

# Трабекулотомия ab interno в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. Пути оптимизации

Иванов Д.И., д.м.н., заведующий хирургическим отделением;

Никулин М.Е., врач-офтальмохирург хирургического отделения.

АО Екатеринбургский Центр МНТК «Микрохирургия глаза», 620149, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. Академика Бардина, 4а.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.  
Конфликт интересов: отсутствует.

**Для цитирования:** Иванов Д.И., Никулин М.Е. Трабекулотомия ab interno в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. Пути оптимизации. *Национальный журнал глаукома*. 2020; 19(4):21-32.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Представить результаты технологии трабекулотомии ab interno, пути оптимизации в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы, разработанные в ЕЦ МНТК «МГ».

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Исследование включало ретроспективный анализ результатов трех однородных групп пациентов с различными модификациями трабекулотомии по мере развития технологии с 2007 по 2020 годы.

Первая группа — 87 пациентов (100 глаз) с обширным непрерывным вскрытием трабекулы на протяжении от 90 до 120°. Операция выполнялась с 2009 по 2011 годы. Результаты в сроках не менее пяти лет.

Вторая группа — с технологией селективной трабекулотомии, 82 пациента (90 глаз). Операция была разработана в 2010 г. Вскрытие по протяженности составляло не более 40°. Проанализированы случаи 2011-2013 годов в сроках до пяти лет.

Третья группа — 96 пациентов (105 глаз), оперированных с 2017 года по технологии микроинвазивной ирригационной трабекулотомии. Протяженность вскрытия склерального синуса не превышала 3-5° (1,5-2 мм). Оценка гипотензивного эффекта проводилась в сроках до трех лет.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Анализ отдаленных результатов трех групп пациентов показал высокую эффективность используемых модификаций трабекулотомии. Внутриглазное давление снизилось в 1-й группе от 29±3,4 до 20±2,8 мм рт.ст. (на 32%);

с 26,2±2,7 до 18±2,4 мм рт.ст. (31%) — во 2-й; с 27,0±4,1 до 19,3±3,1 мм рт.ст. (30%) — в 3-й группе.

Уменьшение протяженности вскрытия склерального синуса и обеспечение герметичности роговичных разрезов позволили на почти порядок снизить количество ранних послеоперационных осложнений ( $p<0,01$ ). Временное снижение зрения в течение первых дней после операции выявлено в 32% в 1-й группе, 14% — во 2-й и 3% — в 3-й.

Гипотензивный эффект ( $VГД<21$  мм рт.ст.), несмотря на уменьшение протяженности вскрытия шлеммого канала, существенно не отличался во всех анализируемых группах: 75, 78, 77% соответственно ( $p>0,05$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанные модификации трабекулотомии ab interno в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы показали свою высокую эффективность. Обеспечение высокой герметичности роговичных разрезов значительно снижает количество ранних геморрагических осложнений. Уменьшение протяженности вскрытия склерального синуса до 1,5-2 мм не влияет на отдаленный функциональный и гипотензивный эффект, но снижает уровень интраоперационных и послеоперационных осложнений. Предложенные модификации эффективны, безопасны, экономичны, могут быть рекомендованы для комбинированной хирургии глаукомы и катаракты.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** трабекулотомия ab interno, комбинированная хирургия глаукомы с катарактой.

## Для контактов:

Иванов Дмитрий Иванович, e-mail: ivanov@eyeclinic.ru

## ENGLISH

## Trabeculotomy ab interno in combined cataract and glaucoma surgery. Results of the optimization

IVANOV D.I., D.Med.Sc.Habil., Head of the Surgical Department;

NIKULIN M.E., M.D., Ophthalmic Surgeon at the Surgical Department.

IRTC "Eye Microsurgery" Ekaterinburg Center., 4A Akademika Bardina, Ekaterinburg, Russian Federation, 620149.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

**For citations:** Ivanov D.I., Nikulin M.E. Trabeculotomy ab interno in combined cataract and glaucoma surgery. Results of the optimization. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2020; 19(4):21-32.

### Abstract

**PURPOSE:** To present the results of the optimization of ab interno trabeculotomy technology in combined cataract and glaucoma surgery, developed at IRTC "Eye Microsurgery" Ekaterinburg Center.

**MATERIALS AND METHODS:** The study included a retrospective analysis of the results of three homogeneous groups of patients with various modifications of trabeculotomy as the technology developed from 2007 to 2020.

The first group included 87 patients (100 eyes) with an extensive continuous dissection of the trabeculae from 90 to 120 degrees.

The method was performed from the year 2009 to 2011. Results of at least five years were analyzed.

The second group consisted of 82 patients (90 eyes) who had selective trabeculotomy performed. The method was developed in 2010.

A dissection in length was not more than 40°. The cases from years 2011-2013 were analyzed for five years.

The third group, consisting of 105 eyes of 96 patients, was operated since 2017 using the technology of microinvasive irrigation trabeculotomy. The length of the dissection of the scleral sinus did not exceed 3-5 degrees (1.5-2 mm). The hypotensive effect was evaluated for up to three years.

**RESULTS:** Analysis of the long-term results of three groups of patients showed the high efficiency of the used trabeculotomy modifications. Intraocular pressure decreased

in the first group from 29±3.4 to 20±2.8 mm Hg (32%), from 26.2±2.7 to 18±2.4 mm Hg (31%) in the second, from 27.0±4.1 to 19.3±3.1 mm Hg (30%) in the third.

Reducing the length of the dissection of the scleral sinus and ensuring the tightness of the corneal incisions made it possible to reduce the number of early postoperative complications by almost an order of magnitude ( $p < 0.01$ ). A temporary decline in vision during the first days after surgery was detected in 32% patients of the first group, 14% of the second, and 3% of the third. The hypotensive effect (IOP < 21 mm Hg), despite a decrease in the length of the opening of the Schlemm canal, did not differ significantly in all analyzed groups 75%, 78%, 77% ( $p > 0.05$ ).

**CONCLUSIONS:** The developed ab interno trabeculotomy modifications in combined cataract and glaucoma surgery have been shown to be highly effective. Ensuring high tightness of corneal incisions significantly reduces the number of early hemorrhagic complications. Reducing the length of the opening of the scleral sinus to 1.5-2 mm does not affect the long-term functional and hypotensive effect but reduces the level of intraoperative and postoperative complications. The proposed modifications are effective, safe, cost-effective, and can be recommended for combined surgery of glaucoma and cataract.

**KEYWORDS:** trabeculotomy ab interno, combined glaucoma surgery with cataract.

### Актуальность

Благодаря развитию технологической базы в течение последних лет вопрос о комбинированной хирургии глаукомы и катаракты возникает все реже [1-3]. Быстрая реабилитация пациентов с сочетанной патологией имеет ряд бесспорных преимуществ [2]. В качестве антиглаукомного компонента широкое распространение в комбинированной хирургии получили операции непроникающего типа (НГСЭ) [4-6] и минимально инвазивные вмешательства с наличием специальных мини-приспособлений или без (MIGS) [7-12, 14]. Однако общепринятым показанием к применению минимально инвазивных технологий считается сочетание катаракты с глаукомой

начальных стадий [7, 13, 14]. Для развитой и далеко зашедшей глаукомы с целью снижения внутриглазного давления (ВГД) применение синустрабекулоэктомии и ее модификаций остается в мире самой популярной [15-17]. Имеются работы по использованию эндоскопической циклофотокоагуляции. Вопрос высокой частоты количества осложнений при использовании таких сочетаний остается открытым [15, 16]. Использование НГСЭ для снижения ВГД в комбинированной хирургии позволяет существенно снизить количество осложнений, но проведение второго этапа — десцеметогониопунктуры (необходимость до 60-70% в течение года) — не всегда проводится своевременно, что в ряде случаев

Таблица 1. Исходные данные по группам  
Table 1. Initial data in groups

Исходные данные Initial data	1-я группа Group 1 n=100	2-я группа Group 2 n=90	3-я группа Group 3 n=105	Достоверность различий Differences reliability
Пол / Gender				
муж / male	42	39	44	p>0,05
жен / female	58	51	61	
Возраст / Age				
M±m, лет / years	67±11	72±6,4	70±7,7	p>0,05
Стадии глаукомы / Glaucoma stage				
I	33	14	12	p<0,05
II	46	42	47	p>0,05
III	21	34	46	p<0,05
ВГД / IOP				
M±m, мм рт.ст. / mmHg	29±3,4	26,2±2,7	27,0±4,1	p>0,05
Острота зрения / Visual acuity				
M±m	0,27±0,21	0,23±0,09	0,33±0,15	p>0,05
Гипотензивные капли / Using hypotensive drops, %	68%	72%	70%	p>0,05
Количество закапываемых препаратов / The number of drops to be instilled	2,4±1,2	2,2±1,1	2,0±1,2	p>0,05

приводит к прогрессированию глаукомы [4, 6]. В настоящее время в мире идет поиск атравматичных, эффективных и безопасных способов лечения сочетанной глаукомы и катаракты, проводятся сравнительные исследования результатов различных комбинированных вмешательств [18-20]. В литературе встречаются единичные публикации применения технологий MIGS при далеко зашедшей стадии [14]. Предлагаемое лечение развитой и далеко зашедшей стадий глаукомы в сочетании с катарактой далеко не всегда соответствует требованиям безопасности современной офтальмохирургии. В нашей клинике накоплен большой опыт использования одной из технологий MIGS-трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы, в том числе при развитой и далеко зашедшей стадиях [21]. Технология используется свыше 12 лет, проведено более 20 000 операций. Комбинацию трабекулотомии (ab interno) с экстракцией катаракты впервые предложил Б.Н. Алексеев. Первые разработки по хирургии на трабекуле были опубликованы еще в 1978 г. [23]. В 2003 г. были представлены результаты комбинированной экстракапсулярной экстракции и трабекулотомии ab interno [23]. Несмотря на 64% компенсации ВГД в сроках до трех лет технология широкого распространения не получила. Возможно, технологический уровень удаления катаракты того времени не позволил широко внедрить предложенную операцию.

Цель настоящей работы — представить этапы развития и оптимизации технологии комбинированной трабекулотомии ab interno с факоэмульсификацией. Сравнить результаты трех модификаций трабекулотомии, предложенных в процессе использования с 2007 г. в АО Екатеринбургском Центре МНТК «МГ».

## Материалы и методы

Ретроспективно проанализированы результаты трех однородных групп пациентов с модификациями трабекулотомий ab interno в комбинированной хирургии глаукомы и катаракты (табл. 1).

**Критерии отбора пациентов.** Сочетанная патология катаракты с открытоугольной, комбинированной глаукомой. Стадии: начальная, развитая и далеко зашедшая. В группы не входили пациенты, ранее оперированные по поводу глаукомы. Исключалась вторичная, закрытоугольная, ювенильная глаукомы.

Все пациенты проходили стандартное офтальмологическое обследование: проверку остроты зрения, полей зрения на периметре Ферстера, индукционную тонометрию тонометром iCare, биомикроскопию на щелевой лампе, офтальмоскопию с оценкой экскавации ДЗН (при возможности), гониоскопию с линзой Гольдмана. Оценивался гипотензивный капельный режим.

После операции проверку офтальмологического статуса, ВГД и остроты зрения проводили на первые сутки, через 1 неделю, 1, 3, 6, 12, 24, 36, 60 мес.

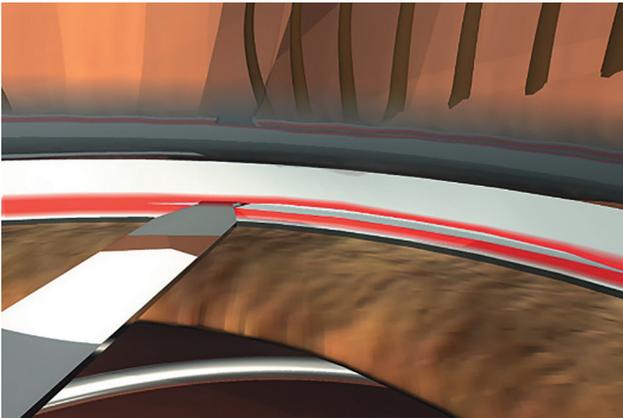


Рис. 1. Схема «традиционной» трабекулотомии  
Fig. 1. Conventional trabeculotomy scheme

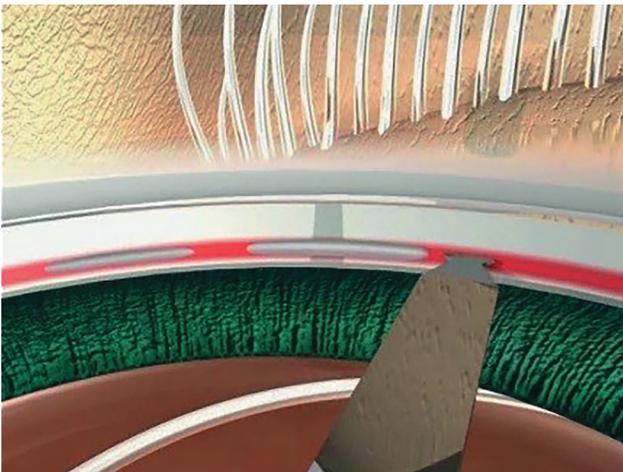


Рис. 3. Схема прерывистой «селективной» трабекулотомии  
Fig. 3. Selective trabeculotomy scheme

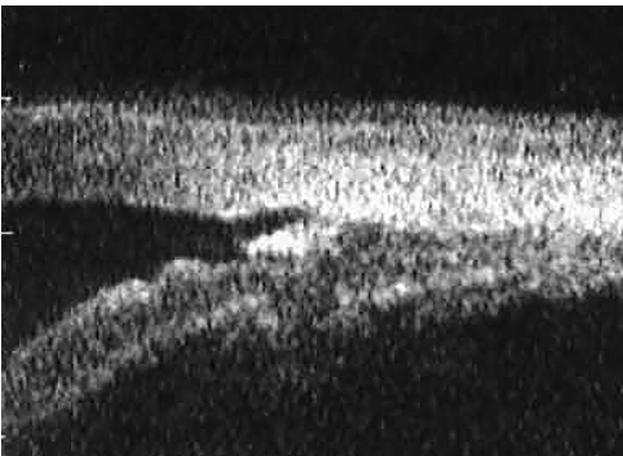


Рис. 5. УБМ-картина вскрытого участка трабекулы  
Fig. 5. UBM-picture of the opened Schlemm canal



Рис. 2. Гониоскопическая картина вскрытого шлеммова канала на протяжении 120°  
Fig. 2. Gonioscopic picture of the opened Schlemm canal over 120°



Рис. 4. Гониоскопическая картина  
Fig. 4. Gonioscopic picture

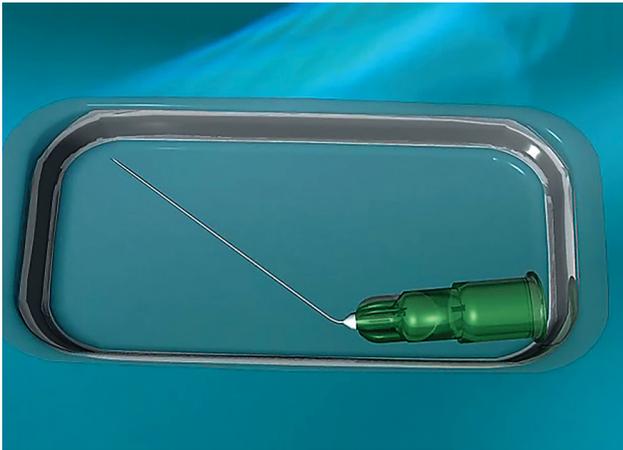
Первую группу составили 87 пациентов (100 глаз) с обширным непрерывным вскрытием трабекулы на протяжении до 120°. Операция выполнялась с 2009 по 2011 годы.

Во вторую группу с технологией селективной трабекулотомии вошли 82 пациента (90 глаз). Операция была разработана позднее. Проанализированы случаи 2011-2013 годов.

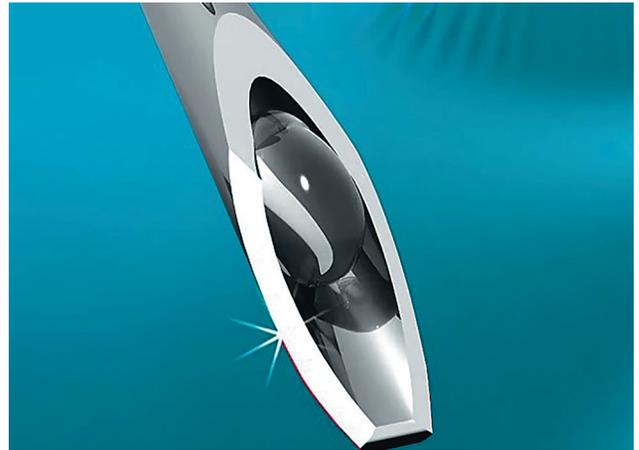
В третью группу включены 105 глаз 96 пациентов, оперированных с 2017 года. Оценка гипотензивного эффекта проводилась в сроках до трех лет.

Статистический анализ проводили с использованием компьютерной программы Statistica 12 (StatSoft, Inc. США). Статистически достоверными признавали различия, при которых уровень достоверности ( $p$ ) составлял более 95% ( $p < 0,05$ ). В табл. 1 представлены исходные данные по группам.

**Базовая техника операции, 1-я группа.** Первым этапом выполнялась факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) по



**Рис. 6.** Ирригационный трабекулотом (рисунок)  
**Fig. 6.** The illustration of irrigation trabeculotome



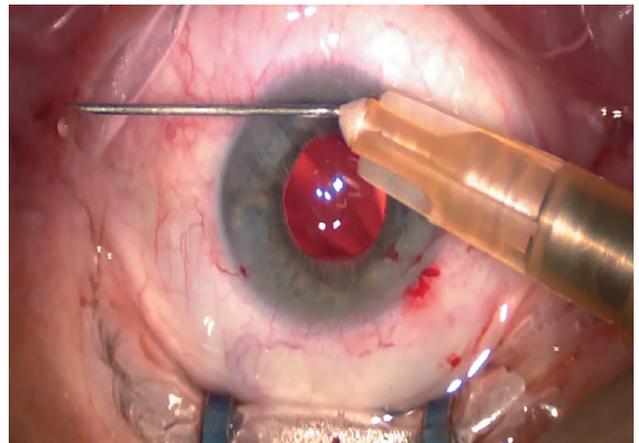
**Рис. 7.** Рабочая часть ирригационного трабекулотома  
**Fig. 7.** Working part of the irrigation trabeculotome

общепринятым методикам. После замены хрусталика на ИОЛ передняя камера полностью заполнялась вископротектором. Затем специально разработанным шпателем-трабекулотомом в верхне-носовом секторе на протяжении 90-120° вскрывалась внутренняя стенка трабекулы, обеспечивая тем самым доступ ВГЖ к выпускникам. Трабекулотом вводился через роговичный парацентез в нижневисочном секторе. Трабекулотомия выполнялась под непрямым гониоскопическим контролем. Вискоэластик из глаза полностью вымывался и замещался на физиологический раствор. Данную технику обозначили как традиционную (рис. 1, 2).

Осложнения в ходе операции наблюдались редко, возникали из-за механического повреждения структур передней камеры. Отмечены повреждения сосудов прикорневой части радужки с незначительным кровотечением, которое купировалось офтальмогипертензией, созданной путем введения вискоэластика в переднюю камеру. Локальный циклодиализ без специфической симптоматики лечения не требовал. Локальная отслойка десцеметовой мембраны, как правило, также дополнительного лечения не требовала.

**Техника селективной трабекулотомии**, 2-я группа, отличалась тем, что наружная стенка шлеммова канала вскрывалась прерывисто, на протяжении 1,5-2 мм. Для нормализации офтальмотонуса было достаточно 2-3 участков вскрытия. Применение этой техники позволило избежать повреждения сосудов, проходящих непосредственно через шлеммов канал, уменьшить частоту и площадь локальных отслоек десцеметовой мембраны, локального циклодиализа (рис. 3, 4, 5).

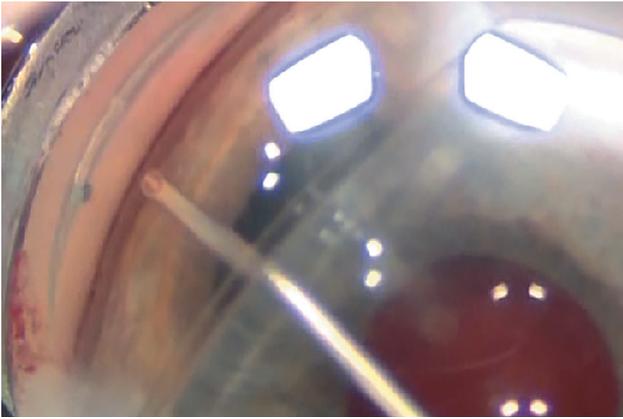
**Техника ирригационной минитрабекулотомии**, 3-я группа, отличалась использованием ирригационного трабекулотома для вскрытия трабекулы. Ирригационный трабекулотом — канюля с трубкой диаметром 27 G с тупой торцевой частью и острыми боковыми гранями (рис. 6, 7, 8).



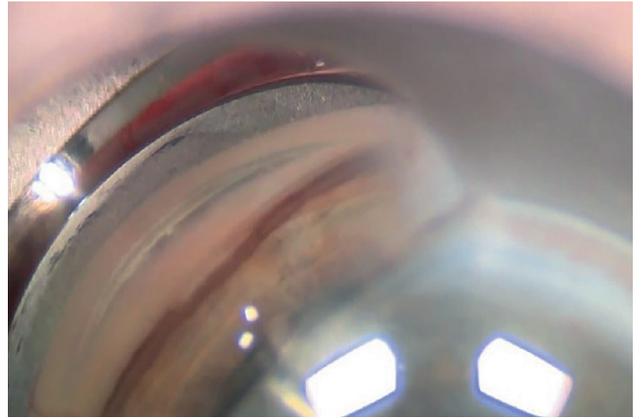
**Рис. 8.** Канюля-трабекулотом на ручке ирригационной системы  
**Fig. 8.** Cannula-trabeculotome at the tip of the irrigation system

После имплантации ИОЛ вискоэластик тщательно вымывался из передней камеры. Передняя камера заполнялась физиологическим раствором. Далее канюля-трабекулотом подсоединялась к ирригационной системе факоэмульсификатора. Затем трабекулотом вводился в переднюю камеру через парацентез в нижненаружном квадранте, рабочую часть подводили непосредственно к шлеммову каналу в верхне-внутреннем квадранте. При этом через канюлю непрерывно подавался физиологический раствор (рис. 9), чем обеспечивалась постоянная глубина передней камеры. Острые боковые грани трабекулотома позволяли вскрыть внутреннюю стенку шлеммова канала.

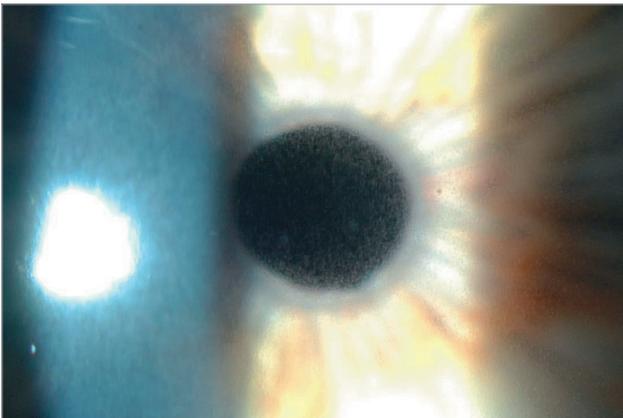
Трабекулотомия производилась на протяжении 1,5-2 мм (рис. 10). При появлении крови из вскрытого участка склерального синуса (шлеммова канала) она смывалась струей из канюли-трабекулотома, что позволяло контролировать проведение манипуляций в углу передней камеры.



**Рис. 9.** Рабочая часть трабекулотома с постоянной подачей жидкости для стабильной глубины  
**Fig. 9.** Working part of the irrigation trabeculotomy with constant fluid flow for stable depth of anterior chamber



**Рис. 10.** Гониоскопическая картина вскрытого участка шлеммова канала  
**Fig. 10.** Gonioscopic picture of the opened Schlemm canal



**Рис. 11.** Взвесь форменных элементов крови в передней камере  
**Fig. 11.** Blood cells suspension in the anterior chamber



**Рис. 12.** Взвесь форменных элементов крови в передней камере  
**Fig. 12.** Blood cells suspension in the anterior chamber

Интраоперационных осложнений при использовании микротрабекулотомии не наблюдалось.

Ранние послеоперационные осложнения различных модификаций трабекулотомий представлены в табл. 2.

Взвесь форменных элементов крови в передней камере (рис. 11, 12). На этапах внедрения трабекулотомии в первые сутки после операции наблюдали высокий процент геморрагических осложнений (до 60%), связанных с ретроградным током крови из венозных сплетений через выпускники, шлеммов канал в переднюю камеру. Несмотря на то что снижение зрения было временным и форменные элементы крови в подавляющем большинстве случаев элиминировались из передней камеры на 3-4 сутки, это вызывало состояние волнения и тревоги у пациентов, особенно с единственным глазом.

После того как была предложена модификация селективной трабекулотомии, количество осложнений снизилось почти в 2 раза, но оставалось относительно частым (14% — временное снижение зрения).

Гифема (рис. 13) является результатом ретроградного тока крови в переднюю камеру глаза. В группе селективной трабекулотомии наблюдалась в три раза реже, чем в непрерывной. При микроиригационной модификации случаев гифемы отмечено не было.

Геморрагический экссудат — редкое осложнение (4-5%). Возникает из-за повреждения артерий, проходящих в непосредственной близости или через шлеммов канал. Отмечалось в группах непрерывной и селективной трабекулотомии. В случаях если сгусток занимал более половины объема (рис. 14) передней камеры или третью часть, но с повышением ВГД, требовалось его удаление, в ряде случаев с антиглаукомной операцией (непроникающей глубокой склерэктомией).

Таблица 2. Ранние послеоперационные осложнения различных модификаций трабекулотомии, n (%)  
 Table 2. Early postoperative complications of various modifications of trabeculotomy, n (%)

Осложнения Complications	1-я группа Group 1 2009 г. n=100 глаз/eye	2-я группа Group 2 2015 г. n=90 глаз/eye	3-я группа Group 3 2018 г. n=105 глаз/eye	Достоверность различий Differences reliability
Взвесь форменных элементов крови в передней камере Blood cells suspension in the anterior chamber	58 (58)	17 (19)	5 (4,7)	p<0,01
Гифема / Hyphema	14 (14)	5 (5,5)	0	p<0,01
Геморрагический экссудат Hemorrhagic exudate	4 (4)	5 (5,5)	0	p<0,01
Гипертензия / Hypertension	16 (16)	9 (10)	2 (2)	p<0,01
Гипотония / Hypotension	2 (2)	1 (1,1)	1 (1)	p>0,05
Воспалительная реакция Inflammatory response	6 (6)	2 (2,2)	0	p<0,01
Временное снижение зрения (более 3 дней) Temporary decrease in vision (more than 3 days)	32 (32)	14 (14,4)	4 (3,8)	p<0,01

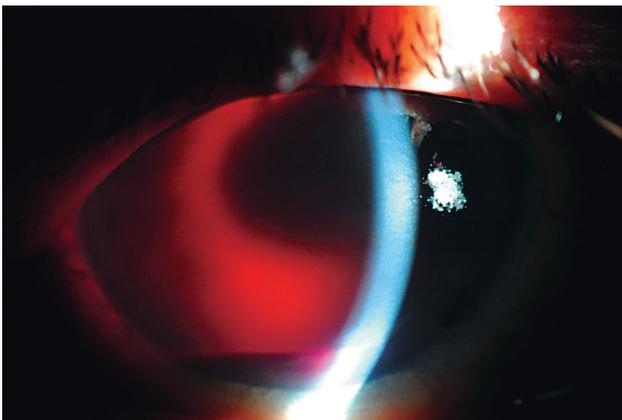


Рис. 13. Взвесь форменных элементов крови в передней камере, гифема  
 Fig. 13. Blood cells suspension in the anterior chamber, hyphema

Послеоперационная гипертензия с развитием технологии стала встречаться значительно реже. Возможно, связана с травматическим отеком тканей глаза, наличием хрусталиковых клеток, остатков вискоэластика в передней камере, то есть механической блокадой путей оттока. Разрешается, как правило, на фоне усиления гипотензивного и противовоспалительного лечения.

Гипотония. Причины не ясны. Циклодиализ у пациентов анализируемых групп не встречался.

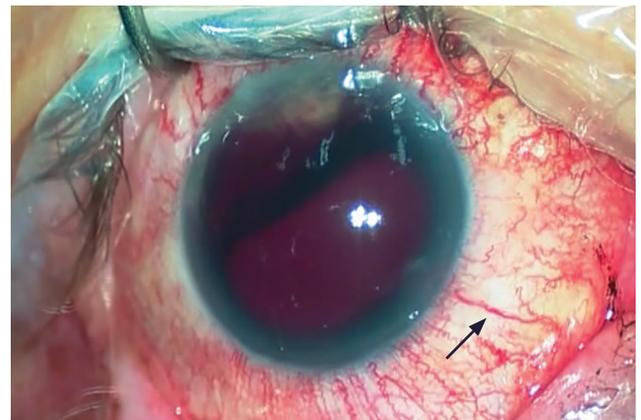
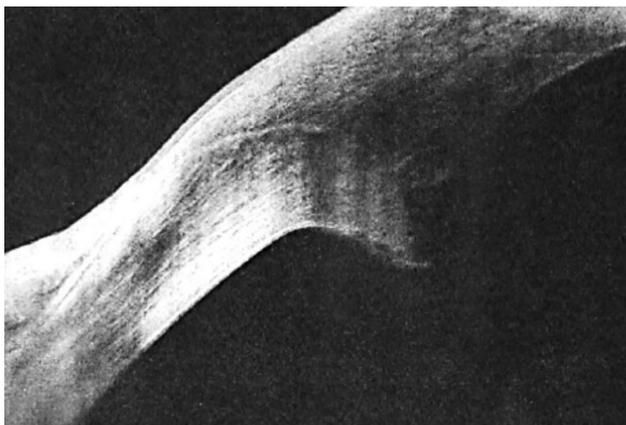


Рис. 14. Геморрагический сгусток, стрелкой указан поврежденный сосуд, проходящий через зону вскрытия трабекулы  
 Fig. 14. Hemorrhagic clot, the arrow indicates the damaged vessel

Нарушение гидродинамики могло быть вызвано реактивным ответом цилиарного тела на операционное вмешательство.

Воспалительная реакция чаще наблюдалась у пациентов с сахарным диабетом и в глазах с наличием задних синехий на фоне предыдущих лазерных вмешательств.

Временное снижение зрения (более трех дней) могло возникнуть как результат любого из вышеописанных осложнений.

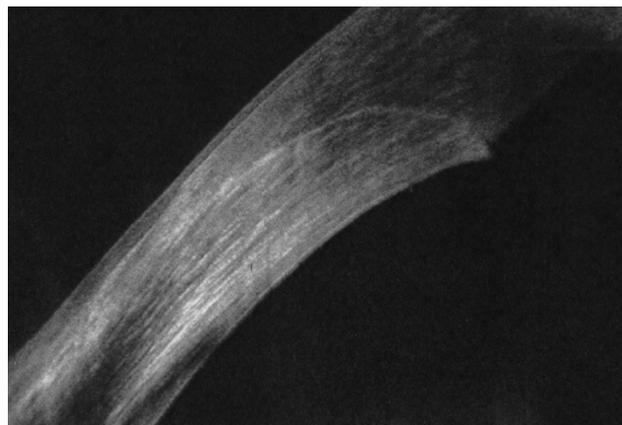


**Рис. 15.** Состояние роговичного туннеля после наружной гидратации (зияние внутренней части туннеля после использования коаксиального наконечника для аспирации хрусталиковых масс)

**Fig. 15.** Corneal tunnel after external hydration (gaping of the inner part of the tunnel after using coaxial handpiece for aspiration of lens masses)

#### Пути профилактики специфических послеоперационных осложнений для трабекулотомии *ab interno*

*Венозная кровь в передней камере.* Для исключения ретроградного тока крови в переднюю камеру необходимо не допустить снижения ВГД ниже 9-10 мм рт.ст. Изменение отношения к герметичности глазного яблока в послеоперационном периоде и возможности снижения ВГД до критического уровня (9-10 мм) позволили снизить это явление, то есть требования к основному разрезу изменились. Длину разреза увеличили с 2 мм до 2,2–2,4 мм. Из особенностей хирургической техники следует отметить отличие в аспирации хрусталиковых масс. Аспирация проводилась на вискоэластике с помощью пластиковой канюли по Симко.



**Рис. 16.** Полная герметичность туннеля (для аспирации хрусталиковых масс использовалась пластиковая канюля)

**Fig. 16.** Complete tightness of the tunnel (the plastic cannula was used for aspiration of lens masses)

Для сохранения геометрии туннеля не использовали традиционную бимануальную систему, не использовали коаксиальный наконечник факоэмульсификатора, так как при работе с первой периодически отмечается зияние вспомогательных парацентезов, а в другом случае — основного доступа. В случаях имплантации объемных интраокулярных линз с диоптрийностью более 23 дптр ширину разреза увеличивали с 2,2 до 2,4 мм, что позволило избежать деформации туннеля в ходе имплантации. Кроме того, исключили такой прием, как наружная гидратация туннеля (рис. 15) с целью герметизации. Как показал опыт, отек роговичной ткани в ряде случаев уменьшался в течение первых суток, герметичность нарушалась, ВГД снижалось до уровня меньше 10 мм рт.ст., начинался ретроградный ток венозной крови в переднюю камеру с вытекающими последствиями.

**Таблица 3. Гипотензивный эффект в различных группах**

**Table 3. Hypotensive effect in different groups**

Гипотензивный эффект <i>Hypotensive effect</i>	1-я группа <i>Group 1</i> n=10 глаз/eye	2-я группа <i>Group 2</i> n=90 глаз/eye	3-я группа <i>Group 3</i> n=105 глаз/eye	Достоверность различий <i>Differences reliability</i>
ВГД ниже 21 мм рт.ст. без применения гипотензивных капель <i>IOP below 21 mm Hg, without using drops</i>	75%	78%	77%	P>0,05
ВГД ниже 21 мм рт.ст. с применением гипотензивных капель <i>IOP below 21 mm Hg, using drops</i>	89%	92%	90%	p>0,05
Процент снижения ВГД от исходного уровня до операции / <i>Percentage of IOP reduction from baseline to surgery</i>	32%	31%	30%	p>0,05

Таблица 4. Режим гипотензивных препаратов после операции  
 Table 4. Antihypertensive medication regimen after surger

Исходные данные Initial data	1-я группа Group 1 n=10 глаз/eye	2-я группа Group 2 n=90 глаз/eye	3-я группа Group 3 n=105 глаз/eye	Достоверность различий Differences reliability
Гипотензивные капли, % Using hypotensive drops	43	52	64	p>0,05
Количество закапываемых препаратов The number of drops to be instilled	1,2±0,7	1,4±1,1	1,7±1,0	p>0,05

Контроль герметичности проводили следующим образом. После нагнетания физиологического раствора через роговичный парацентез происходило спонтанное закрытие основного разреза, если тоннель был герметичным, гидратация тоннеля (отек стромы роговицы) наблюдалась со стороны передней камеры. В тех случаях, когда имела место фильтрация из передней камеры, на основной разрез накладывался узловый нейлоновый шов 10,0. Контроль наружной фильтрации через парацентезы проводили в самом конце операции с помощью микро-тупферов. Пациенты третьей группы были прооперированы с учетом вышеизложенных требований к послеоперационной герметичности (рис. 16).

**Геморрагический сгусток.** Чтобы избежать такого осложнения, необходимо перед проведением трабекулотомии внимательно осмотреть зону вмешательства и сместить в сторону от сосудов зону вскрытия шлеммова канала. Стрелкой на рис. 14 с геморрагическим сгустком показан сосуд, поврежденный в результате трабекулотомии.

**Гипотензивный и функциональный эффект различных модификаций трабекулотомий**

Гипотензивный и функциональный эффекты оценивали в 1-й и 2-й группах в сроках не менее пяти лет, в 3-й группе — в сроках не менее трех лет (отдаленных данных после пяти лет пациентов, прооперированных по микроиригационной методике, еще не накоплено).

На графиках показана динамика остроты зрения и ВГД после различных модификаций трабекулотомий (рис. 17, 18).

Оценка динамики остроты зрения и ВГД анализируемых групп показала отсутствие существенных различий. Таким образом, техника трабекулотомии не оказывает влияния на отдаленные результаты.

Режим закапываемых капель после операции к финалу периода наблюдения представлен в табл. 4.

Для расширения угла передней камеры и просвета шлеммова канала всем пациентам назначался пилокарпин либо препараты, содержащие пилокарпин 1% или 4%, на 6 недель. После отмены пилокарпина в случае повышения ВГД вновь назначали гипотензивные капли.

В 3-й группе более половины пациентов использовали гипотензивные капли для достижения ВГД цели.

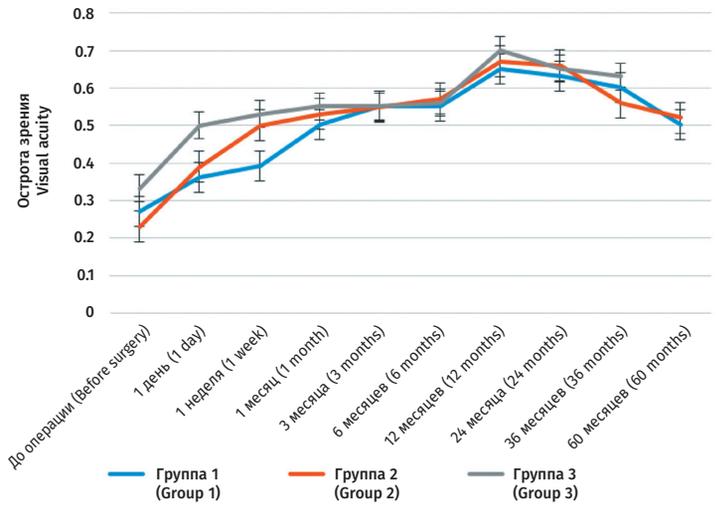


Рис. 17. Динамика остроты зрения  
 Fig. 17. Time course of changes in visual acuity

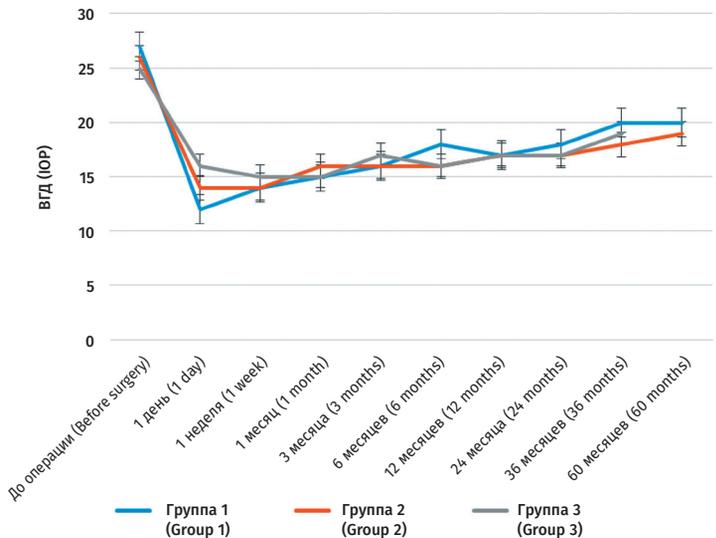
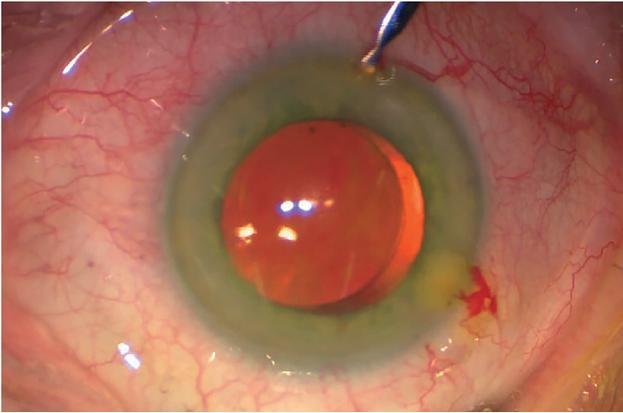


Рис. 18. Динамика внутриглазного давления  
 Fig. 18. Time course of changes in intraocular pressure



**Рис. 19.** Отсутствие контраста в системе водяных вен до вскрытия трабекулы в глазу с далеко зашедшей стадией глаукомы

**Fig. 19.** Lack of contrast in the vein system before opening the trabecula in the eye with advanced stages of glaucoma

### Обсуждение

Основная цель настоящего сообщения — показать динамику снижения интра- и послеоперационных осложнений в процессе совершенствования вышеописанного метода. С помощью ряда технологических приемов общее количество осложнений удалось снизить до единичных случаев, что сделало операцию безопасной.

Физиологический механизм снижения ВГД при трабекулотомии имеет ряд преимуществ перед другими используемыми механизмами в ходе антиглаукомной хирургии (фильтрующим, циклодеструктивным, созданием оттока в супрахориоидальное пространство), так как отток внутриглазной жидкости осуществляется по естественным путям через шлеммов канал в водяные вены и венозные сплетения. Как показал наш опыт, для устранения функционального блока шлеммова канала достаточно вскрытия небольшого участка трабекулы — 1,5-2 мм.

Несмотря на то что операция относится к категории микроглаукомной хирургии (MIGS) и рекомендована зарубежными коллегами только в начальной и развитой стадиях [7], мы попробовали ее использовать и в далеко зашедшей стадии. Целесообразность применения хирургии в поздних стадиях обосновали изучением оценки проходимости естественных путей оттока в ходе операции до и после трабекулотомии *ab interno* (рис. 19, 20) и отдаленными клиническими результатами.

Из 50 глаз с далеко зашедшей глаукомой после операции контраст распространился на протяжении 180° и более окружности шлеммова канала в 40 (80%) глазах, от 120° до 180° в 7 (14%) глазах и в 3 глазах распространился только в зоне вскрытого участка. То есть это подтверждает, что затруднение оттоку внутриглазной жидкости в подавляющем большинстве случаев находится на трабекулярном уровне.



**Рис. 20.** Наличие контраста в естественных путях оттока после вскрытия трабекулы на протяжении 1,5 мм в том же глазу

**Fig. 20.** The presence of contrast in outflow tract after opening the trabecula for 1,5 mm in the same eye

Отдаленный гипотензивный эффект (в сроках до трех лет) с целевым ВГД для далеко зашедшей стадии менее 16 мм рт.ст. с применением гипотензивных капель наблюдали в половине случаев, а с ВГД ниже 21 мм рт.ст. в группе далеко зашедшей стадии составил 89%.

М.Т. Hirabayashi et al. опубликовали результаты 42 операций факоэмульсификации и трабекулотомии *ab interno* с использованием Kahook Dual Blade при далеко зашедшей стадии глаукомы. Через 6 месяцев ВГД 15 мм рт.ст. и менее было в 27 (64,3%) глазах без дополнительных хирургических вмешательств, при малом количестве ранних послеоперационных осложнений (7%). Количество используемых капель снизилось почти в 2 раза. Только в трех случаях потребовались повторные хирургические вмешательства [14]. Другим преимуществом предлагаемой технологии служит ее атравматичность. Вскрытие участка трабекулы на протяжении 1,5-2 мм в комбинированной хирургии не отражается на течении послеоперационного периода, поэтому дополнительного назначения противовоспалительных препаратов не требуется. Назначаются только капли, рекомендованные после факоэмульсификации. Из специфических назначений, как представлено выше, — пилокарпин на 5-6 недель.

Техническая простота исполнения и время проведения трабекулотомии также можно отнести к ее достоинствам. Применение обратной гониоскопии значительно облегчает доступ к углу передней камеры и не требует изменения положения микроскопа и хирурга, как это происходит при манипуляциях с прямой гониоскопией.

Экономические затраты на операцию значительно отличаются от других вмешательств категории MIGS. Ориентировочные цены на дренажи и инструментарий для проведения данных операций, представленные на выставке в Хельсинки в рамках

XII Всемирного конгресса (28 июня — 1 июля 2017 г.): iStent inject — \$1250, Xen gel stent — \$1000, Kahook dual blade — \$575, Trabectom — \$900, Cypass — \$1100-1250.

Y. Iordanous et al. в своем сообщении представили цены того же порядка на операции категории MIGS в Канаде [29]. Стоимость ирригационного трабекулотома составляет менее 5\$.

## Заключение

Разработанные модификации трабекулотомии ab interno в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы показали свою высокую эффективность. Обеспечение высокой герметичности рого-

вичных разрезов значительно снизило количество ранних геморрагических осложнений. Уменьшение протяженности вскрытия склерального синуса до 1,5-2 мм не повлияло на отдаленный функциональный и гипотензивный эффект, но снизило общий уровень интраоперационных и послеоперационных осложнений. Операция физиологична, так как относится к типу восстанавливающих отток по естественным путям. Кроме того, в случае рецидива повышения ВГД нет препятствий для выполнения любых антиглаукомных операций другого типа. Эффективность, малотравматичность, экономичность, простота исполнения технологии позволяют рекомендовать ее к более широкому применению в офтальмохирургической практике.

## Литература

1. Shingleton B.J., Wooler K.B., Bourne C.I., O'Donoghue M.W. Combined cataract and trabeculectomy surgery in eyes with pseudoexfoliation glaucoma. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(11):1961-1970. doi:10.1016/j.jcrs.2011.05.036
2. Jiang N., Zhao G.Q., Lin J. et al. Meta-analysis of the efficacy and safety of combined surgery in the management of eyes with coexisting surgery and open angle. *Int J Ophthalmology.* 2018; 11(2):279-286.
3. Khandelwal R.R., Raje D., Rathi A., Agashe A., Majumdar M., Khandelwal R. Surgical outcome of safe surgery system trabeculectomy combined with cataract extraction. *Eye (Lond).* 2015; 29(3):363-370. doi:10.1038/eye.2014.294
4. Guedes R.A., Guedes V.M., Chaoubah A. Does phacoemulsification effect the long-term success of non-penetrating deep sclerectomy? *Ophthalmic Surg Lasers Ima.* 2010; 41(2):228-235. doi: 10.3928/15428877-20100303-12
5. Bilgin G., Karakurt A., Saricaoğlu M.S. Combined non-penetrating deep sclerectomy with phacoemulsification versus non-penetrating deep sclerectomy alone. *Semin Ophthalmol.* 2014; 29(3):146-150. [PubMed] [Google Scholar]
6. Иванов Д.И., Никулин М.Е. Сравнительный анализ результатов трабекулотомии ab interno и микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Национальный журнал глаукома.* 2016; 15(1):52-60.
7. Lavia C., Dallorto L., Maule M., Ceccarelli M., Fea A.M. Minimally-invasive glaucoma surgeries (MIGS) for pen angle glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017; 12(8): e0183142.
8. Rosdahl J.A., Gupta D. Prospective studies of minimally invasive glaucoma surgeries: systematic review and quality assessment. *Clin Ophthalmol.* 2020; 14:231-243. doi: 10.2147/OPHT.S239772. eCollection 2020
9. Arriola-Villalobos P., Martínez-de-la-Casa J.M., Díaz-Valle D., García-Vidal S.E., Fernández-Pérez C., García-Sánchez J., García-Feijóo J. Mid-term evaluation of the new Glaukos iStent with phacoemulsification in coexistent open-angle glaucoma or ocular hypertension and cataract. *Br J Ophthalmol.* 2013; 97(10):1250-1255. doi: 36/bjophthalmol-2012-302394
10. Francis B. Trabectome combined with phacoemulsification versus phacoemulsification alone: a prospective, non-randomized controlled surgical trial. *Clin Surg J Ophthalmology.* 2010; 28(10):1-7.
11. Klamann M.K., Gonnermann J., Maier A.K., Ruokonen P.C., Torun N., Jousen A.M., Bertelmann E. Combined clear cornea phacoemulsification in the treatment of pseudoexfoliative glaucoma associated with cataract: significance of trabecular aspiration and ab interno trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 251(9):2195-2199. doi: 10.1007/s00417-013-2408-2
12. Dorairaj S.K. et al. 12-month outcomes of goniotomy performed with Kahook Dual Blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma. *Adv Ther.* 2018; 35:1460-1469.
13. Mansouri K., Shaarawy T. Update on Schlemm's canal based procedures. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2015; 22(1):38-44. doi: 10.4103/0974-9233.148347
14. Hirabayashi M.T., King J.T., Lee D., An J.A. Outcome of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe glaucoma patients at 6 months. *Clin Ophthalmol.* 2019; 24(13):715-721. doi:10.2147/OPHT.S196105. eCollection 2019

## References

1. Shingleton B.J., Wooler K.B., Bourne C.I., O'Donoghue M.W. Combined cataract and trabeculectomy surgery in eyes with pseudoexfoliation glaucoma. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(11):1961-1970. doi:10.1016/j.jcrs.2011.05.036
2. Jiang N., Zhao G.Q., Lin J. et al. Meta-analysis of the efficacy and safety of combined surgery in the management of eyes with coexisting surgery and open angle. *Int J Ophthalmology.* 2018; 11(2):279-286.
3. Khandelwal R.R., Raje D., Rathi A., Agashe A., Majumdar M., Khandelwal R. Surgical outcome of safe surgery system trabeculectomy combined with cataract extraction. *Eye (Lond).* 2015; 29(3):363-370. doi:10.1038/eye.2014.294
4. Guedes R.A., Guedes V.M., Chaoubah A. Does phacoemulsification effect the long-term success of non-penetrating deep sclerectomy? *Ophthalmic Surg Lasers Ima.* 2010; 41(2):228-235. doi: 10.3928/15428877-20100303-12
5. Bilgin G., Karakurt A., Saricaoğlu M.S. Combined non-penetrating deep sclerectomy with phacoemulsification versus non-penetrating deep sclerectomy alone. *Semin Ophthalmol.* 2014; 29(3):146-150. [PubMed] [Google Scholar]
6. Ivanov D.I., Nikulin M.E. Comparative analysis of ab interno trabeculectomy and microinvasive nonpenetrating deep sclerectomy in combined surgery of cataract and glaucoma. *Natsionalnyi zhurnal Glaukoma.* 2016; 15(1):52-60. (In Russ.).
7. Lavia C., Dallorto L., Maule M., Ceccarelli M., Fea A.M. Minimally-invasive glaucoma surgeries (MIGS) for pen angle glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017; 12(8): e0183142.
8. Rosdahl J.A., Gupta D. Prospective studies of minimally invasive glaucoma surgeries: systematic review and quality assessment. *Clin Ophthalmol.* 2020; 14:231-243. doi: 10.2147/OPHT.S239772. eCollection 2020
9. Arriola-Villalobos P., Martínez-de-la-Casa J.M., Díaz-Valle D., García-Vidal S.E., Fernández-Pérez C., García-Sánchez J., García-Feijóo J. Mid-term evaluation of the new Glaukos iStent with phacoemulsification in coexistent open-angle glaucoma or ocular hypertension and cataract. *Br J Ophthalmol.* 2013; 97(10):1250-1255. doi: 36/bjophthalmol-2012-302394
10. Francis B. Trabectome combined with phacoemulsification versus phacoemulsification alone: a prospective, non-randomized controlled surgical trial. *Clin Surg J Ophthalmology.* 2010; 28(10):1-7.
11. Klamann M.K., Gonnermann J., Maier A.K., Ruokonen P.C., Torun N., Jousen A.M., Bertelmann E. Combined clear cornea phacoemulsification in the treatment of pseudoexfoliative glaucoma associated with cataract: significance of trabecular aspiration and ab interno trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 251(9):2195-2199. doi: 10.1007/s00417-013-2408-2
12. Dorairaj S.K. et al. 12-month outcomes of goniotomy performed with Kahook Dual Blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma. *Adv Ther.* 2018; 35:1460-1469.
13. Mansouri K., Shaarawy T. Update on Schlemm's canal based procedures. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2015; 22(1):38-44. doi: 10.4103/0974-9233.148347
14. Hirabayashi M.T., King J.T., Lee D., An J.A. Outcome of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe glaucoma patients at 6 months. *Clin Ophthalmol.* 2019; 24(13):715-721. doi:10.2147/OPHT.S196105. eCollection 2019

15. Shaarawy T., Goldberg I., Fechtner R. EX-PRESS glaucoma filtration device: Review of clinical experience and comparison with trabeculectomy. *Surv Ophthalmol.* 2015;24. doi:10.1016/j.survophthal.2015.01.001
16. Vnod K., Gedde S.J., Feuer W.J., Panarelli, Chang T.C., Chen P.P., Parich R.K. Practice preferences for glaucoma surgery: a survey of the American Glaucoma Society. *J Glaucoma.* 2017; 26:687-693.
17. Casson R.J., Salmon J.F. Combined surgery in the treatment of patients with cataract and primary open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg.* 2001; 27(11):1854-1863. [PubMed] [Google Scholar]
18. Moghimi S., Hamzeh N., Mohammadi M., Khatibi N., Bowd C., Weinreb R.N. Combined glaucoma and Cataract surgery: Comparison of viscocanalostomy, endocyclophotocoagulation, and ab interno trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg.* 2018; 44(5):557-565.
19. Chihara E., Hayashi K. Different modes of intraocular pressure reduction after three different nonfiltering surgeries and trabeculectomy. *Jpn J Ophthalmol.* 2011; 55(2):107-114. [PubMed] [Google Scholar]
20. Kobayashi H., Kobayashi K. Randomized comparison of the intraocular pressure-lowering effect of phacoviscocanalostomy and phacotrabeculectomy. *Ophthalmology.* 2007; 114(5):909-914. doi: 10.1016/j.ophtha.2006.12.032 Epub 2007 Mar30.PMID: 17397924 Clinical Trial.
21. 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.
22. Алексеев Б.Н. Микрохирургия внутренней стенки шлеммова канала при открытоугольной глаукоме. *Вестн. офтальмологии.* 1978; 4:18-19.
23. Алексеев Б.Н., Ермолаев А.П. Трабекулотомия ab interno в комбинации с одномоментной экстракцией катаракты. *Вестник офтальмологии.* 2003; 119(4):7-10.
24. Iordanous Y., Kent J.S., Hutnik C.M.L., Malvankar-Mehta M.S. Projected cost comparison of Trabectome, iStent, and endoscopic cyclophotocoagulation versus glaucoma medication in the Ontario Health Insurance Plan. *J Glaucoma.* 2014; 23: e 112-e118.
15. Shaarawy T., Goldberg I., Fechtner R. EX-PRESS glaucoma filtration device: Review of clinical experience and comparison with trabeculectomy. *Surv Ophthalmol.* 2015;24. doi:10.1016/j.survophthal.2015.01.001
16. Vnod K., Gedde S.J., Feuer W.J., Panarelli, Chang T.C., Chen P.P., Parich R.K. Practice preferences for glaucoma surgery: a survey of the American Glaucoma Society. *J Glaucoma.* 2017; 26:687-693.
17. Casson R.J., Salmon J.F. Combined surgery in the treatment of patients with cataract and primary open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg.* 2001; 27(11):1854-1863. [PubMed] [Google Scholar]
18. Moghimi S., Hamzeh N., Mohammadi M., Khatibi N., Bowd C., Weinreb R.N. Combined glaucoma and Cataract surgery: Comparison of viscocanalostomy, endocyclophotocoagulation, and ab interno trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg.* 2018; 44(5):557-565.
19. Chihara E., Hayashi K. Different modes of intraocular pressure reduction after three different nonfiltering surgeries and trabeculectomy. *Jpn J Ophthalmol.* 2011; 55(2):107-114. [PubMed] [Google Scholar]
20. Kobayashi H., Kobayashi K. Randomized comparison of the intraocular pressure-lowering effect of phacoviscocanalostomy and phacotrabeculectomy. *Ophthalmology.* 2007; 114(5):909-914. doi: 10.1016/j.ophtha.2006.12.032 Epub 2007 Mar30.PMID: 17397924 Clinical Trial.
21. Ivanov D.I., Nikulin M.E. Trabeculectomy ab interno as the hypotensive component in combined surgery of cataract and glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal Glaukoma.* 2011; 3:34-38. (In Russ.).
22. Alekseev B.N. Microsurgery of the inner wall of Schlemm's canal for open-angle glaucoma. *Vestn. oftal'mologii.* 1978; 4:18-19. (In Russ.).
23. Alekseev B.N., Ermolaev A.P. Trabekulotomiya ab interno in combination with simultaneous cataract extraction. *Vestn. oftal'mologii.* 2003; 119(4):7-10. (In Russ.).
24. Iordanous Y., Kent J.S., Hutnik C.M.L., Malvankar-Mehta M.S. Projected cost comparison of Trabectome, iStent, and endoscopic cyclophotocoagulation versus glaucoma medication in the Ontario Health Insurance Plan. *J Glaucoma.* 2014; 23: e 112-e118.

Поступила / Received / 15.08.2020



## NEW AUTOMATED PERIMETERS

Fast and precise perimetry at your fingertips

## НОВЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПЕРИМЕТРЫ

- Полный набор стандартных стратегий и паттернов исследования поля зрения
- Периметрические индексы и анализ прогрессирования дефектов
- Протоколы HFA и Octopus типа
- Голосовой гид и контроль фиксации

PTS 920 | PTS 2000

Stormoff® [www.stormoff.com](http://www.stormoff.com)  
[oko@stormoff.com](mailto:oko@stormoff.com)

(495) 780 0792; (495) 780 7691; (495) 956 0557