lond)* 2014; 28(3):303-311. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.285>.
- Kim KN, Jeoung JW, Park KH, et al. Relationship between preferred sleeping position and asymmetric visual field loss in open-angle glaucoma patients. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(3):739-745. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.12.016>.
- Esporcatte BL, Tavares IM. Normal-tension glaucoma: an update. *Arq Bras Oftalmol* 2016; 79(4):270-276. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20160077>.
- Adlina AR, Alisa-Victoria K, Shatriah I, et al. Optic disc topography in Malay patients with normal-tension glaucoma and primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2014; 8:2533-2539. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S71136>.
- Park HY, Lee KI, Lee K, et al. Torsion of the optic nerve head is a prominent feature of normal-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 56(1):156-163. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12327>.
- Mallick J, Devi L, Malik PK, Mallick J. Update on Normal Tension Glaucoma. *J Ophthalmic Vis Res* 2016; 11(2):204-248. <https://doi.org/10.4103/2008-322X.183914>.
- Killer HE, Pircher A. Normal tension glaucoma: review of current understanding and mechanisms of the pathogenesis. *Eye (Lond)* 2018; 32(5):924-930. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0042-2>.
- Furlanetto RL, De Moraes CG, Teng CC, et al. Low-Pressure Glaucoma Treatment Study Group. Risk factors for optic disc hemorrhage in the low-pressure glaucoma treatment study. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(5):945-952. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.02.009>.
- Lee EJ, Kim TW, Kim M, et al. Recent structural alteration of the peripheral lamina cribrosa near the location of disc hemorrhage in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55(4):2805-2815. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12742>.
- Omodaka K, Horii T, Takahashi S, et al. 3D evaluation of the lamina cribrosa with swept-source optical coherence tomography in normal tension glaucoma. *PLoS One* 2015; 10(4):e0122347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122347>.
- Kwun Y, Han JC, Kee C. Comparison of lamina cribrosa thickness in normal tension glaucoma patients with unilateral visual field defect. *Am J Ophthalmol* 2015; 159(3):512-8.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.11.034>.
- Villarruel JM, Li XQ, Bach-Holm D, Hamann S. Anterior lamina cribrosa surface position in idiopathic intracranial hypertension and glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2017; 27(1):55-61. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000806>.
- Kim YW, Jeoung JW, Girard MJ, et al. Positional and Curvature Difference of Lamina Cribrosa According to the Baseline Intraocular Pressure in Primary Open-Angle Glaucoma: A Swept-Source Optical Coherence Tomography (SS-OCT) Study. *PLoS One* 2016; 11(9):e0162182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone>

## References

- Chen MJ. Normal tension glaucoma in Asia: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management. *Taiwan J Ophthalmol* 2020; 10(4):250-254. [https://doi.org/10.4103/tjo.tjo\\_30\\_20](https://doi.org/10.4103/tjo.tjo_30_20).
- Zhao J, Solano MM, Oldenburg CE, et al. Prevalence of normal-tension glaucoma in the Chinese population: A systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 2019; 199:101-110. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2018.10.017>.
- Petrov S.Y. Modern view on normal-tension glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology* 2020; 136(6):57-64. <https://doi.org/10.17116/oftalma202013606157>.
- L.C. Gutiérrez Martín. Update on the diagnosis and treatment of normal-tension glaucoma. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)* 2023; 98(6):344-350. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2023.05.004>.
- Costagliola C, Agnifili L, Mastropasqua L, di Costanzo A. Low-Tension Glaucoma: An Oxymoron in Ophthalmology. *Prev Chronic Dis* 2019; 16:E10. <https://doi.org/10.5888/pcd16.180534>.
- Traynis I, De Moraes CG, Raza AS, et al. Prevalence and nature of early glaucomatous defects in the central 10 degrees of the visual field. *JAMA Ophthalmol* 2014; 132(3):291-297. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.7656>.
- Cho HK, Lee J, Lee M, Kee C. Initial central scotomas vs peripheral scotomas in normal-tension glaucoma: clinical characteristics and progression rates. *Eye (Lond)* 2014; 28(3):303-311. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.285>.
- Kim KN, Jeoung JW, Park KH, et al. Relationship between preferred sleeping position and asymmetric visual field loss in open-angle glaucoma patients. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(3):739-745. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.12.016>.
- Esporcatte BL, Tavares IM. Normal-tension glaucoma: an update. *Arq Bras Oftalmol* 2016; 79(4):270-276. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20160077>.
- Adlina AR, Alisa-Victoria K, Shatriah I, et al. Optic disc topography in Malay patients with normal-tension glaucoma and primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2014; 8:2533-2539. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S71136>.
- Park HY, Lee KI, Lee K, et al. Torsion of the optic nerve head is a prominent feature of normal-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 56(1):156-163. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12327>.
- Mallick J, Devi L, Malik PK, Mallick J. Update on Normal Tension Glaucoma. *J Ophthalmic Vis Res* 2016; 11(2):204-248. <https://doi.org/10.4103/2008-322X.183914>.
- Killer HE, Pircher A. Normal tension glaucoma: review of current understanding and mechanisms of the pathogenesis. *Eye (Lond)* 2018; 32(5):924-930. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0042-2>.
- Furlanetto RL, De Moraes CG, Teng CC, et al. Low-Pressure Glaucoma Treatment Study Group. Risk factors for optic disc hemorrhage in the low-pressure glaucoma treatment study. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(5):945-952. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.02.009>.
- Lee EJ, Kim TW, Kim M, et al. Recent structural alteration of the peripheral lamina cribrosa near the location of disc hemorrhage in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55(4):2805-2815. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12742>.
- Omodaka K, Horii T, Takahashi S, et al. 3D evaluation of the lamina cribrosa with swept-source optical coherence tomography in normal tension glaucoma. *PLoS One* 2015; 10(4):e0122347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122347>.
- Kwun Y, Han JC, Kee C. Comparison of lamina cribrosa thickness in normal tension glaucoma patients with unilateral visual field defect. *Am J Ophthalmol* 2015; 159(3):512-8.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.11.034>.
- Villarruel JM, Li XQ, Bach-Holm D, Hamann S. Anterior lamina cribrosa surface position in idiopathic intracranial hypertension and glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2017; 27(1):55-61. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000806>.
- Kim YW, Jeoung JW, Girard MJ, et al. Positional and Curvature Difference of Lamina Cribrosa According to the Baseline Intraocular Pressure in Primary Open-Angle Glaucoma: A Swept-Source Optical Coherence Tomography (SS-OCT) Study. *PLoS One* 2016; 11(9):e0162182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone>

20. Kim M, Bojikian KD, Slabaugh MA, et al. Lamina depth and thickness correlate with glaucoma severity. *Indian J Ophthalmol* 2016; 64(5):358-363. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.185594>.
21. Andrade JCF, Kanadani FN, Furlanetto RL, Lopes FS, Ritch R, Prata TS. Elucidation of the role of the lamina cribrosa in glaucoma using optical coherence tomography. *Surv Ophthalmol* 2022; 67(1):197-216. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2021.01.015>.
22. Ko Eun Kim, Ki-Ho Park. Update on the Prevalence, Etiology, Diagnosis, and Monitoring of Normal-Tension Glaucoma. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* 2016; 5(1):23-31. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000177>.
23. Betzler BK, Siat DJY, Agrawal R, et al. Comparison of Peripapillary Choroidal Thickness Between Primary Open-angle Glaucoma, Normal Tension Glaucoma, and Normal Eyes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmol Glaucoma* 2024; S2589-4196(24)00035-8. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2024.02.008>.
24. Jung YH, Park HY, Jung KI, Park CK. Comparison of prelaminar thickness between primary open angle glaucoma and normal tension glaucoma patients. *PLoS One* 2015; 10(3):e0120634. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120634>.
25. Lopilly Park HY, Lee NY, Choi JA, Park CK. Measurement of scleral thickness using swept-source optical coherence tomography in patients with open-angle glaucoma and myopia. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(4):876-84. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.01.007>.
26. Wang YM, Shen R, Lin TPH, et al. Optical coherence tomography angiography metrics predict normal tension glaucoma progression. *Acta Ophthalmol* 2022; 100(7):e1455-e1462. <https://doi.org/10.1111/aos.15117>.
27. Азнабаев Б.М., Загидулина А.Ш., Александров А.А., и др. Особенности микроциркуляции и морфометрии диска зрительного нерва у больных глаукомой низкого давления. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2017; 17(1):17-20. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-17-20>
28. van Eijgen J, Heintz A, van der Pluijm C, et al. Normal tension glaucoma: A dynamic optical coherence tomography angiography study. *Front Med (Lausanne)* 2023; 9:1037471. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1037471>.
29. Cvenkel B, Kolko M. Current Medical Therapy and Future Trends in the Management of Glaucoma Treatment. *J Ophthalmol* 2020; 2020:6138132. <https://doi.org/10.1155/2020/6138132>.
30. Wang T, Cao L, Jiang Q, Zhang T. Topical Medication Therapy for Glaucoma and Ocular Hypertension. *Front Pharmacol* 2021; 12:749858. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.749858>
31. Takagi Y, Santo K, Hashimoto M, Fukuchi T. Ocular hypotensive effects of prostaglandin analogs in Japanese patients with normal-tension glaucoma: a literature review. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1837-1844. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S166657>
32. Kim JM, Sung KR, Kim HK, et al. Long-Term Effectiveness and Safety of Tafluprost, Travoprost, and Latanoprost in Korean Patients with Primary Open-Angle Glaucoma or Normal-Tension Glaucoma: A Multi-center Retrospective Cohort Study (LOTUS Study). *J Clin Med* 2021; 10(12):2717. <https://doi.org/10.3390/jcm10122717>
33. Курьшева Н.И., Ким В.Е., Плиева Х.М., Ким В.Ю. Глаукома низкого давления: эпидемиология, патогенез, диагностика и лечение. Обзор литературы. Часть 2. Роль сосудистой дисрегуляции и хориокапиллярного кровотока в патогенезе. Лечение. *Офтальмология* 2023; 20(4):585-592. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-585-592>
34. Salvetat ML, Pellegrini F, Spadea L, Salati C, Zeppieri M. Pharmaceutical Approaches to Normal Tension Glaucoma. *Pharmaceuticals (Basel)* 2023; 16(8):1172. <https://doi.org/10.3390/ph16081172>
35. Wang T, Cao L, Jiang Q, Zhang T. Topical Medication Therapy for Glaucoma and Ocular Hypertension. *Front Pharmacol* 2021; 12:749858. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.749858>
36. Lindsey JD, Duong-Polk KX, Hammond D, Chindasub P, Leung CK, Weinreb RN. Differential protection of injured retinal ganglion cell dendrites by brimonidine. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56(3):1789-1804. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-13892>.
37. Komori S, Ishida K, Yamamoto T. Results of long-term monitoring of normal-tension glaucoma patients receiving medical therapy: results of an 18-year follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014; 252(12):1963-1970. <https://doi.org/10.1007/s00417-014-2767-3>.
20. Kim M, Bojikian KD, Slabaugh MA, et al. Lamina depth and thickness correlate with glaucoma severity. *Indian J Ophthalmol* 2016; 64(5):358-363. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.185594>.
21. Andrade JCF, Kanadani FN, Furlanetto RL, Lopes FS, Ritch R, Prata TS. Elucidation of the role of the lamina cribrosa in glaucoma using optical coherence tomography. *Surv Ophthalmol* 2022; 67(1):197-216. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2021.01.015>.
22. Ko Eun Kim, Ki-Ho Park. Update on the Prevalence, Etiology, Diagnosis, and Monitoring of Normal-Tension Glaucoma. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* 2016; 5(1):23-31. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000177>.
23. Betzler BK, Siat DJY, Agrawal R, et al. Comparison of Peripapillary Choroidal Thickness Between Primary Open-angle Glaucoma, Normal Tension Glaucoma, and Normal Eyes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmol Glaucoma* 2024; S2589-4196(24)00035-8. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2024.02.008>.
24. Jung YH, Park HY, Jung KI, Park CK. Comparison of prelaminar thickness between primary open angle glaucoma and normal tension glaucoma patients. *PLoS One* 2015; 10(3):e0120634. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120634>.
25. Lopilly Park HY, Lee NY, Choi JA, Park CK. Measurement of scleral thickness using swept-source optical coherence tomography in patients with open-angle glaucoma and myopia. *Am J Ophthalmol* 2014; 157(4):876-84. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.01.007>.
26. Wang YM, Shen R, Lin TPH, et al. Optical coherence tomography angiography metrics predict normal tension glaucoma progression. *Acta Ophthalmol* 2022; 100(7):e1455-e1462. <https://doi.org/10.1111/aos.15117>.
27. Aznabaev B.M., Zagidullina A.Sh., Aleksandrov A.A. et al. Optic nerve head microcirculation and morphometry in normal-tension glaucoma. *RMJ Clinical ophthalmology* 2017; 17(1):17-20. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-17-20>
28. van Eijgen J, Heintz A, van der Pluijm C, et al. Normal tension glaucoma: A dynamic optical coherence tomography angiography study. *Front Med (Lausanne)* 2023; 9:1037471. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1037471>.
29. Cvenkel B, Kolko M. Current Medical Therapy and Future Trends in the Management of Glaucoma Treatment. *J Ophthalmol* 2020; 2020:6138132. <https://doi.org/10.1155/2020/6138132>.
30. Wang T, Cao L, Jiang Q, Zhang T. Topical Medication Therapy for Glaucoma and Ocular Hypertension. *Front Pharmacol* 2021; 12:749858. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.749858>
31. Takagi Y, Santo K, Hashimoto M, Fukuchi T. Ocular hypotensive effects of prostaglandin analogs in Japanese patients with normal-tension glaucoma: a literature review. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1837-1844. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S166657>
32. Kim JM, Sung KR, Kim HK, et al. Long-Term Effectiveness and Safety of Tafluprost, Travoprost, and Latanoprost in Korean Patients with Primary Open-Angle Glaucoma or Normal-Tension Glaucoma: A Multi-center Retrospective Cohort Study (LOTUS Study). *J Clin Med* 2021; 10(12):2717. <https://doi.org/10.3390/jcm10122717>
33. Kuryshcheva N.I., Kim V.E., Plieva H.M., Kim V.Yu. Normal-Tension Glaucoma: Epidemiology, Pathogenesis, Diagnosis and Treatment. Literature Review. Part 2. Role of Vascular Dysregulation in the Pathogenesis. Treatment of Normal Tension Glaucoma. *Ophthalmology in Russia* 2023; 20(4):585-592. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-585-592>
34. Salvetat ML, Pellegrini F, Spadea L, Salati C, Zeppieri M. Pharmaceutical Approaches to Normal Tension Glaucoma. *Pharmaceuticals (Basel)* 2023; 16(8):1172. <https://doi.org/10.3390/ph16081172>
35. Wang T, Cao L, Jiang Q, Zhang T. Topical Medication Therapy for Glaucoma and Ocular Hypertension. *Front Pharmacol* 2021; 12:749858. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.749858>
36. Lindsey JD, Duong-Polk KX, Hammond D, Chindasub P, Leung CK, Weinreb RN. Differential protection of injured retinal ganglion cell dendrites by brimonidine. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56(3):1789-1804. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-13892>.
37. Komori S, Ishida K, Yamamoto T. Results of long-term monitoring of normal-tension glaucoma patients receiving medical therapy: results of an 18-year follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014; 252(12):1963-1970. <https://doi.org/10.1007/s00417-014-2767-3>.

38. Kim TW, Kim M, Lee EJ, Jeoung JW, Park KH. Intraocular pressure-lowering efficacy of dorzolamide/timolol fixed combination in normal-tension glaucoma. *J Glaucoma* 2014; 23(5):329-332. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3182741f4d>.
39. Kim JM, Kim TW, Kim CY, Kim HK, Park KH. Comparison of the intraocular pressure-lowering effect and safety of brimonidine/timolol fixed combination and 0.5 % timolol in normal-tension glaucoma patients. *Jpn J Ophthalmol* 2016; 60(1):20-26. <https://doi.org/10.1007/s10384-015-0420-2>.
40. Yoshikawa K, Mizoue S, Nitta K, et al. Stratification-Based Investigation of Adjunctive Brimonidine or Timolol to a Prostaglandin Analogue in Japanese Patients with Normal-Tension Glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2021; 15:2875-2883. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S318392>
41. Kuo CY, Liu CJ. Neuroprotection in Glaucoma: Basic Aspects and Clinical Relevance. *J Pers Med* 2022; 12(11):1884. <https://doi.org/10.3390/jpm12111884>.
42. Weinreb RN, Liebmann JM, Cioffi GA, Goldberg I, Brandt JD, Johnson CA, et al. Oral memantine for the treatment of glaucoma: Design and results of 2 randomized, placebo-controlled, phase 3 studies. *Ophthalmology* 2018; 125:1874-1885. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.06.017>.
43. Малишевская Т.Н., Долгова И.Г. Возможности коррекции эндотелиальной дисфункции оксидативного стресса у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Вестник офтальмологии* 2014; 130(5):6773.
44. Osborne A, Sanderson J, Martin KR. Neuroprotective effects of human mesenchymal stem cells and platelet-derived growth factor on human retinal ganglion cells. *Stem Cells* 2018; 36(1):65-78. <https://doi.org/10.1002/stem.2722>.
45. Vishwaraj CR, Kavitha S, Venkatesh R, Shukla AG, Chandran P, Tripathi S. Neuroprotection in glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70(2):380-385. [https://doi.org/10.4103/ijo.IJO\\_1158\\_21](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1158_21).
46. Sena DF, Lindsley K. Neuroprotection for treatment of glaucoma in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 1(1):CD006539. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006539.pub4>.
47. Song D., Wang L. Cost-utility analysis of treating mild stage normal tension glaucoma by surgery in China: a decision-analytic Markov model. *Cost Eff Resour Alloc* 2024; 22(1):13. <https://doi.org/10.1186/s12962-024-00523-6>.
48. Aoyama A., Ishida K., Sawada A., Yamamoto T. Target intraocular pressure for stability of visual field loss progression in normal-tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2010; 54(2):117-123. <https://doi.org/10.1007/s10384-009-0779-z>.
49. Wang SY, Singh K. Management of the glaucoma patient progressing at low normal intraocular pressure. *Curr Opin Ophthalmol* 2020; 31(2):107-113. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000640>.
50. Витков А.А., Куроедов А.В., Макарова А.С., Полева Р.П., Дорофеев Д.А., Асиновская И.И. Повторная хирургия глаукомы: современный взгляд на проблему. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(4):80-88. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-4-80-88>
51. Jayaram H., Strouthidis N.G., Kamal D.S. Trabeculectomy for normal tension glaucoma: outcomes using the Moorfields Safer Surgery technique. *Br J Ophthalmol* 2016; 100(3):332-338. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-306872>.
52. Schultz SK, Iverson SM, Shi W, Greenfield DS. Safety and efficacy of achieving single-digit intraocular pressure targets with filtration surgery in eyes with progressive normal-tension glaucoma. *J Glaucoma* 2016; 25(2):217-222. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000145>.
53. Lai C., Shao S.C., Chen Y.H., Kuo Y.K., Lai C.C., Chuang L.H. Trabeculectomy With Antimetabolite Agents for Normal Tension Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)* 2022; 9:932232. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.932232>.
54. Nakajima K., Sakata R., Ueda K., Fujita A., Fujishiro T., Honjo M., et al. Central visual field change after fornix-based trabeculectomy in Japanese normal-tension glaucoma patients managed under 15 mmHg. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021; 259(8):2309-2316. <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05215-y>.
55. Suominen S, Harju M, Kurvinen L, Vesti E. Deep sclerectomy in normal-tension glaucoma with and without mitomycin-c. *Acta Ophthalmol* 2014; 92(7):701-706. <https://doi.org/10.1111/aos.12305>.
38. Kim TW, Kim M, Lee EJ, Jeoung JW, Park KH. Intraocular pressure-lowering efficacy of dorzolamide/timolol fixed combination in normal-tension glaucoma. *J Glaucoma* 2014; 23(5):329-332. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3182741f4d>.
39. Kim JM, Kim TW, Kim CY, Kim HK, Park KH. Comparison of the intraocular pressure-lowering effect and safety of brimonidine/timolol fixed combination and 0.5 % timolol in normal-tension glaucoma patients. *Jpn J Ophthalmol* 2016; 60(1):20-26. <https://doi.org/10.1007/s10384-015-0420-2>.
40. Yoshikawa K, Mizoue S, Nitta K, et al. Stratification-Based Investigation of Adjunctive Brimonidine or Timolol to a Prostaglandin Analogue in Japanese Patients with Normal-Tension Glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2021; 15:2875-2883. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S318392>
41. Kuo CY, Liu CJ. Neuroprotection in Glaucoma: Basic Aspects and Clinical Relevance. *J Pers Med* 2022; 12(11):1884. <https://doi.org/10.3390/jpm12111884>.
42. Weinreb RN, Liebmann JM, Cioffi GA, Goldberg I, Brandt JD, Johnson CA, et al. Oral memantine for the treatment of glaucoma: Design and results of 2 randomized, placebo-controlled, phase 3 studies. *Ophthalmology* 2018; 125:1874-1885. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.06.017>.
43. Malishevskaja TN, Dolgova IG. Options for correction of endothelial dysfunction and oxidative stress in patients with primary open-angle glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology* 2014; 130(5):6773.
44. Osborne A, Sanderson J, Martin KR. Neuroprotective effects of human mesenchymal stem cells and platelet-derived growth factor on human retinal ganglion cells. *Stem Cells* 2018; 36(1):65-78. <https://doi.org/10.1002/stem.2722>.
45. Vishwaraj CR, Kavitha S, Venkatesh R, Shukla AG, Chandran P, Tripathi S. Neuroprotection in glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70(2):380-385. [https://doi.org/10.4103/ijo.IJO\\_1158\\_21](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1158_21).
46. Sena DF, Lindsley K. Neuroprotection for treatment of glaucoma in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 1(1):CD006539. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006539.pub4>.
47. Song D., Wang L. Cost-utility analysis of treating mild stage normal tension glaucoma by surgery in China: a decision-analytic Markov model. *Cost Eff Resour Alloc* 2024; 22(1):13. <https://doi.org/10.1186/s12962-024-00523-6>.
48. Aoyama A., Ishida K., Sawada A., Yamamoto T. Target intraocular pressure for stability of visual field loss progression in normal-tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2010; 54(2):117-123. <https://doi.org/10.1007/s10384-009-0779-z>.
49. Wang SY, Singh K. Management of the glaucoma patient progressing at low normal intraocular pressure. *Curr Opin Ophthalmol* 2020; 31(2):107-113. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000640>.
50. Vitkov A.A., Kuroyedov A.V., Makarova A.S., Poleva R.P., Dorofeev D.A., Asinovskova I.I. Repeat glaucoma surgery: modern view of the problem. *National Journal glaucoma* 2023; 22(4):80-88. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-4-80-88>
51. Jayaram H., Strouthidis N.G., Kamal D.S. Trabeculectomy for normal tension glaucoma: outcomes using the Moorfields Safer Surgery technique. *Br J Ophthalmol* 2016; 100(3):332-338. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-306872>.
52. Schultz SK, Iverson SM, Shi W, Greenfield DS. Safety and efficacy of achieving single-digit intraocular pressure targets with filtration surgery in eyes with progressive normal-tension glaucoma. *J Glaucoma* 2016; 25(2):217-222. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000145>.
53. Lai C., Shao S.C., Chen Y.H., Kuo Y.K., Lai C.C., Chuang L.H. Trabeculectomy With Antimetabolite Agents for Normal Tension Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)* 2022; 9:932232. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.932232>.
54. Nakajima K., Sakata R., Ueda K., Fujita A., Fujishiro T., Honjo M., et al. Central visual field change after fornix-based trabeculectomy in Japanese normal-tension glaucoma patients managed under 15 mmHg. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021; 259(8):2309-2316. <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05215-y>.
55. Suominen S, Harju M, Kurvinen L, Vesti E. Deep sclerectomy in normal-tension glaucoma with and without mitomycin-c. *Acta Ophthalmol* 2014; 92(7):701-706. <https://doi.org/10.1111/aos.12305>.

56. Gabai A., Cimarosti R., Battistella C., Isola M., Lanzetta P. Efficacy and Safety of Trabeculectomy Versus Nonpenetrating Surgeries in Open-angle Glaucoma: A Meta-analysis. *J Glaucoma* 2019; 28(9):823-833. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001323>.
57. Еричев В.П., Асратян Г.К. Микрошунтирование как стартовое хирургическое вмешательство при первичной глаукоме. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2014; 14(2):76-78
58. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Асратян Г.К. Микрошунтирование в хирургии глаукомы в артрафакчных глазах. *Национальный журнал глаукома* 2013; 3-1:44-47.
59. Еричев В.П., Асратян Г.К. Эффективность и безопасность микрошунтирования в хирургии первичной глаукомы. *Глаукома. Журнал НИИ ГБ РАМН* 2012; 4:50-53.
60. Еричев В.П., Асратян Г.К. Минишунтирование в хирургии глаукомы. *Глаукома* 2012; 2:66-71.
61. Hashimoto Y., Michihata N., Matsui H., Fushimi K., Yasunaga H., Aihara M. Reoperation rates after Ex-PRESS versus trabeculectomy for primary open-angle or normal-tension glaucoma: a national database study in Japan. *Eye (Lond)* 2020; 34(6):1069-1076. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0641-6>.
62. Hallaj S, Wong JC, Hock LE, Kolomeyer NN, Shukla AG, Pro MJ, Moster MR, Myers JS, Razeghinejad R, Lee D. Long-Term Surgical Outcomes of Glaucoma Drainage Implants in Eyes with Preoperative Intraocular Pressure Less than 19mmHg. *J Ophthalmol* 2024; 2024:6624021. <https://doi.org/10.1155/2024/6624021>.
63. Schargus M., Theilig T., Rehak M., Busch C., Bormann C., Unterlauff J.D. Outcome of a single XEN microstent implant for glaucoma patients with different types of glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1):490. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01764-8>.
64. Chang E.K., Gupta S., Chachanidze M., Hall N., Chang T.C., Sola-Del Valle D. Safety and efficacy of microinvasive glaucoma surgery with cataract extraction in patients with normal-tension glaucoma. *Sci Rep* 2021; 11(1):8910. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88358-6>.
65. Oo H.H., Hong A.S.Y., Lim S.Y., Ang B.C.H. Angle-based minimally invasive glaucoma surgery in normal tension glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Ophthalmol* 2024; 52(7):740-760. <https://doi.org/10.1111/ceo.14408>.
66. Kuerten D., Walter P., Baumgarten S., Fuest M., Plange N. 12-month outcomes of ab interno excisional goniotomy combined with cataract surgery in primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma. *Int Ophthalmol* 2023; 43(8):2605-2612. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02659-5>.
67. Clement C., Howes F., Ioannidis A.S., Shiu M., Manning D., Lusthaus J., et al. Two-Year Multicenter Outcomes of iStent inject Trabecular Micro-Bypass Stents Combined with Phacoemulsification in Various Types of Glaucoma and Ocular Hypertension. *Clin Ophthalmol* 2020; 14:3507-3517. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S271646>.
68. Benekos K., Katsanos A., Haidich A.B., Dastiridou A., Nikolaidou A., Konstas A.G. The Effect of Phacoemulsification on the Intraocular Pressure of Patients with Open-angle Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Glaucoma* 2024; 33(8):576-586. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002386>.
69. Gillmann K, Hornbeak DM. Rates of visual field change and functional progression in glaucoma following trabecular microbypass implantation of iStent technologies: a meta-analysis. *BMJ Open Ophthalmol* 2024; 9(1):e001575. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2023-001575>
56. Gabai A., Cimarosti R., Battistella C., Isola M., Lanzetta P. Efficacy and Safety of Trabeculectomy Versus Nonpenetrating Surgeries in Open-angle Glaucoma: A Meta-analysis. *J Glaucoma* 2019; 28(9):823-833. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001323>.
57. Eriчев V.P., Asratyan G.K. Micro stenting as a first surgery for primary glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2014; 14(2):76-78.
58. Avetisov S.E., Eriчев V.P., Asratyan G.K. Microshunting in glaucoma surgery in artiphakic eyes. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2013; 3-1:44-47.
59. Eriчев V.P., Asratyan G.K. Efficacy and safety of microshunting in primary glaucoma surgery. *Glaukoma. Zhurnal NII GB RAMN* 2012; 4: 50-53.
60. Yerichev V.P., Asratyan G.K. Mini-shunting in glaucoma surgery. *Glaucoma* 2012; 2:66-71.
61. Hashimoto Y., Michihata N., Matsui H., Fushimi K., Yasunaga H., Aihara M. Reoperation rates after Ex-PRESS versus trabeculectomy for primary open-angle or normal-tension glaucoma: a national database study in Japan. *Eye (Lond)* 2020; 34(6):1069-1076. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0641-6>.
62. Hallaj S, Wong JC, Hock LE, Kolomeyer NN, Shukla AG, Pro MJ, Moster MR, Myers JS, Razeghinejad R, Lee D. Long-Term Surgical Outcomes of Glaucoma Drainage Implants in Eyes with Preoperative Intraocular Pressure Less than 19mmHg. *J Ophthalmol* 2024; 2024:6624021. <https://doi.org/10.1155/2024/6624021>.
63. Schargus M., Theilig T., Rehak M., Busch C., Bormann C., Unterlauff J.D. Outcome of a single XEN microstent implant for glaucoma patients with different types of glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1):490. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01764-8>.
64. Chang E.K., Gupta S., Chachanidze M., Hall N., Chang T.C., Sola-Del Valle D. Safety and efficacy of microinvasive glaucoma surgery with cataract extraction in patients with normal-tension glaucoma. *Sci Rep* 2021; 11(1):8910. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88358-6>.
65. Oo H.H., Hong A.S.Y., Lim S.Y., Ang B.C.H. Angle-based minimally invasive glaucoma surgery in normal tension glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Ophthalmol* 2024; 52(7):740-760. <https://doi.org/10.1111/ceo.14408>.
66. Kuerten D., Walter P., Baumgarten S., Fuest M., Plange N. 12-month outcomes of ab interno excisional goniotomy combined with cataract surgery in primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma. *Int Ophthalmol* 2023; 43(8):2605-2612. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02659-5>.
67. Clement C., Howes F., Ioannidis A.S., Shiu M., Manning D., Lusthaus J., et al. Two-Year Multicenter Outcomes of iStent inject Trabecular Micro-Bypass Stents Combined with Phacoemulsification in Various Types of Glaucoma and Ocular Hypertension. *Clin Ophthalmol* 2020; 14:3507-3517. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S271646>.
68. Benekos K., Katsanos A., Haidich A.B., Dastiridou A., Nikolaidou A., Konstas A.G. The Effect of Phacoemulsification on the Intraocular Pressure of Patients with Open-angle Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Glaucoma* 2024; 33(8):576-586. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002386>.
69. Gillmann K, Hornbeak DM. Rates of visual field change and functional progression in glaucoma following trabecular microbypass implantation of iStent technologies: a meta-analysis. *BMJ Open Ophthalmol* 2024; 9(1):e001575. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2023-001575>