

# Механический трабекулопилинг в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой

**МАКАРОВА О.Г.**, врач-офтальмолог отделения хирургии глаукомы<sup>1</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0002-6659-3318>

**ГОРБУНОВА Н.Ю.**, к.м.н., заведующая отделением хирургии глаукомы<sup>1</sup>,  
доцент кафедры хирургии с курсом офтальмологии<sup>2</sup>; <https://orcid.org/0000-0002-7388-5634>

**ВОСКРЕСЕНСКАЯ А.А.**, к.м.н., заместитель директора по научной работе<sup>1</sup>,  
доцент кафедры хирургии с курсом офтальмологии<sup>2</sup>; <https://orcid.org/0000-0003-4213-4923>

**ПОЗДЕЕВА Н.А.**, д.м.н., директор<sup>1</sup>, профессор кафедры хирургии с курсом офтальмологии<sup>2</sup>.  
<https://orcid.org/0000-0003-3637-3645>

<sup>1</sup>Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, 428048, Российская Федерация, Чебоксары, пр. Тракторостроителей, 10;

<sup>2</sup>ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии, 428003, Российская Федерация, Чебоксары, ул. Михаила Сеспеля, 27.

**Финансирование:** авторы не получили финансирование при проведении исследования и написании статьи.  
**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Для цитирования:** Макарова О.Г., Горбунова Н.Ю., Воскресенская А.А., Поздеева Н.А.

Механический трабекулопилинг в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой.

Национальный журнал глаукома. 2026; 25(2):55-62.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Изучить клиническую эффективность комбинированного механического трабекулопилинга и факоэмульсификации (ФЭ) при первичной открытоугольной глаукоме (ПОУГ) и осложненной катаракте.

**МЕТОДЫ.** В исследование включили 72 пациента (72 глаза) с ПОУГ и осложненной катарактой (46 женщин, 26 мужчин). Начальная ПОУГ была в 52 (72,2%) глазах, развитая — в 20 (27,7%) глазах.

Пациентов разделили на 2 группы. В основной группе (37 пациентов, 37 глаз) выполняли механический трабекулопилинг и ФЭ с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ); пациентам контрольной группы (35 пациентов, 35 глаз) выполняли изолированную ФЭ с имплантацией ИОЛ.

Исходный уровень внутриглазного давления (ВГД) по Маклакову в основной группе составил 23 [19; 24] мм рт.ст., в контрольной — 23 [21,0; 25,0] мм рт.ст. ( $p=0,553$ ). Количество применяемых до операции гипотензивных препаратов в основной группе составило 2 [0; 4], в контрольной — 2 [0; 3] ( $p=0,135$ ). Срок наблюдения за пациентами составил 12 месяцев.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Через 12 месяцев в основной группе уровень ВГД составил 18,0 [18,0; 20,0] мм рт.ст. при полной отмене гипотензивной терапии. В контрольной группе ВГД было 20,0 [19,5; 22,5] мм рт.ст., при этом усиление гипотензивной терапии потребовалось в 9% случаев. Снижение ВГД от исходных значений в основной и контрольной группах составило 15,37% и 11,46%, соответственно ( $p=0,031$ ). Между группами различался коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости ( $p=0,007$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанный комбинированный метод ФЭ с механическим трабекулопилингом приводит к снижению ВГД на 15,37% от исходного к 12 месяцу после операции, что превышает гипотензивный эффект изолированной ФЭ, имеет минимальный риск осложнений и может быть предложен для лечения пациентов с начальной и развитой ПОУГ и осложненной катарактой.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** первичная открытоугольная глаукома, осложненная катаракта, механический трабекулопилинг, трабекулоскреппер.

## Для контактов:

Макарова Ольга Геннадьевна, e-mail: [olgamol86@mail.ru](mailto:olgamol86@mail.ru)

## ORIGINAL ARTICLE

## Mechanical trabecular peeling in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma

**МАКАРОВА О.Г.**, ophthalmologist at the Glaucoma Department<sup>1</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0002-6659-3318>

**ГОРБУНОВА Н.Ю.**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Glaucoma Department<sup>1</sup>,  
 Associate Professor at the Academic Department of Surgery with a Course of Ophthalmology<sup>2</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0002-7388-5634>

**ВОСКРЕСЕНСКАЯ А.А.**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Director for Scientific Work<sup>1</sup>,  
 Associate Professor at the Academic Department of Surgery with a Course of Ophthalmology<sup>2</sup>;  
<https://orcid.org/0000-0003-4213-4923>

**ПОЗДЕЙЕВА Н.А.**, Dr. Sci. (Med.), Director, Professor at the Academic Department of Surgery  
 with a Course of Ophthalmology<sup>2</sup>. <https://orcid.org/0000-0003-3637-3645>

<sup>1</sup>Cheboksary branch of the S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery",  
 10 Traktorstroiteley Ave., Cheboksary, Russian Federation, 428048;

<sup>2</sup>Postgraduate Doctors Training Institute of the Ministry of Public Health of the Chuvash Republic,  
 27 Mikhaila Sespelya St., Cheboksary, Russian Federation, 428003.

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

**Conflicts of Interest:** none declared.

**For citations:** Makarova O.G., Gorbunova N.Yu., Voskresenskaya A.A., Pozdeyeva N.A. Mechanical trabecular peeling in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2026; 25(2):55-62.

### Abstract

**PURPOSE.** To evaluate the clinical effectiveness of combined mechanical trabecular peeling and phacoemulsification (PE) in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) and complicated cataract.

**METHODS.** The study included 72 patients (72 eyes) with POAG and complicated cataract (46 women, 26 men). Early stage POAG was present in 52 (72.2%) eyes, and moderate stage POAG in 20 (27.7%) eyes.

Patients were divided into two groups. In the main group (37 patients, 37 eyes), subjects underwent mechanical trabecular peeling combined with phacoemulsification and intraocular lens (IOL) implantation. The control group (35 patients, 35 eyes) underwent isolated phacoemulsification with IOL implantation.

Baseline intraocular pressure (IOP) measured by Maklakov tonometry was 23 [19; 24] mm Hg in the main group and 23 [21.0; 25.0] mm Hg in the control group ( $p=0.553$ ). The number of hypotensive medications used preoperatively was

2 [0; 4] in the main group and 2 [0; 3] in the control group ( $p=0.135$ ). The follow-up period was 12 months.

**RESULTS.** At 12 months, IOP in the main group was 18.0 [18.0; 20.0] mm Hg with complete discontinuation of hypotensive therapy. In the control group, IOP was 20.0 [19.5; 22.5] mm Hg, with additional hypotensive therapy required in 9% of cases. The reduction in IOP from baseline was 15.37% in the main group and 11.46% in the control group ( $p=0.031$ ). A significant difference between groups was observed in the ease of outflow coefficient ( $p=0.007$ ).

**CONCLUSION.** The developed combined technique of phacoemulsification with mechanical trabecular peeling results in a 15.37% reduction in IOP from baseline at 12 months postoperatively, exceeding the hypotensive effect of isolated PE. The method is associated with a minimal risk of complications and may be recommended for the treatment of patients with early and moderate POAG and complicated cataract.

**KEYWORDS:** primary open-angle glaucoma, complicated cataract, mechanical trabecular peeling, trabecular scraper.

**Н**аиболее частыми причинами нарушения зрения и слепоты продолжают оставаться такие заболевания, как глаукома и катаракта. В 14%...76% случаев данные заболевания носят сочетанный характер, что создает определенные трудности при выборе тактики хирургического вмешательства [1, 2].

В настоящее время в лечении начальной первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) в сочетании с осложненной катарактой зачастую офтальмохирурги применяют факоэмульсификацию (ФЭ) с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ), рассчитывая на ее гипотензивный эффект. В литературных источниках встречаются противоречивые

взгляды по этому поводу. Ряд авторов отмечает снижение внутриглазного давления (ВГД) после ФЭ при ПОУГ в зависимости от уровня исходного офтальмотонуса в среднем на 2–4 мм рт.ст. [3], причем гипотензивный эффект тем больше, чем выше исходный уровень ВГД [4]. Согласно другим данным, снижение офтальмотонуса после ФЭ наблюдается лишь у 20% пациентов [5].

По данным Hayashi K. в 72,1% случаев у больных с ПОУГ после ФЭ уровень ВГД остается нормальным в течение 24 месяцев [6]. Ravi T. с соавт. установили, что снижение ВГД после ФЭ на 2–3 мм рт.ст. и более наблюдается в 32% случаев в первый год и в 7% случаев к концу третьего года. Кроме того, в 5% случаев существовала вероятность того, что после оперативного вмешательства уровень ВГД останется прежним или увеличится [7]. В исследовании Majstruk L. с соавт. через год после ФЭ у 75,7% пациентов сохранялось статистически значимое снижение ВГД на  $1,15 \pm 3,0$  мм рт.ст. на фоне прежнего объема гипотензивной терапии ( $p=0,01$ ), у 17,1% терапия была ослаблена, а у 7,2% — усилена [8].

Таким образом, ФЭ при ПОУГ имеет труднопрогнозируемый гипотензивный эффект и не может рассматриваться в качестве самостоятельного гипотензивного вмешательства.

Для нормализации офтальмотонуса в сочетании с ФЭ достаточно широко используются различные антиглаукомные вмешательства. Одними из таких вмешательств являются одномоментные комбинированные операции с выполнением антиглаукомного компонента *ab interno*, явным преимуществом которых является устойчивый гипотензивный эффект при минимальном количестве осложнений и минимальном влиянии на течение послеоперационного периода и функциональные результаты. К таким методикам можно отнести ферментативный трабекулоклининг *ab interno*, вакуумную трабекулопластику *ab interno*, технологии, направленные на улучшение оттока внутриглазной жидкости в супрахориоидальное пространство, такие как циклодиализ *ab interno* и имплантация в супрахориоидальное пространство шунтирующих устройств [9–14], а также применение различных лазерных вмешательств [15–17]. Все они имеют свои преимущества и недостатки, связанные с недостаточностью гипотензивного эффекта, риском послеоперационной гипотонии или необходимостью этапности хирургии при использовании лазерных технологий.

В связи с этим представляется актуальным поиск эффективных, патогенетически обоснованных и малотравматичных методов комбинированного лечения сочетанной патологии.

Цель настоящего исследования — оценить клиническую эффективность механического трабекулопилинга в качестве антиглаукомного компонента в комбинированном лечении пациентов с ПОУГ и осложненной катарактой.

## Материалы и методы

В проспективное когортное исследование были включены 72 пациента (72 глаза) с ПОУГ начальной или развитой стадии в сочетании с осложненной катарактой. Все пациенты были прооперированы в условиях Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова» Минздрава России с 2023 по 2024 гг. Проведение исследования основывалось на этических принципах научных исследований с включением пациентов (Хельсинская декларация). Критерии включения характеризовались отсутствием в анамнезе хирургических и лазерных вмешательств на исследуемом глазу, значения ВГД не должны были превышать 32 мм рт.ст. по Маклакову без или на фоне гипотензивной терапии. Начальная стадия глаукомного процесса была отмечена в 52 глазах (72,2%), развитая стадия — в 20 глазах (27,7%).

Все пациенты были поделены на две группы. Пациентам основной группы (37 глаз) проводили комбинированное лечение — ФЭ с имплантацией ИОЛ и одновременным механическим трабекулопилингом. Пациентам контрольной группы (35 глаз) была выполнена изолированная ФЭ с имплантацией ИОЛ. Статически значимых различий в исходных характеристиках групп по полу, возрасту, максимально скорректированной остроте зрения (МКОЗ), компенсации ВГД и стадиям глаукомы не было (табл. 1).

До операции всем пациентам было выполнено комплексное офтальмологическое обследование, включавшее визометрию, кераторефрактометрию, компьютерную периметрию по программе 30-2 на периметре Humphrey (Carl Zeiss Meditec Inc., Германия), биомикроскопию, непрямую офтальмоскопию, гониоскопию, тонометрию, тонографию с использованием тонографа Model 30 Classic (Medtronic Solan Assistance, США), ультразвуковое В-сканирование.

С целью оценки безопасности разработанного метода оценивали степень выраженности воспалительной реакции в послеоперационном периоде согласно классификации С.Н. Федорова и Э.В. Егоровой [18], выполняли лазерную тиндалеметрию (KOVA FC-2000, Япония), определяли плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) (Specular microscope EM-3000, Tomey).

В послеоперационном периоде пациенты были осмотрены на 1–3 сутки после хирургического вмешательства, далее через 1, 3, 6 и 12 месяцев.

Угол передней камеры (УПК) по данным гониоскопии у всех пациентов был средней ширины, открыт на всем протяжении, пигментация структур дренажной зоны соответствовала 1–3 степени (по классификации Нестерова А.П., 2008).

Пациентам основной группы выполняли ФЭ с техникой дробления ядра хрусталика «Phaco chop» через роговичный тоннельный разрез шириной 2,2 мм с имплантацией заднекамерной ИОЛ модели

Таблица 1. Исходные характеристики исследуемых групп, Ме [Q1; Q3].

Table 1. Baseline characteristics of the study groups, Me [Q1; Q3].

Показатели Indicators	Механический трабекуло- пилинг + ФЭ + ИОЛ, n=37 Mechanical trabecular peeling + PE + IOL, n=37	ФЭ + ИОЛ, n=35 PE + IOL, n=35	P
Возраст (лет) / Age (years)	72 [68; 74]	73 [67; 76]	0,753
МКОЗ / BCVA	0,5 [0,4; 0,6]	0,5 [0,3; 0,7]	0,856
Исходное ВГД (мм рт.ст.) / Baseline IOP (mm Hg)	23 [19; 24]	23 [21,0; 25,0]	0,553
P0 (мм рт.ст.) / P <sub>0</sub> (mm Hg)	18,8 [15,1; 21,0]	18,8 [16,0; 20,9]	0,573
C (мм <sup>3</sup> /мин/мм рт.ст.) / C (mm <sup>3</sup> /min/mm Hg)	0,18 [0,16; 0,19]	0,18 [0,15; 0,21]	0,614
Гипотензивные препараты (n) / IOP lowering medications (n)	2 [0; 4]	2 [0; 3]	0,135
Мужчины/женщины (n) / Males/females (n)	15/22	11/24	0,852
Начальная/развитая стадия (n) / Early/moderate stage (n)	28/9	24/11	0,798

РПР-2 (Репер-НН, РФ). После имплантации ИОЛ под гониоскопическим контролем (гониолинза «Магна», Ocular, США) выполняли механический трабекулопилинг по ранее описанному способу (Патент РФ на изобретение No 2810177/19.04.2023. Бюл. №36. Горбунова Н.А., Макарова О.Г., Поздеева Н.А. Способ одномоментного хирургического лечения глаукомы и осложненной катаракты путем механического трабекулоклининга *ab interno*) [19] с использованием трабекулоскрепера [20] через парацентезы на 3 и 9 часах. Трабекулоскрепер заводили дистальным концом до упора к внутренней стенке шлеммова канала, после чего совершали легкое «скребущее» движение инструментом по дугообразной траектории с целью очищения трабекулы от пигмента и псевдоэксфолиативного материала, а также удаления увеальной части трабекулы. Работу инструментом выполняли в местах, максимально доступных для воздействия, протяженностью не менее 180°, при этом зону с 11 до 13 часов сохраняли интактной для возможности выполнения антиглаукомных операций в дальнейшем. С помощью ирригационно-аспирационной системы осуществлялось вакуумное удаление псевдоэксфолиативного материала и пигмента, находящегося во взвешенном состоянии во влаге передней камеры. Операция завершалась инстилляцией и введением под конъюнктиву кортикостероида с антибиотиком и наложением на глаз стерильной повязки.

Пациентам контрольной группы проводили изолированную ФЭ с имплантацией ИОЛ по вышеописанной методике. Хирургические вмешательства в обеих группах выполнены одним офтальмохирургом.

**Обработка данных.** Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программ Jamovi (Version 2.3.28) и StatTech (Version 4.8.5). Для оценки нормальности распределения использовали критерии Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка. В связи с тем, что распределение

переменных не соответствовало нормальному, при сравнении независимых выборок использовался U-критерий Манна – Уитни, для повторных внутригрупповых сравнений — критерий Фридмана, для сравнения категориальных данных — точный критерий Фишера. Полученные количественные данные представлены в виде медианы (Me) и квартилей [Q1; Q3]. Статистически значимым считали уровень  $p < 0,05$ .

## Результаты

Осложнений в ходе операций и в послеоперационном периоде у пациентов обеих групп выявлено не было. При осмотре на 1–3 сутки после хирургического вмешательства в 94,6% случаев в основной группе и в 91,4% случаев контрольной группы признаков воспалительной реакции отмечено не было ( $p=0,631$ ). В 2 глазах (5,4%) основной группы и в 3 глазах (8,6%) контрольной была выявлена воспалительная реакция 1-й степени в виде легкого отека стромы роговицы в области основного разреза или единичных складок десцеметовой мембраны.

Реактивный подъем ВГД в 1-е сутки после операции у пациентов основной группы был отмечен в 1 глазу (2,7%), в контрольной — в 10 (28,6%). Нормализация офтальмотонуса была достигнута усилением гипотензивной терапии с последующим постепенным снижением ее интенсивности.

Показатели тонометрии по Маклакову в различные сроки послеоперационного наблюдения у пациентов обеих групп представлены на рис. 1.

ВГД по Маклакову через 12 месяцев после операции у пациентов основной группы составило 18,0 [18,0; 20,0] мм рт.ст., что на 15,37% ниже исходного уровня ( $p=0,001$ ). ВГД по Маклакову среди пациентов контрольной группы было равно 20,0 [19,5; 22,5] мм рт.ст., что на 11,46% ниже исходных значений ( $p=0,014$ ).

В основной группе нормализация офтальмотонуса через 12 месяцев была достигнута на фоне полной отмены медикаментозной терапии. В контрольной группе в 9% случаев для нормализации уровня ВГД потребовалась гипотензивная терапия.

В 7,5% случаев (2 глаза из 35) у пациентов группы контроля в связи с повышением офтальмотонуса выше толерантного уровня уже на фоне медикаментозного лечения была выполнена селективная лазерная трабекулопластика через 2 месяца после ФЭ. Данные пациенты были исключены из последующего наблюдения.

Результаты клинических исследований основных показателей гидродинамики глаза и остроты зрения приведены в табл. 2.

Через 12 месяцев в основной группе медианное значение  $P_0$  снизилось до 15,65 [14,0; 16,8] мм рт.ст. ( $p=0,003$ ), а данные коэффициента легкости оттока повысились до 0,2 [0,19; 0,24] мм<sup>3</sup>/мм рт.ст.×мин ( $p=0,043$ ).

Медианное  $P_0$  через 12 месяцев в группе контроля снизилось до 16,8 [15,7; 18,7] мм рт.ст. ( $p=0,108$ ), а показатели коэффициента легкости оттока улучшились до 0,18 [0,16; 0,19] мм<sup>3</sup>/мм рт.ст.×мин ( $p=0,894$ ).

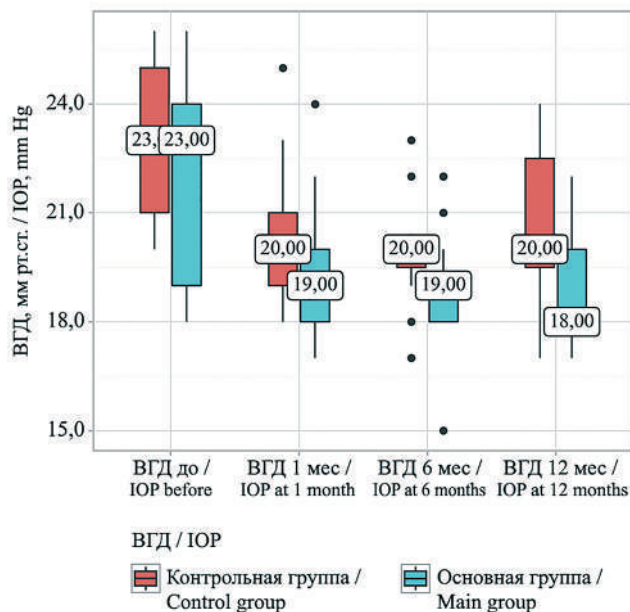


Рис. 1. ВГД по Маклакову в разные сроки после операции.  
Fig. 1. IOP by Maklakov at different postoperative time points.

Таблица 2. Показатели гидродинамики глаза до и после операции, Ме [Q1; Q3].

Table 2. Ocular hydrodynamics parameters before and after surgery, Me [Q1; Q3].

Показатели Indicators	Группы исследования Study groups	До операции Before surgery	После операции / After surgery		
			1 месяц / 1 month	6 месяцев / 6 months	12 месяцев / 12 months
ВГД (мм рт.ст.) IOP (mm Hg)	Основная группа Main group	23 [19; 24]	19,0 [18,0; 20,0]*	19,0 [18,0; 20,0]*	18,0 [18,0; 20,0]*
	Контрольная группа Control group	23 [21,0; 25,0]	20,0 [19,3; 22,0]*	20,0 [19,8; 21,3]*	20,0 [19,5; 22,5]*
	p	0,553	0,04	0,02	0,031
$P_0$ (мм рт.ст.) $P_0$ (mm Hg)	Основная группа Main group	18,8 [15,1; 21,0]	14,9 [14,3; 17,1]*	15,2 [14,0; 16,0]*	15,65 [14,0; 16,8]*
	Контрольная группа Control group	18,8 [16,0; 20,9]	15,9 [14,3; 17,3]*	16,0 [15,0; 16,5]*	16,8 [15,7; 18,7]
	p	0,573	0,551	0,069	0,087
C (мм <sup>3</sup> /мин/ мм рт.ст.×мин) C (mm <sup>3</sup> /min/ mm Hg×min)	Основная группа Main group	0,18 [0,16; 0,19]	0,21 [0,18; 0,25]*	0,20 [0,19; 0,21]*	0,2 [0,19; 0,24]*
	Контрольная группа Control group	0,18 [0,15; 0,21]	0,18 [0,17; 0,19]	0,20 [0,18; 0,22]	0,18 [0,16; 0,19]
	p	0,614	0,005	0,813	0,007
МКОЗ / BCVA	Основная группа Main group	0,5 [0,4; 0,6]	0,95 [0,8; 1,0]*	0,9 [0,9; 1,0]*	1,0 [0,9; 1,0]*
	Контрольная группа Control group	0,5 [0,3; 0,7]	0,9 [0,6; 1,0]*	1,0 [1,0; 1,0]*	1,0 [1,0; 1,0]*
	p	0,856	0,198	0,028	0,442

Примечание: \* — различия между показателями до и после лечения в различные сроки наблюдения внутри группы статистически достоверны; p — коэффициент достоверности различий между идентичными показателями в двух группах.

Note: \* — the differences between the indicators before and after treatment at various follow-up time points within the same group are statistically significant; p — coefficient of statistical significance for differences between identical parameters in the two groups.

Таблица 3. Показатели лазерной тиндалеметрии в исследуемых группах (ф/мс), Me [Q1; Q3].

Table 3. Laser flare photometry results in study groups (ph/ms), Me [Q1; Q3].

Сроки обследования Examination time	Механический трабекулопилинг + ФЭ + ИОЛ, n=37 Mechanical trabecular peeling + PE + IOL, n=37	ФЭ + ИОЛ, n=35 PE + IOL, n=35	p
До операции / Before surgery	8,45 [7,43; 12,6]	11,4 [7,53; 14,9]	0,527
1 день / 1 day	32,4 [25,5; 38,4]	38,6 [28,5; 39,9]	0,587
1 месяц / 1 month	9,6 [6,6; 11,8]	8,6 [6,8; 13,1]	0,603
6 месяц / 6 months	7,7 [6,8; 9,15]	9,3 [7,3; 10,8]	0,573
12 месяц / 12 months	5,15 [3,2; 8,03]	6,55 [5,4; 7,65]	0,614

Различия в показателях гидродинамики глаза в группах через 12 месяцев наблюдения (уровень ВГД по Маклакову, коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости) были статистически достоверны, что подтверждает более высокую гипотензивную эффективность комбинированного лечения в нормализации офтальмотонуса по сравнению с выполнением изолированной ФЭ.

У всех пациентов основной и контрольной групп после проведенного лечения было отмечено достоверное повышение остроты зрения в сравнении с дооперационными значениями (табл. 2).

С целью изучения безопасности разработанной технологии комбинированного лечения оценивали состояние эндотелиальных клеток роговицы в послеоперационном периоде. Согласно полученным данным, не было выявлено статистически достоверных межгрупповых различий в плотности эндотелиальных клеток в различные сроки наблюдения ( $p > 0,05$ ).

Наличие послеоперационного воспаления оценивали также по результатам лазерной тиндалеметрии. В обеих группах наблюдения выявлено увеличение потока белка во влаге передней камеры в первые сутки после хирургического вмешательства с последующим его снижением к первому месяцу после операции. В течение всего периода наблюдения статистических различий в динамике показателей лазерной тиндалеметрии выявлено не было ( $p > 0,05$ ) (табл. 3).

## Обсуждение

Основной отток внутриглазной жидкости из передней камеры глазного яблока осуществляется через трабекулу и в зависимости от направления он может быть разделен на транстрабекулярный (синусовый), осуществляемый через трабекулярную ткань по интратрабекулярным пространствам, и паратрабекулярный (уvealный) [21]. Как известно, основным механизмом повышения ВГД при ПОУГ является нарушение гидродинамики глазного яблока в результате сопротивления оттоку внутриглазной жидкости на уровне трабекулярного аппарата, возникающее вследствие дистрофических изменений

трабекулы в виде деструкции волокнистых структур, утолщения трабекулярных пластин и скопления в межтрабекулярных щелях и юкстаканаликулярном слое различных отложений [22]. Морфологические исследования трабекулы при глаукоме позволили установить наличие выраженных дистрофических изменений в трабекулярной ткани. Признание существенной роли морфологических изменений в патогенезе ПОУГ объясняет патогенез гипотензивного эффекта предложенной методики механического трабекулопилинга в комбинированном лечении первичной глаукомы и осложненной катаракты.

В настоящее время существуют данные морфологического исследования дренажной системы глазного яблока, полученные в ходе экспериментального моделирования механического трабекулопилинга на кадаверных глазах [23]. Электронная сканирующая микроскопия показала, что механический трабекулопилинг приводит к частичному слущиванию увеальной части трабекулы с формированием расширенного доступа к межтрабекулярным пространствам, при этом не оказывая выраженного деструктивного воздействия на архитектуру трабекулярной сети и не повреждая эндотелий роговицы. В ходе выполнения инъекционной методики с последующим гистологическим исследованием иридо-зонулярной зоны донорских глаз выявлено увеличение податливости трабекулярной сети для прохождения дисперсного красителя. Результаты проведенного экспериментального исследования позволяют сделать вывод о возможном улучшении проходимости путей оттока внутриглазной жидкости, что подтверждается данными клинических методов исследования в виде достоверного снижения ВГД на фоне улучшения показателей оттока внутриглазной жидкости.

В качестве антиглаукомного компонента комбинированного вмешательства в нашем исследовании выступал механический трабекулопилинг *ab interno*. На сегодняшний день в литературе описаны другие методики с использованием подхода *ab interno*, обеспечивающие гипотензивный эффект. Так Иванов Д.И. и соавт. (2011) изучали клиническую эффективность комбинированного метода хирургического лечения ПОУГ и осложненной

катаракты, заключающегося в модифицированной трабекулотомии и ФЭ [24]. Исследование включало ретроспективный анализ результатов трех групп пациентов с различными модификациями трабекулотомии по ходу развития данной технологии. В первой группе пациентов выполнялось обширное непрерывное вскрытие трабекулы на протяжении  $90^\circ \dots 120^\circ$ , во второй — использовалась технология селективной трабекулотомии с прерывистым вскрытием наружной стенки шлеммова канала на протяжении 1,5–2 мм не более чем в 2–3 участках, третья группа была прооперирована по технологии микроинвазивной ирригационной трабекулотомии, при которой протяженность вскрытия склерального синуса не превышала  $3^\circ \dots 5^\circ$  (1,5–2 мм).

Согласно результатам данного исследования, к концу периода наблюдения (18 месяцев) уровень ВГД по Маклакову снизился в 1-й группе с  $29 \pm 3,4$  до  $20 \pm 2,8$  мм рт.ст. (на 32%), во второй — с  $26,2 \pm 2,7$  до  $18 \pm 2,4$  мм рт.ст. (на 31%), в третьей — с  $27,0 \pm 4,1$  до  $19,3 \pm 3,1$  мм рт.ст. (на 30%). Выраженный гипотензивный эффект в первой группе пациентов в первые сутки после операции сопровождался большим числом геморрагических осложнений (гифема, взвесь крови в передней камере, геморрагический экссудат), наблюдаемых в 60% случаев. Наличие данных осложнений увеличивало сроки реабилитации пациентов после операции и препятствовало широкому внедрению данной технологии в современную хирургическую практику.

Способ, предложенный Трубилиным В.Н. и соавт., предполагает сочетание ФЭ с вакуумной трабекулопластикой *ab interno* [25]. Суть методики состоит в механическом вытягивании ткани радужки по всей окружности угла передней камеры путем захвата ее стромы аспирационным силиконовым наконечником ирригационно-аспирационной системы. При этом на трабекулярный аппарат, по мнению авторов, действуют гидродинамическая сила, механическое воздействие и вакуум, в совокупности приводящие к более широкому открытию угла передней камеры глаза и очищению освобожденных зон трабекулярной ткани. Выполнение вакуумной трабекулопластики привело к снижению ВГД с  $22,7 \pm 2,5$  до  $19,1 \pm 1,8$  мм рт.ст., при этом среднее

снижение ВГД составило  $3,6 \pm 0,7$  мм рт.ст. У 8,5% пациентов после выполнения трабекулопластики *ab interno* авторы отмечали появление осложнений в виде микрогифем (3,4%), феномена Тиндаля (3,4%) и ранней послеоперационной гипертензии (1,7%). Следует учесть, что вакуум и гидродинамическая энергия воздействуют лишь на свободный дебрис, располагающийся на поверхности трабекулярной сети, а аспирационное воздействие на радужку может привести к повреждению ее архитектоники и усилению воспалительной реакции в послеоперационном периоде.

В свою очередь, гипотензивный эффект механического трабекулопилинга связан не только с очищением трабекулы от свободно лежащего экзопигмента и псевдоэкзофолиативного материала, но и с частичным слущиванием увеальной части трабекулы с содержащимся в ней трабекулярным дебрисом. Высокий профиль безопасности процедуры механического трабекулопилинга в сочетании с сопоставимым гипотензивным эффектом на фоне полной отмены гипотензивных средств позволяют рассматривать его в качестве альтернативного способа влияния на причины ретенции внутриглазной жидкости в глаукомном глазу.

## Заключение

Выполняемый в ходе ФЭ механический трабекулопилинг позволяет в течение 12 месяцев (срок наблюдения) достоверно улучшить показатели гидродинамики глаза на фоне полной отмены гипотензивной терапии и минимального влияния на послеоперационный период. Он может рассматриваться как эффективный, безопасный и доступный способ комбинированного хирургического лечения пациентов с начальной и развитой стадиями ПОУГ и осложненной катарактой.

### Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Горбунова Н.Ю., Поздеева Н.А.  
Сбор и обработка материала: Макарова О.Г., Горбунова Н.Ю.  
Статистическая обработка: Макарова О.Г., Воскресенская А.А.  
Написание статьи: Макарова О.Г.  
Редактирование: Воскресенская А.А., Поздеева Н.А.

## Литература

1. Киселева О.А., Робустова О.В., Бессмертный А.М., Захарова Е.К. и др. Распространенность первичной глаукомы у представителей разных рас и этнических групп в России и странах СНГ. *Офтальмология* 2013; 10(4):11-15. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-11-15>
2. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Под ред. Егорова Е.А., Еричева В.П. М: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
3. Комарова Н.Г. Возможности антиглаукомной хирургии хрусталика: к 30-летию операции GREVE. *Современные технологии в офтальмологии* 2018;(3):75-78.
4. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2007.12.045>.

## References

1. Kiseleva OA, Robustova OV, Bessmertny AM, Zakharova EK, et al. Prevalence of primary glaucoma in representatives of different races and ethnic groups in Russia and in CIS. *Ophthalmology in Russia* 2013; 10(4):11-15. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-11-15>
2. Natsional'noe rukovodstvo po glaukome dlya praktikuyuschikh vrachei [National Glaucoma Guidelines for Practitioners]. Eds. Egorov E.A., Erichev V.P. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p.
3. Komarova NG. Possibilities of antiglaucoma lens surgery: on the 30th anniversary of the GREVE operation. *Modern technologies in ophthalmology* 2018;(3):75-78.
4. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2007.12.045>.

5. Berdahl JP. Cataract surgery to lower intraocular pressure. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2009; 16(3):119-122. <https://doi.org/10.4103/0974-9233.56222>
6. 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. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01036-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01036-7)
7. Thomas R, Walland M, Thomas A, Mengersen K. Lowering of Intraocular Pressure After Phacoemulsification in Primary Open-Angle and Angle-Closure Glaucoma: A Bayesian Analysis. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2016; 5(1):79-84. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000174>
8. Majstruk L, Leray B, Bouillot A, Michée S, et al. Long term effect of phacoemulsification on intraocular pressure in patients with medically controlled primary open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2019; 19(1):149. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1157-3>
9. Кочергин С.А., Алексеев И.Б., Яшина Л.В. и др. Роль одноментной факоэмульсификации с циклодиализмом «ab interno» в лечении больных с катарактой и первичной открытоугольной глаукомой. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2008; 3:104-107.
10. Лапочкин А.В., Нероев В.В., Лапочкин В.И. Новый способ хирургического лечения первичной глаукомы на глазах с катарактой – ферментативный трабекулоклининг. *Техника операции. Катарактальная и рефракционная хирургия* 2012; 4:23-25.
11. Трубилин В.Н., Каира Н.А. Новая комбинированная методика одноментной факоэмульсификации и вакуумной трабекулопластики ab interno. *Офтальмология* 2014; 11(1):28-37.
12. Brandão LM, Grieshaber MC. Update on Minimally Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) and New Implants. *J Ophthalmol* 2013; 2013:705915. <https://doi.org/10.1155/2013/705915.21>
13. Reiss G, Clifford B, Vold S, He J, et al. Safety and Effectiveness of CyPass Supraciliary Micro-Stent in Primary Open-Angle Glaucoma: 5-Year Results from the COMPASS XT Study. *Am J Ophthalmol* 2019; 208:219-225. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.07.015>
14. Mosaed S. Minimally invasive glaucoma surgery and CyPass Micro-Stent – a new era in glaucoma surgery. *US Ophthalmic Review* 2017; 10(1):39-41. <https://doi.org/10.17925/USOR.2017.10.01.39>
15. Малюгин Б.Э., Соколовская Т., Магарамов Д.А., Володин П.Л. YAG-лазерная активация трабекулы в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомы и осложненной катаракты. *Офтальмохирургия* 2021; 2:85-92. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-2-85-92>
16. Румянцев А.Д., Слонимский А.Ю., Цветков С.А., Эстрин Л.Г. Активация трабекулярного оттока водянистой влаги с помощью Nd:YAG-лазера у больных первичной открытоугольной глаукомой перед факоэмульсификацией. *Катарактальная и рефракционная хирургия* 2011; 11(1):36-40.
17. Абросимова Е.В., Аксенов В.П., Балалин С.В., Джаши Б.Г. и др. Применение селективной лазерной трабекулопластики и факоэмульсификации катаракты в лечении первичной открытоугольной глаукомы на фоне псевдоэкзофалиативного синдрома. *Новости глаукомы* 2016; 1:59.
18. Федоров С.Н., Егорова Э.В. Ошибки и осложнения при имплантации искусственного хрусталика. М: Медицина 1992; 244.
19. Горбунова Н.А., Макарова О.Г., Поздеева Н.А. Способ одноментного хирургического лечения глаукомы и осложненной катаракты путем механического трабекулоклининга ab interno. Патент RU 2810177, 19.04.2023. [https://new.fips.ru/register-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet). Дата обращения: 23.10.2025.
20. Горбунова Н.А., Макарова О.Г., Поздеева Н.А. Инструмент для механического трабекулоклининга при комбинированном лечении глаукомы и осложненной катаракты. Патент RU на полезную модель 221450, 19.04.2023. [https://new.fips.ru/register-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet). Дата обращения: 23.10.2025.
21. Золотарёв А.В. Микрохирургическая анатомия дренажной системы глаза. Самара: 2009; 63.
22. Нестеров А.П. Первичная открытоугольная глаукома: патогенез и принципы лечения. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2000; 1:4.
23. Макарова О.Г., Островский Д.С., Керимов Т.З., Борзенко С.А. и др. Морфологическое исследование дренажной системы глазного яблока после выполнения механического трабекулоклининга ab interno. *Офтальмологические ведомости* 2025; 18(3):33-42. <https://doi.org/10.17816/OV643384>
24. Иванов Д.И., Никулин М.Е. Трабекулотомия ab interno как гипотензивный компонент в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2011; 3:34-38.
25. Трубилин В.Н., Каира Н.А. Новая комбинированная методика одноментной факоэмульсификации и вакуумной трабекулопластики ab interno. *Офтальмология* 2014; 11(1):28-37.
5. Berdahl JP. Cataract surgery to lower intraocular pressure. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2009; 16(3):119-122. <https://doi.org/10.4103/0974-9233.56222>
6. 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. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01036-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01036-7)
7. Thomas R, Walland M, Thomas A, Mengersen K. Lowering of Intraocular Pressure After Phacoemulsification in Primary Open-Angle and Angle-Closure Glaucoma: A Bayesian Analysis. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2016; 5(1):79-84. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000174>
8. Majstruk L, Leray B, Bouillot A, Michée S, et al. Long term effect of phacoemulsification on intraocular pressure in patients with medically controlled primary open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2019; 19(1):149. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1157-3>
9. Kochergin SA, Alexeev IB, Yashina LV, et al. The role of single-stage phacoemulsification combined with cyclodialysis «ab interno» in the treatment of cataract and primary open-angle glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2008; 3:104-107.
10. Lapochkin AV, Neroev VV, Lapochkin VI. A new way of surgical treatment of primary glaucoma in the eyes with cataract is fermentative trabeculocleaning. *Surgical technique. Cataract and refractive surgery* 2012; 4: 23-25.
11. Trubilin VN, Caira NA. A new combined method of one-stage phacoemulsification and vacuum trabeculoplasty ab interno. *Ophthalmology in Russia* 2014; 11(1):28-37.
12. Brandão LM, Grieshaber MC. Update on Minimally Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) and New Implants. *J Ophthalmol* 2013; 2013:705915. <https://doi.org/10.1155/2013/705915.21>
13. Reiss G, Clifford B, Vold S, He J, et al. Safety and Effectiveness of CyPass Supraciliary Micro-Stent in Primary Open-Angle Glaucoma: 5-Year Results from the COMPASS XT Study. *Am J Ophthalmol* 2019; 208:219-225. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.07.015>
14. Mosaed S. Minimally invasive glaucoma surgery and CyPass Micro-Stent – a new era in glaucoma surgery. *US Ophthalmic Review* 2017; 10(1):39-41. <https://doi.org/10.17925/USOR.2017.10.01.39>
15. Maluygin B.E., Sokolovskaya T.V., Magaramov D.A., Volodin PL, et al. Yag-laser activation of trabecula in combined treatment of primary open-angle glaucoma and coexisting complicated cataract. *Ophthalmosurgery* 2021; 2:85-92. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-2-85-92>
16. Rumpyantsev AD, Slonimsky AY, Tsvetkov SA, Estrin LG. Activation of trabecular outflow of aqueous humor with Nd: YAG laser in patients with primary open-angle glaucoma before phacoemulsification. *Cataract and refractive surgery* 2011; 11(1):36-40.
17. Abrosimova EV, Aksenov VP, Balalin SV, Dzhashi BG, et al. The use of selective laser trabeculoplasty and phacoemulsification of cataract in the treatment of primary open-angle glaucoma with pseudoexfoliation syndrome. *Glaucoma news* 2016; 1:59.
18. Fedorov SN, Egorova EV. Oshybki i oslozhneniya pri implantatsii iskustvennogo hrustalica [Errors and complications in artificial lens implantation]. Moscow, Medicine Publ., 1992. 244 p.
19. Gorbunova NA, Makarova OG, Pozdeeva NA. Sposob odnomentnogo khirurgicheskogo lecheniya glaukomy i oslozhnennoj katarakty putem mekhanicheskogo trabekuloklininga ab interno. Patent RU 2810177, 19.04.2023. [https://new.fips.ru/register-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet). Date of access: 23.10.2025.
20. Gorbunova NA, Makarova OG, Pozdeeva NA. Instrument dlya mekhanicheskogo trabekuloklininga pri kombinirovannom lechenii glaukomy i oslozhnennoj katarakty. Patent RU na poleznuyu model' 221450, 19.04.2023. [https://new.fips.ru/register-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet). Date of access: 23.10.2025.
21. Zolotaryov AV. Mikrokhirurgicheskaya anatomiya drenazhnoi sistemy glaza [Microsurgical anatomy of the eye drainage system]. Samara, 2009. 63 p.
22. Nesterov AP. Primary open-angle glaucoma: pathogenesis and principles of treatment. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2000; 1:4.
23. Makarova OG, Ostrovsky DS, Kerimov TZ, Borzenok SA, et al. Morphological study of the drainage system of the eyeball after performing mechanical trabeculoplasty ab interno. *Oftalmologicheskie ведомosti*. 2025; 18(3):33-42. <https://doi.org/10.17816/OV643384>
24. Ivanov DI, Nikulin ME. Trabeculotomy ab interno as a hypotensive component in a combined surgery of a cataract with a glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2011; 3:34-38.
25. Trubilin VN, Haira NA. Novel method of combined phacoemulsification and vacuum trabeculoplasty ab interno. *Ophthalmology in Russia* 2014; 11(1):28-37.