

Микрошунт PRESERFLO™ для микроинвазивной хирургии глаукомы

ЕРИЧЕВ В.П., д.м.н., профессор, вице-президент¹; <https://orcid.org/0000-0001-6842-7164>

ПЕРШИН К.Б., д.м.н., профессор, медицинский директор сети офтальмологических клиник², профессор кафедры³; <https://orcid.org/0000-0003-3445-8899>

ВОЛЖАНИН А.В., к.м.н., научный сотрудник²; <https://orcid.org/0000-0002-1421-8882>

МАКАРОВА А.С., к.м.н., научный сотрудник². <https://orcid.org/0000-0003-0521-2750>

¹Общероссийская общественная организация «Российское общество офтальмологов-глаукоматологов», Российская Федерация, Москва;

²Офтальмологический центр «Экзимер», 109147, Российская Федерация, Москва, ул. Марксистская, 3, стр. 1;

³Кафедра офтальмологии АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, 125371, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 91;

⁴ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова», 119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, 11А.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Еричев В.П., Першин К.Б., Волжанин А.В., Макарова А.С. Микрошунт PRESERFLO™ для микроинвазивной хирургии глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2025; 24(2):61-72.

Резюме

На сегодняшний день «золотым стандартом» хирургии глаукомы является трабекулэктомия, позволяющая достичь стойкого снижения внутриглазного давления (ВГД). Тем не менее, трабекулэктомия сравнительно травматична и ассоциируется с риском специфических осложнений. Вследствие этого к настоящему моменту был разработан ряд устройств для микроинвазивной хирургии глаукомы, предназначенных для создания сравнимого с трабекулэктомией гипотензивного эффекта в купе с минимальной операционной травмой.

Микрошунт PRESERFLO™ (Santen) является полимерным микрошунтом для создания оттока внутриглазной жидкости под конъюнктиву с формированием фильтрационной подушки. Он имплантируется через субконъюнктивальный доступ, характерный для трабекулэктомии,

однако, за счет контролируемого оттока влаги минимизирует риск развития осложнений, характерных для традиционных антиглаукомных вмешательств.

Долгосрочная (в сроки до 5 лет) эффективность и безопасность имплантации микрошунт PRESERFLO™ показаны в ряде исследований, в том числе сравнивающих PRESERFLO™ с другими операциями. Метаанализы, посвященные сравнению PRESERFLO™ и трабекулэктомии, показывают сравнимую эффективность вмешательств с меньшим риском осложнений у PRESERFLO™. Исследования, посвященные сравнению PRESERFLO™ и микрошунта похожей конструкции XEN (Allergan, Plc, Ирландия), показывают сравнимую либо лучшую эффективность PRESERFLO™.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, PRESERFLO™, микроинвазивная хирургия глаукомы, внутриглазное давление

Для контактов:

Еричев Валерий Петрович, e-mail: v.erichev@yandex.ru

LITERATURE REVIEW

Microshunt PRESERFLO™ for microinvasive glaucoma surgery

ERICHEV V.P., Dr. Sci. (Med.), Professor, Vice President¹; <https://orcid.org/0000-0001-6842-7164>

PERSHIN K.B., Dr. Sci. (Med.), Professor, Medical Director², Professor at the Academic Department of Ophthalmology³; <https://orcid.org/0000-0003-3445-8899>

VOLZHANIN A.V., Cand. Sci. (Med.), researcher⁴; <https://orcid.org/0000-0002-1421-8882>

MAKAROVA A.S., Cand. Sci. (Med.), researcher⁴. <https://orcid.org/0000-0003-0521-2750>

¹All-Russian public organization "Russian society of ophthalmologists-glaucoma specialists";

²Ophthalmological center "Eximer", 3/1 Marksistskaya St., Moscow, Russian Federation, 109147;

³Academy of Postgraduate Education of the Federal Medical-Biological Agency, 91 Volokolamskoe av., Moscow, Russian Federation, 125371;

⁴Krasnov Research Institute of Eye Diseases, 11A Rossolimo St., Moscow, Russian Federation, 119021.

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

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Erichev V.P., Pershin K.B., Volzhanin A.V., Makarova A.S. Microshunt PRESERFLO™ for microinvasive glaucoma surgery. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2025; 24(2):61-72.

Abstract

The current gold standard of glaucoma surgery is trabeculectomy, which allows sustained reduction of intraocular pressure (IOP). However, trabeculectomy is relatively traumatic and is associated with a risk of specific complications. As a result, a number of devices for microinvasive glaucoma surgery have been developed, designed to create a hypotensive effect comparable to trabeculectomy, coupled with minimal surgical trauma.

Microshunt PRESERFLO™ (Santen) is a polymer microshunt that facilitates the outflow of aqueous humor into the subconjunctival space with the formation of a filtering bleb. It is implanted through a subconjunctival approach, typical for trabeculectomy, however, due to the controlled

aqueous outflow it minimizes the risk of complications typical for glaucoma interventions.

Long-term (up to 5 years) efficacy and safety of PRESERFLO™ microshunt implantation have been demonstrated in a number of studies, including those comparing PRESERFLO™ with other surgeries. Meta-analyses comparing PRESERFLO™ and trabeculectomy show comparable efficacy of the interventions with a lower risk of complications in PRESERFLO™. Studies comparing PRESERFLO™ with similarly designed microshunt XEN (Allergan, Plc, Ireland) show that PRESERFLO™ is either equally or more effective.

KEYWORDS: glaucoma, PRESERFLO™, microinvasive glaucoma surgery, intraocular pressure

Глаукома является одной из ведущих причин необратимого снижения зрения и слепоты во всем мире. Так, среди лиц старше 50 лет в 2020 году глаукома была причиной слепоты в 3,6 миллионов случаев и снижения остроты зрения до 0,33 и ниже в 4,1 миллионов случаев [1], а к 2040 году число больных глаукомой может достичь 111,8 миллионов человек [2]. В России к 2022 году было зарегистрировано 1 250 558 больных глаукомой, из которых у 110 680 болезнь была выявлена впервые [3].

Современная концепция лечения глаукомы ставит своей главной целью сохранение качества жизни, ассоциированного со зрительными функциями пациента. Предотвращение распада зрительных функций при глаукоме реализуется путем достижения целевого уровня внутриглазного

давления (ВГД) [4, 5]. В клинической практике доступны различные способы снижения ВГД, тем не менее, частая неэффективность или невозможность применения терапевтических методов обуславливает актуальность хирургического лечения глаукомы.

Хирургия глаукомы в современном виде заключается в создании нового пути оттока внутриглазной жидкости из передней камеры глаза под конъюнктиву с последующим формированием специфического субконъюнктивального резервуара — фильтрационной подушки. Первым таким вмешательством, ставшим к сегодняшнему дню «золотым стандартом» хирургии глаукомы, стала трабекулэктомия, описанная Cairns в 1968 году [6]. Эффективность трабекулэктомии привела к широкому её распространению и дальнейшему поиску

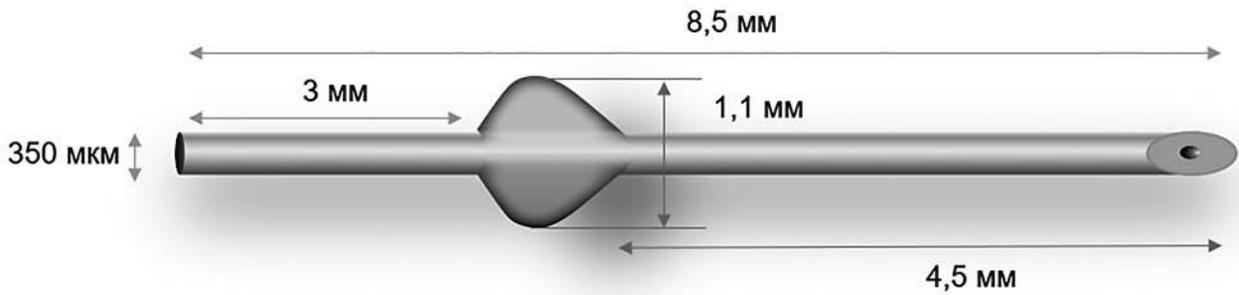


Рис. 1. Микрошунт PRESERFLO™.

Fig. 1. Microshunt PRESERFLO™.

путей её модификации, заключающихся в снижении травматичности при условии сохранения гипотензивного эффекта. Это привело сперва к появлению непроникающих антиглаукомных операций [7], а затем — группы гипотензивных вмешательств, объединенных в понятие микроинвазивной хирургии глаукомы (МИХГ; англ. MIGS, microinvasive glaucoma surgery).

Хотя подавляющее большинство операций МИХГ успешно достигли цели минимизации интраоперационной травмы, их эффективность сильно варьирует в зависимости от вида конкретного вмешательства. Так, отдельные процедуры МИХГ, не связанные с формированием фильтрационной подушки, ассоциируются с минимальным риском осложнений, однако, их эффективность не позволяет применять их при далекозашедшей глаукоме, требующей низкого целевого ВГД. Долгосрочный успех имплантации дренажей МИХГ, реализующих субконъюнктивальный путь оттока, зависит от работоспособности фильтрационной подушки, однако, эффективность таких вмешательств может быть сравнимой с таковой у трабекулэктомии.

Другой проблемой МИХГ долгое время считалось отсутствие результатов долгосрочного наблюдения и оценки экономической эффективности таких вмешательств [8]; тем не менее, по мере накопления клинического опыта этот вопрос становится менее актуален.

Разработка и конструкция

Микроинвазивный шунт PRESERFLO™ (Santen), предназначенный для обеспечения оттока внутриглазной жидкости в субконъюнктивальное пространство, создан из поли(стирен-блок-изобутилен-блок-стирена) (СИБС; poly(styrene-block-isobutylene-block-styrene), SIBS). Это синтетический термопластичный эластомерный биоматериал, который был изначально разработан с целью создания ареактивного биологически нейтрального полимера для искусственных водителей сердечного ритма и сосудистых имплантов. Первым медицинским изделием с применением СИБС стал металлический

коронарный стент TAXUS (Boston Scientific Corporation, США); СИБС в нём выполнял роль покрытия и накопителя для длительного высвобождения антипролиферативного препарата. По данным клинических и *in vitro* исследований, новый стент ассоциировался с отсутствием биодеградации, минимальной тканевой реакцией и, в клинике, лучшей выживаемостью и меньшей частотой инфаркта и тромбоза по сравнению с контрольным металлическим стентом [9, 10].

Стент TAXUS стал одним из наиболее коммерчески успешных медицинских продуктов [11] и решил ряд проблем кардиохирургии — распространенность осложнений, характерных для металлических стентов, и наличие, по сути, всего двух полимеров для имплантов — полиуретана, преимущественно полиэфир уретана, и силиконовой резины, как правило, полидиметилсилоксана (ПДМС) [12]. После успеха TAXUS в 2004 году Boston Scientific Corporation выделила стартовый капитал для основания InnFocus LLC, которая должна была разработать антиглаукомный дренаж из СИБС. В 2011 году InnFocus LLC преобразовалась в InnFocus Inc, а в 2016 году она была поглощена компанией Santen Pharmaceuticals, после чего разработанный дренаж получил сегодняшнее название.

Исследования переносимости СИБС в тканях глаза *in vivo* показали отсутствие агрегации миофибробластов, ангиогенеза и формирования капсулы, что наблюдалось в группе контроля, в роли которой выступили имплант из ПДМС [13, 14]. При расчете диаметра внутреннего просвета дренажа учитывали как минимизацию риска гипотонии, характерной для бесклапанных дренажей, так и предотвращение закупоривания трубки. В последующих исследованиях *in vivo* дренажей с просветами 70, 100 и 150 мкм вариант с минимальным диаметром ассоциировался с меньшим риском осложнений при сравнимой эффективности [15]. К дальнейшим клиническим исследованиям был принят вариант с диаметром просвета 70 мкм (подобный путь был также пройден при разработке дренажа XEN [Allergan, Plc, Ирландия], диаметр которого также изначально рассчитывался по уравнению

Хагена-Пуазейля и который также был принят к производству с минимальным просветом из 3 возможных [16]). Таким образом, финальная версия дренажа PRESERFLO™ представляет собой трубку из СИБС длиной 8,5 мм, наружным диаметром 350 мкм и двумя внешними «плавниками»-фиксаторами длиной 1 мм. Внутренний диаметр трубки плавно увеличивается с 70 мкм на проксимальном конце до 350 мкм на дистальном (рис. 1).

Эффективность дренажа

Первым работой, посвященной эффективности PRESERFLO™, было ретроспективное исследование 87 прооперированных глаз, среди которых в 21 случае имплантация дренажа сочеталась с факохирургией. Средний предоперационный уровень ВГД составил 25,9 мм рт.ст., при этом среднее число принимаемых препаратов составило 2,6. Спустя год уровень ВГД снизился до 13,5 мм рт.ст., а среднее число принимаемых препаратов составило 0,56. В этой работе также оценивали влияние различных концентраций митомидина С (ММС), и, хотя авторы сделали заключение о лучшем прогнозе при большей концентрации, в исследовании не было предоставлено статистических данных [17]. Позже 23 пациента из этого исследования, у которых использовался 0,4 мг/мл ММС, наблюдались в рамках других исследований в течение 2 [18], 3 [19] и 5 лет [20]. Спустя 5 лет после вмешательства среднее ВГД составило $12,4 \pm 6,5$ мм рт.ст., а среднее число принимаемых препаратов составило $0,8 \pm 1,3$. К этому сроку наблюдалось 13 случаев преходящих осложнений, которые авторы не отнесли к категории опасных (преходящая гипотония, гифема, касание радужки трубкой и т.д.). Наблюдалось 4 случая осложнений, которые авторы классифицировали как серьезные — помутнение задней капсулы (2 случая), развитие задних синехий (1 случай) и подвывих ИОЛ (1 случай). Нидлинг потребовался в 2 случаях; повторная операция также потребовалась в 2 случаях. Ни в одном случае не наблюдалось дислокации дренажа или эрозии конъюнктивы [20].

В исследовании 132 пациентов (164 глаза) в течение года после операции полный успех наблюдался в 76,9% случаев, частичный (с применением лекарств) — в 92,5%. Мультивариантный анализ показал только два значимых фактора риска для неудачного исхода — вторичная природа глаукомы и меньшая концентрация ММС (0,2 против 0,4–0,5 мг/мл). Нидлинг потребовался в 8,5% случаев, ревизия — в 2 случаях, повторная операция — в 1 случае [21].

В исследовании 81 пациента спустя 2 года после имплантации дренажа средний уровень ВГД составил $14,1 \pm 3,2$ мм рт.ст., а среднее количество принимаемых препаратов составило $0,5 \pm 0,9$. Нидлинг

потребовался в 5 случаях, повторная операция — в 6. В зависимости от концентрации ММС показатель полного успеха составил 78,1% (0,2 мг/мл) и 74,4% (0,4 мг/мл), соответственно [22].

Большинство имеющихся работ, посвященных эффективности PRESERFLO™ при первичной открытоугольной глаукоме, проанализированы в метаанализе 14 исследований, который подтвердил хорошую эффективность и безопасность вмешательства: среднее снижение ВГД спустя 1 год составило 9,07 мм рт.ст. (95% доверительный интервал [ДИ]: 7,88–10,25), среднее снижение числа принимаемых препаратов — 2,37 (95% ДИ 2,15–2,60) [23]. Первые результаты имплантации PRESERFLO™ в России были представлены в начале 2025 года, которые также показали достижение целевого уровня ВГД с или без дополнительной медикаментозной терапии в сроки до 5 месяцев [24].

Одномоментная имплантация PRESERFLO™ с факоэмульсификацией в ряде случаев может усилить гипотензивный эффект [25, 26]. Наличие псевдоэкзофолий не влияет на результат вмешательства [27]. В течение 2 и 3 лет после имплантации не наблюдалось статистически значимой разницы в количестве эндотелиальных клеток как по сравнению с исходным уровнем, так и по сравнению с парным глазом [28–30]. Описаны удачное применение устройства при повышении ВГД после введения интравитреальных глюкокортикоидных имплантов [31, 32], при постувеальной глаукоме [33, 34], при иридокорнеальном эндотелиальном синдроме [35] и — при поражении роговицы с плотностью эндотелия 700 клеток/мм² — в заднюю камеру [36]. Одномоментная имплантация двух дренажей ассоциируется с большим гипотензивным эффектом [37]. Способ введения ММС — в виде субтеноновой инъекции или путем аппликации на губке — не влияет на эффективность и безопасность вмешательства, однако, инъекция ассоциировалась с лучшим исходом спустя год [38]. Неудачные имплантации дренажа хорошо поддаются ревизии, которая способна стабилизировать ВГД на протяжении 12 месяцев [39].

Сравнительная эффективность

На сегодняшний день опубликованы 2 метаанализа, посвященные сравнению эффективности PRESERFLO™ и трабекулэктомии.

В метаанализе 10 исследований (1833 глаза) показатели абсолютного и относительного успеха для обоих вмешательств спустя 18 месяцев были сравнимы, однако, среднее ВГД после трабекулэктомии было ниже на 1,59 мм рт.ст. (95% ДИ 0,70–2,48 мм рт.ст.). В группе PRESERFLO™, однако, наблюдались менее выраженное прогрессирование потери полей зрения (в среднем на -1,21 дБ; 95% ДИ -2,86...-0,19 дБ), меньший риск гипотонии и гипо-

Таблица. Сравнительные исследования эффективности PRESERFLO™ и XEN.

Table. Comparative studies on the effectiveness of PRESERFLO™ and XEN.

Первый автор, год, кол-во глаз, срок наблюдения <i>First author, year, number of eyes, follow-up duration</i>	Основные результаты <i>Main findings</i>
Scheres LM, 2021, n=82, 2021, 2 года [45]	ВГД, частичный успех к концу исследования: <i>IOP, partial success by study end:</i> PRESERFLO™ — 12,1±3,5 мм рт.ст., 79% XEN — 13,8±3,8 мм рт.ст., 73%
Wagner FM, 2022, n=105, 6 месяцев [46]	Полный успех: / <i>Complete success:</i> PRESERFLO™ — 74,2% [95% ДИ: 57,9%...90,5%] XEN — 51,4% [95% ДИ: 34,0%...68,8%] трабекулэктомия — 73,5% [95% ДИ: 57,9%...89,2%]
Nobl M., 2024, n=106, 2 года [47]	ВГД, кол-во лекарств, полный успех к концу исследования: <i>IOP, number of drugs, complete success by study end:</i> PRESERFLO™ — 13,0±3,9 мм рт.ст., 0,9±2,5; 37% XEN — 13,5±4,2 мм рт.ст., 1,1±1,5; 25%
Lüke JN, 2024, n=100, 12 месяцев [48]	ВГД к концу исследования: / <i>IOP by study end:</i> PRESERFLO™ — 11,9±2,9 мм рт.ст. XEN — 14,5±4,0 мм рт.ст.
María Martínez-de-la-Casa JM, 2025, n=60, 12 месяцев [49]	ВГД, кол-во лекарств к концу исследования: <i>IOP, number of drugs by study end:</i> PRESERFLO™ — 12,8±2,3 мм рт.ст., 0,3±0,6 XEN — 14,2±4,5 мм рт.ст., 0,2±0,6

тонической макулопатии. В глазах с PRESERFLO™ почти вдвое чаще требовалась хирургическая ревизия (18,4% и 9,8%, соответственно) [40].

В метаанализе 7 исследований (1353 глаза) ВГД после трабекулэктомии было ниже в среднем на 0,78 мм рт.ст., а число принимаемых антиглаукомных препаратов — на 0,32. Не наблюдалось статистически значимой разницы в частоте развития гипотонии, гифемы или отслойки сосудистой оболочки, однако, трабекулэктомия ассоциировалась с большей частотой осложнений, ассоциированных с областью фильтрации, и более частыми ревизиями [41].

Уменьшение передне-задней оси глаза наблюдалось как после трабекулэктомии, так и после имплантации PRESERFLO™, однако, в последнем случае спустя 3 месяца её длина возвращалась к предоперационным значениям [42].

Сравнение имплантации в шлеммов канал стента iStent (Glaukos Corp, США) в сочетании с эндоциклофотокоагуляцией с дренажами XEN и PRESERFLO™ показало сравнимую гипотензивную эффективность всех 3 вмешательств спустя 2 года [43].

В метаанализе 93 исследований (8345 глаз), посвященном частоте повторных вмешательств, имплантация PRESERFLO™ требовала ревизии в 0,60% случаев (95% ДИ 0,15%...1,29%); эти же значения для бесклапанного дренажа Бервельдта

и дренажа XEN составили 0,53% (95% ДИ 0,29%...0,83%) и 4,26% (95% ДИ 2,59%...6,31%), соответственно [44].

Большинство сравнительных исследований, затрагивающих PRESERFLO™, сравнивают его с XEN — желатиновой трубкой схожих размеров для микроинвазивного лечения глаукомы, не обладающей «плавниками» и имплантирующейся *ab interno* с помощью инжектора. Основные результаты этих исследований приведены в таблице.

Сравнение морфологии ФП, появляющихся после имплантации PRESERFLO™ и XEN, с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка глаза показало разные паттерны развития образования зон оттока. Для PRESERFLO™ было характерно развитие множественных пространств в толще конъюнктивы и теноновой капсулы с формированием кистозных зон в глубоких слоях. Для XEN было характерно образование дистальной ФП и множественных кист в поверхностных слоях конъюнктивы с дальнейшим их развитием по мере наблюдения [50]. Согласно другому ОКТ-исследованию, после имплантации PRESERFLO™ по сравнению с XEN чаще наблюдались гиперрефлективные измерения теноновой капсулы и эписклеральные скопления жидкости, и реже — кавернозные полости. Также ФП после PRESERFLO™ обладали более плотной стенкой и были более высокими [51].



Рис. 2. Система дренажная для снижения ВГД PRESERFLO™, слева направо: микрошунт PRESERFLO™, маркер для склеры, нож хирургический (копьевидный); второй ряд — игла 0,51×16 мм, канюля 23G×8 мм, маркерная ручка.

Fig. 2. Implantation kit for PRESERFLO™, left to right: PRESERFLO™ microshunt, scleral marker surgical knife (spear knife); second row — 0.51×16 mm needle, 23G×8 mm cannula, marking pen.

Гистологические исследования тканей, иссеченных в ходе ревизии неудачных имплантаций PRESERFLO™ и XEN (31–1264 дней после операции, в среднем 195), показали сравнимые изменения — активированные фибробласты и макрофаги без признаков воспалительной реакции [52]. Тем не менее, сравнение 52 случаев ревизии ФП после имплантаций PRESERFLO™ и XEN, несмотря на сравнимую гипотензивную эффективность, показало большую частоту удачных исходов ревизии XEN спустя 6 месяцев [53].

Использование

Микрошунт PRESERFLO™ поставляется в наборе, в который, помимо самого дренажа, входят 3-мм маркер для склеры, одноразовый копьевидный нож шириной 1 мм, игла 0,51 мм×16 мм, тонкостенная изогнутая канюля для передней камеры 23G×8 мм и маркерная ручка (рис. 2).

Имплантация PRESERFLO™, происходит путем традиционного доступа через лимбальный разрез конъюнктивы, широко применяемого в хирургии глаукомы. Рекомендовано по возможности использовать доступы на 11 или 13 часах; выбор анестезии и наложение фиксирующего роговичного шва реализуются в зависимости от предпочтений хирурга. После создания разреза и отсепаровки конъюнктивы от склеры следует создать широкий глубокий «карман» (около 90°...120° и глубиной

от 8 мм) в направлении свода. После диатермокоагуляции выполняют аппликацию MMC на спонжах в течение 2–3 минут с последующим промыванием сбалансированным солевым раствором.

Следом с помощью маркера с генциан-фиолетовым красителем на склере наносят метку, при этом один край маркера желателно помещать в лимбосклеральной транзитной зоне, чтобы другой край и метка оказались в 3 мм от заднего лимба (рис. 3–1). В склере создается тоннель длиной 2 мм с помощью ножа (рис. 3–2), в который затем вводят иглу 25G и формируют канал под лимбом, выходящий в переднюю камеру (рис. 3–3). Иглу сперва вводят параллельно склере; по достижении лимба её наклоняют к глазу для входа в переднюю камеру через трабекулярную сеть (рис. 4). Через канал вводят дренаж скошенным вверх концом до фиксации «плавников» в склеральном кармане и выхода проксимального конца в переднюю камеру (рис. 3–4). Дистальный конец дренажа при этом должен располагаться под теноновой капсулой параллельно склере.

После этих манипуляций корректная имплантация подтверждается визуализацией тока камерной влаги через дистальный конец устройства. Если этого не происходит, можно надавить на глаз, заполнить переднюю камеру сбалансированным солевым раствором либо промыть дренаж канюлей 23G. После этого ушивают тенонову капсулу и конъюнктиву; опционально можно выполнить интраоперационную гониоскопию и тест Зейделя.

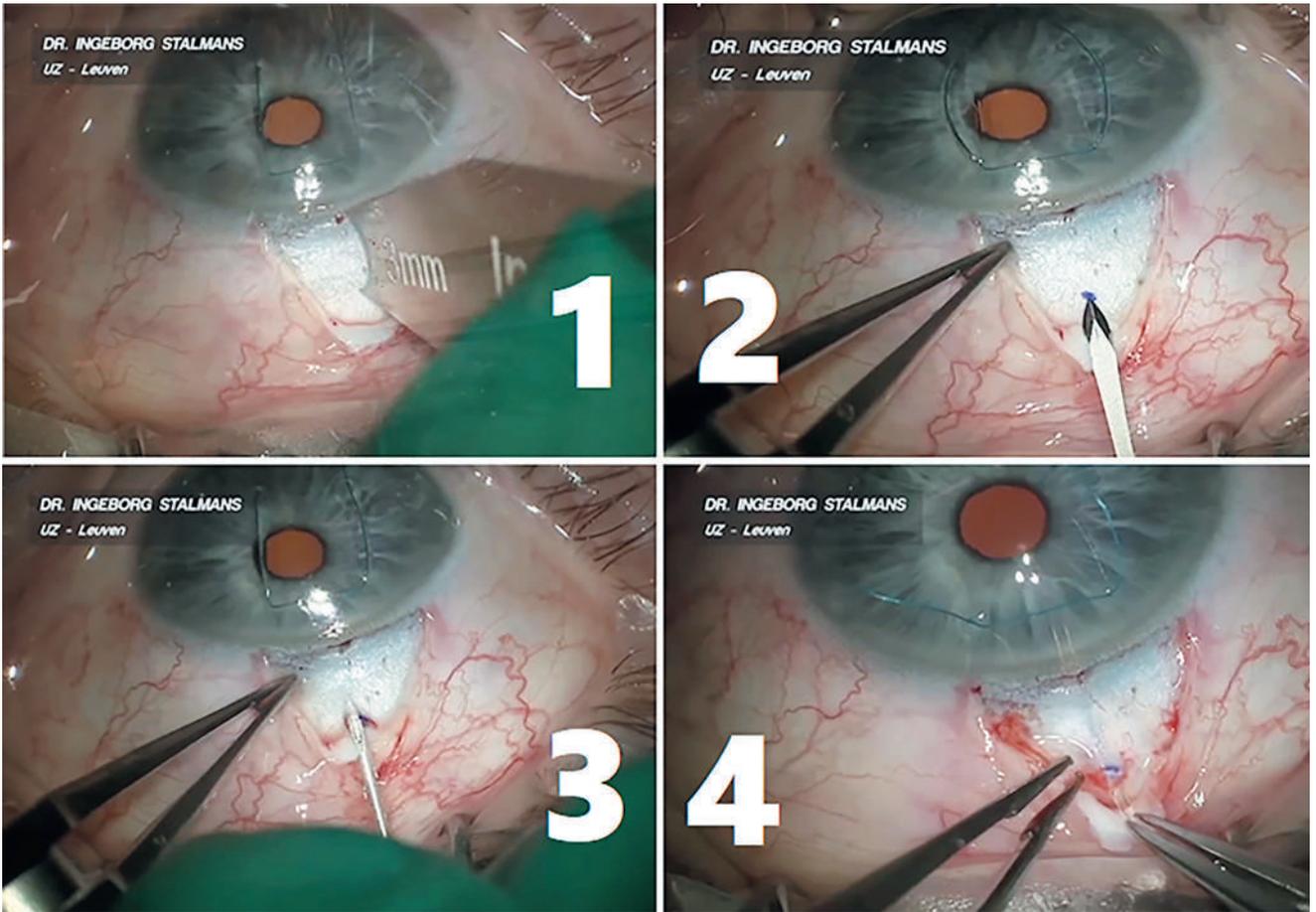


Рис. 3. Имплантация микрошунта PRESERFLO™. Изображения предоставлены проф. Ingeborg Stalmans из University Hospitals UZ Leuven, Бельгия. 1 — разметка склеры от заднего лимба, 2 — вкол ножа для формирования склерального кармана, 3 — введение иглы в переднюю камеру через сформированный тоннель, 4 — имплантация дренажа.

Fig. 3. Implantation of PRESERFLO™ microshunt. Images provided by Ingeborg Stalmans from University Hospitals UZ Leuven, Belgium. 1 — marking the sclera from the posterior limbus, 2 — injecting the knife to form a scleral pocket, 3 — inserting the needle into the anterior chamber through the formed tunnel, 4 — implanting the drainage.

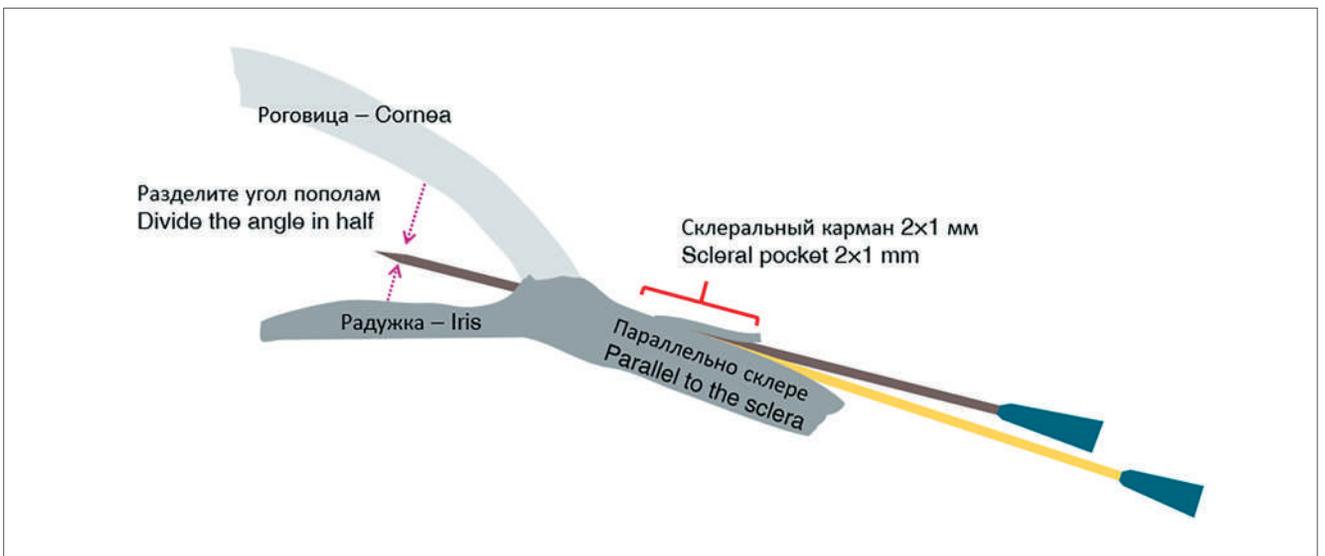


Рис. 4. Формирование канала в переднюю камеру.

Fig. 4. Creating a canal to the anterior chamber.

Таким образом, техника имплантации PRESERFLO™ схожа с таковой при традиционных антиглаукомных операциях. Тем не менее, к настоящему моменту уже опубликован ряд модификаций вмешательства. Так, сравнение игл 25G и 27G для создания склерального тоннеля, включившее 60 глаз, показало большую частоту удачных исходов при использовании иглы 25G (67,9% и 35,7%, соответственно, спустя 1 год), однако, в этой группе также чаще наблюдалась цилиохориоидальная отслойка (21% и 2%, соответственно) [54]. Описан способ создания склерального тоннеля непосредственно иглой 25G без склерального ножа — по достижении иглой в склере зоны лимба авторы предлагают надавить ею на глаз, выводя затем кончик иглы в переднюю камеру. Этот способ был создан, чтобы избежать затруднений при попадании кончиком иглы в окончание склерального кармана, что при неудаче может приводить к остаточным «ложным» тоннелям [55].

Различные авторы описывают способ предотвращения гипотонии путем размещения удаляемой нейлоновой нити в просвете дренажа [56–58], в том числе у пациентов с миопией высокой степени [59].

Как при большинстве фильтрующих вмешательств, степень местной воспалительной реакции (плотность сосудов фильтрационной подушки, фотометрия влаги передней камеры) являются предикторами рубцевания [60, 61].

Литература

1. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health* 2021; 9(2):e144-e160. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30489-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30489-7).
2. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., Quigley H.A., Aung T., Cheng C.Y. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>.
3. Нероев В.В., Михайлова Л.А., Малишевская Т.Н., Петров С.Ю., Филиппова О.М. Эпидемиология глаукомы в Российской Федерации. *Российский офтальмологический журнал* 2024; 17(3):7-12. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-7-12>.
4. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей, 4-е издание, исправленное и дополненное. Под ред. Егорова Е.А., Еричева В.П. Москва: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
5. European Glaucoma Society. Terminology and guidelines for glaucoma. Savona: PubliComm; 2020. 169 p.
6. Cairns J.E. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4):673-679.
7. Федоров С.Н., Козлов В.И., Тимошкина Н.Т., Шарова А.Б., Ерескин Н.Н., Козлова Е.Е. Непроницающая глубокая склерэктомия при открытоугольной глаукоме. *Офтальмохирургия* 1989; (3-4):52-55.
8. Agrawal P., Bradshaw S.E. Systematic Literature Review of Clinical and Economic Outcomes of Micro-Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) in Primary Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmol Ther* 2018; 7(1): 49-73. <https://doi.org/10.1007/s40123-018-0131-0>.

Описаны удачное сочетание имплантации PRESERFLO™ и коллагенового дренажа Ologen [62] и покрытие трубки дренажа склерой в условиях тонкой теноновой капсулы [63]. Интраоперационная оптическая когерентная томография способствует корректной имплантации устройства [64].

Заключение

Микрошунт PRESERFLO™ является эффективным и безопасным микроинвазивным устройством для лечения глаукомы. В исследованиях эффективности дренажа срок наблюдения составляет до 5 лет, в течение которых дренаж сохраняет свою эффективность у большинства пациентов.

Сравнительные исследования PRESERFLO™ в основном посвящены сравнению с требкулэктомией и микрошунтом XEN. Большинство этих работ демонстрируют сравнимую либо лучшую эффективность PRESERFLO™ и, при сравнении с традиционной фистулизирующей хирургией, лучший профиль безопасности.

Имплантация дренажа PRESERFLO™, таким образом, является современным способом лечения глаукомы, сочетающим преимущества минимально травматичных микроинвазивных операций и эффективность традиционной проникающей антиглаукомной хирургии.

References

1. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health* 2021; 9(2):e144-e160. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30489-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30489-7).
2. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., Quigley H.A., Aung T., Cheng C.Y. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>.
3. Neroyev V.V., Mikhaylova L.A., Malishevskaya T.N., Petrov S.Yu., Filippova O.M. Glaucoma epidemiology in the Russian Federation. *Russian Ophthalmological Journal* 2024; 17(3):7-12. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-7-12>.
4. National glaucoma guidelines for practitioners. Ed. 4th, revised and enhanced. Egorov E.A., Eriчев V.P., editors. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p.
5. European Glaucoma Society. Terminology and guidelines for glaucoma. Savona: PubliComm; 2020. 169 p.
6. Cairns J.E. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4):673-679.
7. Fedorov S.N., Kozlov V.I., Timoshkina N.T., Sharova A.B., Ereskin N.N., Kozlova E.E. Non-penetrating deep sclerectomy in open-angle glaucoma. *Ophthalmosurgery* 1989; (3-4):52-55.
8. Agrawal P., Bradshaw S.E. Systematic Literature Review of Clinical and Economic Outcomes of Micro-Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) in Primary Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmol Ther* 2018; 7(1): 49-73. <https://doi.org/10.1007/s40123-018-0131-0>.

9. Silber S., Colombo A., Banning A.P., Hauptmann K., et al. Final 5-year results of the TAXUS II trial: a randomized study to assess the effectiveness of slow- and moderate-release polymer-based paclitaxel-eluting stents for de novo coronary artery lesions. *Circulation* 2009; 120(15):1498-1504. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.849877>.
10. Strickler F., Richard R., McFadden S., Lindquist J., et al. In vivo and in vitro characterization of poly(styrene-b-isobutylene-b-styrene) copolymer stent coatings for biostability, vascular compatibility and mechanical integrity. *J Biomed Mater Res A* 2010; 92(2):773-782. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.32418>.
11. Kling J. The Lucrative Elution: Boston Scientific's blockbuster medical device – and the novel way it was developed: MIT Technology Review; 2005. Available from: <https://www.technologyreview.com/2005/10/01/101134/the-lucrative-elution/>.
12. Pinchuk L., Riss I., Batlle J.F., Kato Y.P., et al. The development of a micro-shunt made from poly(styrene-block-isobutylene-block-styrene) to treat glaucoma. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2017; 105(1):211-221. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33525>.
13. Acosta A.C., Espana E.M., Yamamoto H., Davis S., et al. A newly designed glaucoma drainage implant made of poly(styrene-b-isobutylene-b-styrene): biocompatibility and function in normal rabbit eyes. *Arch Ophthalmol* 2006; 124(12):1742-1749. <https://doi.org/10.1001/archoph.124.12.1742>.
14. Parel, J.M., Stoiber, J., Fernandez, V. Optical properties and biocompatibility of a novel polymer for intraocular implants: comparative study in the rabbit. (abstract). *Ophthalmic Technologies XIV*; 24–25 January 2004; San Jose 2004.
15. Arrieta E.A., Aly M., Parrish R., Dubovy S., et al. Clinicopathologic correlations of poly-(styrene-b-isobutylene-b-styrene) glaucoma drainage devices of different internal diameters in rabbits. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2011; 42(4):338-345. <https://doi.org/10.3928/15428877-20110603-01>.
16. Петров С.Ю., Волжанин А.В. Микрошунт XEN-45 для лечения глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2018; 134(5):244-249. <https://doi.org/10.17116/ofalma2018134051244>.
17. Riss I., Batlle J., Pinchuk L., Kato Y.P., Weber B.A., Parel J.M. [One-year results on the safety and efficacy of the InnFocus MicroShunt depending on placement and concentration of mitomycin C]. *J Fr Ophthalmol* 2015; 38(9):855-860. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2015.05.005>.
18. Pinchuk L., Riss I., Batlle J.F., Kato Y.P., et al. The use of poly(styrene-block-isobutylene-block-styrene) as a microshunt to treat glaucoma. *Regen Biomater* 2016; 3(2):137-142. <https://doi.org/10.1093/rb/rbw005>.
19. Batlle J.F., Fantes F., Riss I., Pinchuk L., et al. Three-Year Follow-up of a Novel Aqueous Humor MicroShunt. *J Glaucoma* 2016; 25(2):e58-65. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000368>.
20. Batlle J.F., Corona A., Albuquerque R. Long-term Results of the PRESERFLO MicroShunt in Patients With Primary Open-angle Glaucoma From a Single-center Nonrandomized Study. *J Glaucoma* 2021; 30(3):281-286. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001734>.
21. Schlenker M.B., Durr G.M., Michaelov E., Ahmed I.I.K. Intermediate Outcomes of a Novel Standalone Ab Externo SIBS Microshunt With Mitomycin C. *Am J Ophthalmol* 2020; 215:141-153. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.02.020>.
22. Beckers H.J.M., Aptel F., Webers C.A.B., Bluwol E., et al. Safety and Effectiveness of the PRESERFLO(R) MicroShunt in Primary Open-Angle Glaucoma: Results from a 2-Year Multicenter Study. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(2):195-209. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2021.07.008>.
23. Pietris J., Casson R. One-Year Outcomes of Preserflo Microshunt for Primary Open Angle Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Glaucoma* 2024; 33(7):e27-e34. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002419>.
24. Першин К.Б., Пашнинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Корнеева Е.А., Соловьева Г.М. Предварительные результаты имплантации микрошунта PreserFlo® у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома* 2025; 24(1):24-31. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2025-24-1-24-31>.
9. Silber S., Colombo A., Banning A.P., Hauptmann K., et al. Final 5-year results of the TAXUS II trial: a randomized study to assess the effectiveness of slow- and moderate-release polymer-based paclitaxel-eluting stents for de novo coronary artery lesions. *Circulation* 2009; 120(15):1498-1504. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.849877>.
10. Strickler F., Richard R., McFadden S., Lindquist J., et al. In vivo and in vitro characterization of poly(styrene-b-isobutylene-b-styrene) copolymer stent coatings for biostability, vascular compatibility and mechanical integrity. *J Biomed Mater Res A* 2010; 92(2):773-782. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.32418>.
11. Kling J. The Lucrative Elution: Boston Scientific's blockbuster medical device – and the novel way it was developed: MIT Technology Review; 2005. Available from: <https://www.technologyreview.com/2005/10/01/101134/the-lucrative-elution/>.
12. Pinchuk L., Riss I., Batlle J.F., Kato Y.P., et al. The development of a micro-shunt made from poly(styrene-block-isobutylene-block-styrene) to treat glaucoma. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2017; 105(1):211-221. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33525>.
13. Acosta A.C., Espana E.M., Yamamoto H., Davis S., et al. A newly designed glaucoma drainage implant made of poly(styrene-b-isobutylene-b-styrene): biocompatibility and function in normal rabbit eyes. *Arch Ophthalmol* 2006; 124(12):1742-1749. <https://doi.org/10.1001/archoph.124.12.1742>.
14. Parel, J.M., Stoiber, J., Fernandez, V. Optical properties and biocompatibility of a novel polymer for intraocular implants: comparative study in the rabbit. (abstract). *Ophthalmic Technologies XIV*; 24–25 January 2004; San Jose 2004.
15. Arrieta E.A., Aly M., Parrish R., Dubovy S., et al. Clinicopathologic correlations of poly-(styrene-b-isobutylene-b-styrene) glaucoma drainage devices of different internal diameters in rabbits. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2011; 42(4):338-345. <https://doi.org/10.3928/15428877-20110603-01>.
16. Petrov Slu, Volzhanin AV. XEN-45 Gel Stent implant in glaucoma treatment. *Russian Annals of Ophthalmology* 2018;134(5):244-249. <https://doi.org/10.17116/ofalma2018134051244>.
17. Riss I., Batlle J., Pinchuk L., Kato Y.P., Weber B.A., Parel J.M. [One-year results on the safety and efficacy of the InnFocus MicroShunt depending on placement and concentration of mitomycin C]. *J Fr Ophthalmol* 2015; 38(9):855-860. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2015.05.005>.
18. Pinchuk L., Riss I., Batlle J.F., Kato Y.P., et al. The use of poly(styrene-block-isobutylene-block-styrene) as a microshunt to treat glaucoma. *Regen Biomater* 2016; 3(2):137-142. <https://doi.org/10.1093/rb/rbw005>.
19. Batlle J.F., Fantes F., Riss I., Pinchuk L., et al. Three-Year Follow-up of a Novel Aqueous Humor MicroShunt. *J Glaucoma* 2016; 25(2):e58-65. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000368>.
20. Batlle J.F., Corona A., Albuquerque R. Long-term Results of the PRESERFLO MicroShunt in Patients With Primary Open-angle Glaucoma From a Single-center Nonrandomized Study. *J Glaucoma* 2021; 30(3):281-286. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001734>.
21. Schlenker M.B., Durr G.M., Michaelov E., Ahmed I.I.K. Intermediate Outcomes of a Novel Standalone Ab Externo SIBS Microshunt With Mitomycin C. *Am J Ophthalmol* 2020; 215:141-153. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.02.020>.
22. Beckers H.J.M., Aptel F., Webers C.A.B., Bluwol E., et al. Safety and Effectiveness of the PRESERFLO(R) MicroShunt in Primary Open-Angle Glaucoma: Results from a 2-Year Multicenter Study. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(2):195-209. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2021.07.008>.
23. Pietris J., Casson R. One-Year Outcomes of Preserflo Microshunt for Primary Open Angle Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Glaucoma* 2024; 33(7):e27-e34. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002419>.
24. Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Ju., Korneeva E.A., Solovyeva G.M. Preliminary results of PreserFlo® microshunt implantation in patients with primary open-angle glaucoma. *Natsionalnyi zhurnal glaukoma* 2025; 24(1):24-31. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2025-24-1-24-31>.

25. Martínez-de-la-Casa J.M., Saenz-Francés F., Morales-Fernandez L., Perucho L., et al. Clinical outcomes of combined Preserflo Microshunt implantation and cataract surgery in open-angle glaucoma patients. *Sci Rep* 2021; 11(1):15600. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95217-x>.
26. Fili S., Kontopoulou K., Vastardis I., Perdikakis G., Bechrakis N., Kohlhaas M. PreserFlo MicroShunt Combined with Phacoemulsification versus PreserFlo MicroShunt as a Standalone Procedure in Patients with Medically Resistant Open-Angle Glaucoma. *J Curr Ophthalmol* 2022; 34(2):180-186. https://doi.org/10.4103/joco.joco_298_21.
27. Fea A.M., Laffi G.L., Martini E., Economou M.A., et al. Effectiveness of MicroShunt in Patients with Primary Open-Angle and Pseudoexfoliative Glaucoma: A Retrospective European Multicenter Study. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(2):210-218. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2021.08.005>.
28. Grobshäuser E., Cunha Vaz Martinho A., Gatziofias Z., Hasler P., Maloca P., Gugleta K. Investigation of Endothelial Cell Density after PreserFlo Implantation Compared to Contralateral Eyes without PreserFlo Implantation — A Retrospective Analysis. *Klin Monbl Augenheilkd* 2025. <https://doi.org/10.1055/a-2495-8580>.
29. Gassel C.J., Wenzel D.A., Nasyrov E., Strasser T., Voykov B. Intermediate-term impact on corneal endothelial cells and efficacy of Preserflo MicroShunt implantation in patients with open-angle glaucoma — a prospective study over two years. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(11):3661-3670. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06508-8>.
30. Anton Steindor F., Trigaux C., Holtmann C., Spaniol K., Geerling G., Borrelli M. Preserflo MicroShunt: Efficacy and Endothelial Cell Density. *J Glaucoma* 2023; 32(12):1018-1021. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002325>.
31. Bourauel L., Petrak M., Holz F.G., Mercieca K., Weber C. Short-Term Safety and Efficacy of PreserFlo Microshunt in Patients with Refractory Intraocular Pressure Elevation After Dexamethasone Implant Intra-vitreal Injection. *J Clin Med* 2025; 14(2). <https://doi.org/10.3390/jcm14020507>.
32. Rezkallah A., Loria O., Mathis T., Chacun S., Denis P., Kodjikian L. PreserFlo Microshunt Surgery for Ocular Hypertension following Intravitreal Fluocinolone Acetonide Implant Removal: A Case Report. *Case Rep Ophthalmol* 2022; 13(3):1024-1029. <https://doi.org/10.1159/000527672>.
33. Nasyrov E., Seppelricke C., Doycheva D., Gassel C.J., Merle D.A., Voykov B. Preserflo MicroShunt Implantation for Glaucoma Secondary to Viral and Juvenile Idiopathic Arthritis-Related Anterior Uveitis. *Ocul Immunol Inflamm* 2024:1-8. <https://doi.org/10.1080/09273948.2024.2436101>.
34. Triolo G., Wang J., Aguilar-Munoa S., Jayaram H., Barton K. Preserflo microshunt implant for the treatment of refractory uveitic glaucoma: 36-month outcomes. *Eye (Lond)* 2023; 37(12):2535-2541. <https://doi.org/10.1038/s41433-022-02368-w>.
35. Ruparella S., Darwich R., Eadie B.D. PreserFlo Microshunt for the management of intraocular pressure elevation in iridocorneal endothelial syndrome. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2023; 32:101932. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2023.101932>.
36. Martínez-de-la-Casa J.M., Saenz-Francés F., Morales Fernandez L., Garcia-Feijoo J. Posterior chamber implantation of a Preserflo Microshunt in a patient with a compromised endothelium. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)* 2022; 97(3):161-164. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2022.02.002>.
37. Dervos T., Gugleta K., Scholl H.P.N., Gatziofias Z., Enz T.J. Single versus Double PreserFlo MicroShunt Implantation in Glaucoma Patients: A Retrospective Cohort Study. *Ophthalmic Res* 2023; 66(1):1362-1375. <https://doi.org/10.1159/000535276>.
38. Majtanova N., Takacova A., Kurilova V., Hejsek L., Majtan J., Kolar P. One-Year Comparison of Efficacy and Safety of PreserFlo MicroShunt with Mitomycin C Applied by Sub-Tenon Injection Versus Sponge. *Ophthalmol Ther* 2025; 14(1):153-167. <https://doi.org/10.1007/s40123-024-01074-y>.
39. Strzalkowska A., Strzalkowski P., Hoffmann E.M., Pfeiffer N., Schuster A.K. Outcomes of Open Bleb Revision After PreserFlo MicroShunt Failure in Patients With Glaucoma. *J Glaucoma* 2023; 32(8):681-685. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002246>.
25. Martínez-de-la-Casa J.M., Saenz-Francés F., Morales-Fernandez L., Perucho L., et al. Clinical outcomes of combined Preserflo Microshunt implantation and cataract surgery in open-angle glaucoma patients. *Sci Rep* 2021; 11(1):15600. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95217-x>.
26. Fili S., Kontopoulou K., Vastardis I., Perdikakis G., Bechrakis N., Kohlhaas M. PreserFlo MicroShunt Combined with Phacoemulsification versus PreserFlo MicroShunt as a Standalone Procedure in Patients with Medically Resistant Open-Angle Glaucoma. *J Curr Ophthalmol* 2022; 34(2):180-186. https://doi.org/10.4103/joco.joco_298_21.
27. Fea A.M., Laffi G.L., Martini E., Economou M.A., et al. Effectiveness of MicroShunt in Patients with Primary Open-Angle and Pseudoexfoliative Glaucoma: A Retrospective European Multicenter Study. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(2):210-218. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2021.08.005>.
28. Grobshäuser E., Cunha Vaz Martinho A., Gatziofias Z., Hasler P., Maloca P., Gugleta K. Investigation of Endothelial Cell Density after PreserFlo Implantation Compared to Contralateral Eyes without PreserFlo Implantation — A Retrospective Analysis. *Klin Monbl Augenheilkd* 2025. <https://doi.org/10.1055/a-2495-8580>.
29. Gassel C.J., Wenzel D.A., Nasyrov E., Strasser T., Voykov B. Intermediate-term impact on corneal endothelial cells and efficacy of Preserflo MicroShunt implantation in patients with open-angle glaucoma — a prospective study over two years. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(11):3661-3670. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06508-8>.
30. Anton Steindor F., Trigaux C., Holtmann C., Spaniol K., Geerling G., Borrelli M. Preserflo MicroShunt: Efficacy and Endothelial Cell Density. *J Glaucoma* 2023; 32(12):1018-1021. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002325>.
31. Bourauel L., Petrak M., Holz F.G., Mercieca K., Weber C. Short-Term Safety and Efficacy of PreserFlo Microshunt in Patients with Refractory Intraocular Pressure Elevation After Dexamethasone Implant Intra-vitreal Injection. *J Clin Med* 2025; 14(2). <https://doi.org/10.3390/jcm14020507>.
32. Rezkallah A., Loria O., Mathis T., Chacun S., Denis P., Kodjikian L. PreserFlo Microshunt Surgery for Ocular Hypertension following Intravitreal Fluocinolone Acetonide Implant Removal: A Case Report. *Case Rep Ophthalmol* 2022; 13(3):1024-1029. <https://doi.org/10.1159/000527672>.
33. Nasyrov E., Seppelricke C., Doycheva D., Gassel C.J., Merle D.A., Voykov B. Preserflo MicroShunt Implantation for Glaucoma Secondary to Viral and Juvenile Idiopathic Arthritis-Related Anterior Uveitis. *Ocul Immunol Inflamm* 2024:1-8. <https://doi.org/10.1080/09273948.2024.2436101>.
34. Triolo G., Wang J., Aguilar-Munoa S., Jayaram H., Barton K. Preserflo microshunt implant for the treatment of refractory uveitic glaucoma: 36-month outcomes. *Eye (Lond)* 2023; 37(12):2535-2541. <https://doi.org/10.1038/s41433-022-02368-w>.
35. Ruparella S., Darwich R., Eadie B.D. PreserFlo Microshunt for the management of intraocular pressure elevation in iridocorneal endothelial syndrome. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2023; 32:101932. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2023.101932>.
36. Martínez-de-la-Casa J.M., Saenz-Francés F., Morales Fernandez L., Garcia-Feijoo J. Posterior chamber implantation of a Preserflo Microshunt in a patient with a compromised endothelium. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)* 2022; 97(3):161-164. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2022.02.002>.
37. Dervos T., Gugleta K., Scholl H.P.N., Gatziofias Z., Enz T.J. Single versus Double PreserFlo MicroShunt Implantation in Glaucoma Patients: A Retrospective Cohort Study. *Ophthalmic Res* 2023; 66(1):1362-1375. <https://doi.org/10.1159/000535276>.
38. Majtanova N., Takacova A., Kurilova V., Hejsek L., Majtan J., Kolar P. One-Year Comparison of Efficacy and Safety of PreserFlo MicroShunt with Mitomycin C Applied by Sub-Tenon Injection Versus Sponge. *Ophthalmol Ther* 2025; 14(1):153-167. <https://doi.org/10.1007/s40123-024-01074-y>.
39. Strzalkowska A., Strzalkowski P., Hoffmann E.M., Pfeiffer N., Schuster A.K. Outcomes of Open Bleb Revision After PreserFlo MicroShunt Failure in Patients With Glaucoma. *J Glaucoma* 2023; 32(8):681-685. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002246>.

40. Governatori L., Oliverio L., Mermoud A., Scampoli A., et al. PreserFlo MicroShunt versus trabeculectomy: an updated meta-analysis and systematic review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06649-w>.
41. Khan A., Khan A.U. Comparing the safety and efficacy of Preserflo Microshunt implantation and trabeculectomy for glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol* 2024; 102(4): e443-e451. <https://doi.org/10.1111/aos.16658>.
42. Nakakura S., Oogi S., Terao E., Nagata Y., et al. Changes in Ocular Biometry Following PreserFlo MicroShunt Implantation and Trabeculectomy: A Prospective Observational Study. *Cureus* 2024; 16(3): e56188. <https://doi.org/10.7759/cureus.56188>.
43. Qidwai U., Jones L., Ratnarajan G. A comparison of iStent combined with phacoemulsification and endocyclophotocoagulation (ICE2) with the PreserFlo MicroShunt and XEN-45 implants. *Ther Adv Ophthalmol* 2022; 14:25158414221125697. <https://doi.org/10.1177/25158414221125697>.
44. Marolo P., Reibaldi M., Fallico M., Maugeri A., et al. Reintervention rate in glaucoma filtering surgery: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Ophthalmol* 2022; 32(5):2515-2531. <https://doi.org/10.1177/11206721221093828>.
45. Scheres L.M.J., Kujovic-Aleksov S., Ramdas W.D., de Crom R., et al. XEN(R) Gel Stent compared to PRESERFLO MicroShunt implantation for primary open-angle glaucoma: two-year results. *Acta Ophthalmol* 2021; 99(3):e433-e440. <https://doi.org/10.1111/aos.14602>.
46. Wagner F.M., Schuster A.K., Munder A., Muehl M., et al. Comparison of subconjunctival microinvasive glaucoma surgery and trabeculectomy. *Acta Ophthalmol* 2022; 100(5):e1120-e1126. <https://doi.org/10.1111/aos.15042>.
47. Nobl M., Freissinger S., Rudolph K., Vounotrypidis E., et al. Long-term Outcomes of PreserFlo MicroShunt versus XEN45 Gel Stent in Open-Angle Glaucoma. *Klin Monbl Augenheilkd* 2024; 241(7):805-812. <https://doi.org/10.1055/a-2152-8455>.
48. Lüke J.N., Dietlein T.S., Widder R.A., Roessler G.F., et al. Matched case-control comparison of surgical success after XEN45 Gel Stent and PRESERFLO MicroShunt implantation in a Caucasian population. *Clin Exp Ophthalmol* 2024; 52(7):732-739. <https://doi.org/10.1111/ceo.14407>.
49. María Martínez-de-la-Casa J.M., Pascual-Santiago A., Morales-Fernandez L., Saez-Frances F., et al. Xen 63 versus Preserflo MicroShunt implant in patients with primary open-angle glaucoma. *Sci Rep* 2025; 15(1):1634. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81616-3>.
50. Gambini G., Carla M.M., Giannuzzi F., Boselli F., et al. Anterior Segment-Optical Coherence Tomography Bleb Morphology Comparison in Minimally Invasive Glaucoma Surgery: XEN Gel Stent vs. PreserFlo MicroShunt. *Diagnostics (Basel)* 2022; 12(5). <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051250>.
51. Hasan S.M., Theilig T., Papadimitriou M., Meller D. A Comparative Analysis of Morphology and Dimensions of Functional Blebs following PRESERFLO-Microshunt and XEN-Gel-Stent, a Study Using Anterior Segment OCT. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13(14). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13142318>.
52. Neubauer J., Suesskind D., Gassel C.J., Nasyrov E., Voykov B. Histopathological findings of failed blebs after microinvasive bleb surgery with the XEN Gel Stent and Preserflo MicroShunt. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(9):2977-2984. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06479-w>.
53. Theilig T., Papadimitriou M., Albaba G., Meller D., Hasan S.M. Results of open bleb revision as management of primary bleb failure following XEN 45 gel stent and Preserflo Microshunt. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; 261(11):3249-3255. <https://doi.org/10.1007/s00417-023-06152-8>.
54. Steiner S., Resch H., Kiss B., Vass C. PRESERFLO Microshunt: 1-Year Results of a 25-Gauge vs. 27-Gauge Needle Tract. *J Clin Med* 2024; 13(7). <https://doi.org/10.3390/jcm13071979>.
55. Fea A.M., Ghilardi A., Bovone D., Reibaldi M., Rossi A., Craven E.R. A New and Easier Approach to Preserflo MicroShunt Implantation. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1281-1288. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S307835>.
40. Governatori L., Oliverio L., Mermoud A., Scampoli A., et al. PreserFlo MicroShunt versus trabeculectomy: an updated meta-analysis and systematic review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06649-w>.
41. Khan A., Khan A.U. Comparing the safety and efficacy of Preserflo Microshunt implantation and trabeculectomy for glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol* 2024; 102(4): e443-e451. <https://doi.org/10.1111/aos.16658>.
42. Nakakura S., Oogi S., Terao E., Nagata Y., et al. Changes in Ocular Biometry Following PreserFlo MicroShunt Implantation and Trabeculectomy: A Prospective Observational Study. *Cureus* 2024; 16(3): e56188. <https://doi.org/10.7759/cureus.56188>.
43. Qidwai U., Jones L., Ratnarajan G. A comparison of iStent combined with phacoemulsification and endocyclophotocoagulation (ICE2) with the PreserFlo MicroShunt and XEN-45 implants. *Ther Adv Ophthalmol* 2022; 14:25158414221125697. <https://doi.org/10.1177/25158414221125697>.
44. Marolo P., Reibaldi M., Fallico M., Maugeri A., et al. Reintervention rate in glaucoma filtering surgery: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Ophthalmol* 2022; 32(5):2515-2531. <https://doi.org/10.1177/11206721221093828>.
45. Scheres L.M.J., Kujovic-Aleksov S., Ramdas W.D., de Crom R., et al. XEN(R) Gel Stent compared to PRESERFLO MicroShunt implantation for primary open-angle glaucoma: two-year results. *Acta Ophthalmol* 2021; 99(3):e433-e440. <https://doi.org/10.1111/aos.14602>.
46. Wagner F.M., Schuster A.K., Munder A., Muehl M., et al. Comparison of subconjunctival microinvasive glaucoma surgery and trabeculectomy. *Acta Ophthalmol* 2022; 100(5):e1120-e1126. <https://doi.org/10.1111/aos.15042>.
47. Nobl M., Freissinger S., Rudolph K., Vounotrypidis E., et al. Long-term Outcomes of PreserFlo MicroShunt versus XEN45 Gel Stent in Open-Angle Glaucoma. *Klin Monbl Augenheilkd* 2024; 241(7):805-812. <https://doi.org/10.1055/a-2152-8455>.
48. Lüke J.N., Dietlein T.S., Widder R.A., Roessler G.F., et al. Matched case-control comparison of surgical success after XEN45 Gel Stent and PRESERFLO MicroShunt implantation in a Caucasian population. *Clin Exp Ophthalmol* 2024; 52(7):732-739. <https://doi.org/10.1111/ceo.14407>.
49. María Martínez-de-la-Casa J.M., Pascual-Santiago A., Morales-Fernandez L., Saez-Frances F., et al. Xen 63 versus Preserflo MicroShunt implant in patients with primary open-angle glaucoma. *Sci Rep* 2025; 15(1):1634. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81616-3>.
50. Gambini G., Carla M.M., Giannuzzi F., Boselli F., et al. Anterior Segment-Optical Coherence Tomography Bleb Morphology Comparison in Minimally Invasive Glaucoma Surgery: XEN Gel Stent vs. PreserFlo MicroShunt. *Diagnostics (Basel)* 2022; 12(5). <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051250>.
51. Hasan S.M., Theilig T., Papadimitriou M., Meller D. A Comparative Analysis of Morphology and Dimensions of Functional Blebs following PRESERFLO-Microshunt and XEN-Gel-Stent, a Study Using Anterior Segment OCT. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13(14). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13142318>.
52. Neubauer J., Suesskind D., Gassel C.J., Nasyrov E., Voykov B. Histopathological findings of failed blebs after microinvasive bleb surgery with the XEN Gel Stent and Preserflo MicroShunt. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(9):2977-2984. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06479-w>.
53. Theilig T., Papadimitriou M., Albaba G., Meller D., Hasan S.M. Results of open bleb revision as management of primary bleb failure following XEN 45 gel stent and Preserflo Microshunt. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; 261(11):3249-3255. <https://doi.org/10.1007/s00417-023-06152-8>.
54. Steiner S., Resch H., Kiss B., Vass C. PRESERFLO Microshunt: 1-Year Results of a 25-Gauge vs. 27-Gauge Needle Tract. *J Clin Med* 2024; 13(7). <https://doi.org/10.3390/jcm13071979>.
55. Fea A.M., Ghilardi A., Bovone D., Reibaldi M., Rossi A., Craven E.R. A New and Easier Approach to Preserflo MicroShunt Implantation. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1281-1288. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S307835>.

56. Miura Y., Fukuda K., Yamashiro K. Comparison of outcomes with and without intrastent placement during PMS surgery. *Sci Rep* 2025; 15(1):2981. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87259-2>.
57. Verma-Fuehring R., Dakroub M., Bamoussa A., Kann G., Hillenkamp J., Kampik D. The use of intraluminal PRESERFLO stenting in avoiding early postoperative hypotony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(12):3925-3932. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06567-x>.
58. Miura Y., Fukuda K., Yamashiro K. Ab Interno Intraluminal Stent Insertion for Prolonged Hypotony After PreserFlo MicroShunt Implantation. *Cureus* 2024; 16(5):e60221. <https://doi.org/10.7759/cureus.60221>.
59. Lupardi E., Laffi G.L., Moramarco A., Barboni P., Fontana L. Systematic Preserflo MicroShunt Intraluminal Stenting for Hypotony Prevention in Highly Myopic Patients: A Comparative Study. *J Clin Med* 2023; 12(4):1677. <https://doi.org/10.3390/jcm12041677>.
60. Schneider S., Kallab M., Murauer O., Reisinger A.S., et al. Bleb vessel density as a predictive factor for surgical revisions after Preserflo Microshunt implantation. *Acta Ophthalmol* 2024; 102(5):e797-e804. <https://doi.org/10.1111/aos.16642>.
61. Cagini C., Boni N., Bonifazi T., Fruttini D., Della Lena F. Efficacy and Safety of PreserFlo MicroShunt Implantation and Its Effects on Intraocular Inflammation through Laser Flare Photometry. *J Ophthalmol* 2024; 2024:2447721. <https://doi.org/10.1155/2024/2447721>.
62. Rojo-Arno M., Martínez-de-la-Casa J.M., Albis-Donado O., Yanez-Castro G., et al. Preserflo TM MicroShunt implantation combined with Ologen TM in primary and secondary glaucoma patients in a clinical setting. *Indian J Ophthalmol* 2024; 72(3):417-426. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_1502_23.
63. Nakakura S., Nagata Y., Fujisawa Y., Kiuchi Y. Scleral bridging technique for preventing PreserFlo microshunt exposure: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2024; 103(27):e38847. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038847>.
64. Morales-Fernández L., Pérez-García P., Martínez-de-la-Casa J.M., Sáenz-Francés F., et al. Intraoperative OCT to check the correct postimplant position of Preserflo(TM). *Eur J Ophthalmol* 2024; 11206721241272169. <https://doi.org/10.1177/11206721241272169>.
56. Miura Y., Fukuda K., Yamashiro K. Comparison of outcomes with and without intrastent placement during PMS surgery. *Sci Rep* 2025; 15(1):2981. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87259-2>.
57. Verma-Fuehring R., Dakroub M., Bamoussa A., Kann G., Hillenkamp J., Kampik D. The use of intraluminal PRESERFLO stenting in avoiding early postoperative hypotony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(12):3925-3932. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06567-x>.
58. Miura Y., Fukuda K., Yamashiro K. Ab Interno Intraluminal Stent Insertion for Prolonged Hypotony After PreserFlo MicroShunt Implantation. *Cureus* 2024; 16(5):e60221. <https://doi.org/10.7759/cureus.60221>.
59. Lupardi E., Laffi G.L., Moramarco A., Barboni P., Fontana L. Systematic Preserflo MicroShunt Intraluminal Stenting for Hypotony Prevention in Highly Myopic Patients: A Comparative Study. *J Clin Med* 2023; 12(4):1677. <https://doi.org/10.3390/jcm12041677>.
60. Schneider S., Kallab M., Murauer O., Reisinger A.S., et al. Bleb vessel density as a predictive factor for surgical revisions after Preserflo Microshunt implantation. *Acta Ophthalmol* 2024; 102(5):e797-e804. <https://doi.org/10.1111/aos.16642>.
61. Cagini C., Boni N., Bonifazi T., Fruttini D., Della Lena F. Efficacy and Safety of PreserFlo MicroShunt Implantation and Its Effects on Intraocular Inflammation through Laser Flare Photometry. *J Ophthalmol* 2024; 2024:2447721. <https://doi.org/10.1155/2024/2447721>.
62. Rojo-Arno M., Martínez-de-la-Casa J.M., Albis-Donado O., Yanez-Castro G., et al. Preserflo TM MicroShunt implantation combined with Ologen TM in primary and secondary glaucoma patients in a clinical setting. *Indian J Ophthalmol* 2024; 72(3):417-426. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_1502_23.
63. Nakakura S., Nagata Y., Fujisawa Y., Kiuchi Y. Scleral bridging technique for preventing PreserFlo microshunt exposure: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2024; 103(27):e38847. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038847>.
64. Morales-Fernández L., Pérez-García P., Martínez-de-la-Casa J.M., Sáenz-Francés F., et al. Intraoperative OCT to check the correct postimplant position of Preserflo(TM). *Eur J Ophthalmol* 2024; 11206721241272169. <https://doi.org/10.1177/11206721241272169>.