

Дренажи в хирургии глаукомы

ТЕРЕЩЕНКО А.В., д.м.н., директор филиала;

ТРИФАНЕНКОВА И.Г., к.м.н., заместитель директора по научной работе;

МОЛОТКОВА И.А., к.м.н., заведующая отделением хирургии глаукомы;

ЖУКОВ С.С., врач-офтальмолог.

Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, 248007, Российская Федерация, Калуга, ул. Святослава Федорова, д. 5.

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

Для цитирования: Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Молоткова И.А., Жуков С.С. Дренажи в хирургии глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2020; 19(2):88-96.

Резюме

Глаукома является одним из ведущих заболеваний, приводящих к инвалидности по зрению и слепоте. В настоящее время хирургическое вмешательство является наиболее эффективным способом нормализации уровня внутриглазного давления (ВГД) и сохранения зрительных функций при глаукоме. В зависимости от материала различают следующие виды дренажей: на основе коллагена; с металлической основой; с синтетической полимерной и биополимерной основами. В работе изложены основные характеристики перечисленных видов дренажей и приведены литературные данные по их применению в клинической офтальмологической практике. На основании анализа данных сделано заключение, что из-за несовершенства материалов вокруг дренажей формируется плотная соединительнотканная

капсула, облитерирующая вновь созданные пути оттока внутриглазной жидкости. Большой выбор дренажей, существующий в настоящее время, говорит об отсутствии материала, вокруг которого не формировалась бы рубцовая ткань. В настоящее время наиболее сбалансированными свойствами обладают синтетические дренажи из природных полимеров. Они сочетают в себе достоинства всех групп: большую стойкость по сравнению с природными полимерами, высокую биосовместимость, физиологический транспорт внутриглазной жидкости. Однако и они не соответствуют всем необходимым критериям, что обуславливает дальнейший научный поиск в этом направлении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, хирургическое лечение, дренажи.

ENGLISH

Drainage devices in glaucoma surgery

TERESHCHENKO A.V., Med.Sc.D., Director of Branch;

TRIFANENKOVA I.G., Ph.D., Deputy Director for Scientific Research;

MOLOTKOVA I.A., Ph.D., Head of the Department of Glaucoma Surgery;

ZHUKOV S. S., ophthalmologist.

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 5 Svyatoslav Fedorov st., Kaluga, Russian Federation, 248007.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Molotkova I.A., Zhukov S.S. Drainage devices in glaucoma surgery. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2020; 19(2):88-96.

Для контактов:

Трифаненкова Ирина Георгиевна, e-mail: nauka@eye-kaluga.com

Abstract

Glaucoma is one of the main diseases leading to visual impairment and blindness. At present, drainage device surgery is the most effective way to normalize the intraocular pressure and preserve visual functions. Depending on the material, the following types of drainage devices are distinguished: collagen-based; metal-based; synthetic polymer-based and biopolymer-based. This paper described the main characteristics of these types of drainage devices and provides data on their use in clinical ophthalmic practice. Data analysis led us to believe that due to the imperfection of the materials a dense connective tissue capsule forms

around the implant, obliterating the newly created outflow pathways of the intraocular fluid. A wide selection of drainage devices existing at present indicates the absence of material around which scar tissue would not form. At present synthetic drainage device from natural polymers shows optimal properties. They combine the advantages of all groups: greater resistance compared to natural polymers, high biocompatibility, physiological transport of intraocular fluid. However, they do not yet answer all the necessary criteria, requiring further scientific research in this direction.

KEYWORDS: glaucoma, surgical treatment, drainage device.

Глаукома — тяжелое заболевание, приводящее в случае непринятия своевременных и адекватных мер к инвалидности вследствие слепоты и слабости зрения. По статистике в последние годы число пациентов с глаукомой увеличивается, что требует усиления внимания в борьбе с данной патологией.

При большом разнообразии подходов к лечению глаукомы (медикаментозный, лазерный, хирургический) только хирургический считается наиболее эффективным способом нормализации уровня внутриглазного давления (ВГД) и сохранения зрительных функций [1].

Для большей эффективности антиглаукомных операций (АГО) используют их модификации и при определенных ситуациях с применением различных видов дренажей. По данным ряда авторов, применение дренажей дает более уверенную возможность сохранения компенсации ВГД до 75% [2].

В лечении рефрактерной и вторичных форм глаукомы большую эффективность показали дренажные системы. Они разработаны для снижения ВГД путем дренирования водянистой влаги из передней камеры в специальный резервуар. Такие имплантаты отличаются друг от друга тремя ключевыми характеристиками: наличием клапана или механизма, регулирующего ток водянистой влаги из глаза, поверхностью эписклеральной пластинки и используемыми материалами [2].

Основной проблемой хирургического лечения глаукомы является рубцовая блокада вновь созданных путей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ). В современной офтальмохирургии существует немало способов, направленных на предотвращение данного явления. Один из наиболее распространенных — использование дренажей, изготовленных из различных материалов и имеющих разное строение. Однако нередко из-за несовершенства материалов вокруг дренажей формируется плотная соединительнотканная капсула, облитерирующая вновь созданные пути оттока ВГЖ, что приводит к рецидивам повышения ВГД в отдаленном послеоперационном периоде [3-9]. Данное обстоятельство объясняет актуальность поиска новых материалов для создания более эффективных дренажей [10].

Все дренажи в зависимости от механизма снижения давления делят на группы [11]:

1) сетчатые — препятствуют срастанию поверхностного и глубокого лоскутов;

2) шунтирующие (шунты) — обеспечивают пассивный ток ВГЖ из передней камеры в субконъюнктивальное пространство;

3) клапанные — обеспечивают регулируемый ток ВГЖ за счет клапанного механизма;

4) стентирующие (стенды) — устройства, расширяющие естественные пути оттока ВГЖ.

В зависимости от реакции ткани различают два вида материалов: биоактивные и биоинертные. Биоактивные материалы вызывают относительно выраженную тканевую реакцию, биоинертные имеют относительно слабую тканевую реакцию. Полностью инертных материалов не существует. Выраженность тканевой реакции и ее морфологические особенности зависят от природы и химического состава материалов, из которых изготовлен дренаж, их токсичности для организма, физической формы (пластины, пленки, пористые материалы, тубы и т.д.), иммуногенности для тканей и биополимеров, области имплантации [12].

Таким образом, именно материал дренажа влияет на развивающуюся ответную воспалительно-репаративную реакцию окружающих тканей. Воспалительный процесс ведет к пролиферации фибробластов, которые продуцируют коллагеновые волокна и другие компоненты экстрацеллюлярного матрикса вокруг имплантата, вследствие чего формируется соединительнотканная капсула, изолирующая инородное тело — дренаж.

В зависимости от материала различают следующие виды дренажей:

– дренажи на основе коллагена [13]: аутодренажи из тканей пациента — лоскуты склеры, фрагменты роговицы, капсулы хрусталика, десцеметовой оболочки [14-16]; аллодренажи из тканей донора — аллотрансплантаты; ксенотрансплантаты [1, 17];

– дренажи с металлической основой: Ex-PRESS («Alcon», США), iStent («Glaukos», США), SOLX Gold Micro-shunt (GMS, США), Hydrus microstent («Ivantis», США);

– дренажи с синтетической полимерной основой: STARflo («iSTAR Medical SA», Бельгия), CyPass («Alcon», США);

– дренажи с биополимерной основой: iGen («Life Spring Biotech Company Limited», Тайвань), Aquesys micrjfstula implant («AqueSys, Inc.», США), HealaFlow («Anteis», Швейцария);

– дренажи лейкосапфировые (Россия).

Дренажи на основе коллагена

Наиболее распространенными отечественными дренажами являются дренажи из коллагена.

Коллаген — фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани организма (сухожилие, кость, хрящ, дерма и т.п.), обеспечивающий её прочность и эластичность [18]. По природе трансплантата выделяют: ауто трансплантат (собственные ткани организма), аллотрансплантат (донорский материал) и ксенотрансплантат (ткани животных). Так как коллаген является доступной основой, то все эти виды дренирования возможны.

В качестве аутодренажей используют фрагменты роговицы, капсулу хрусталика, десцеметову мембрану. Однако отмечено, что они быстро организуются и в области имплантации формируется рубцовая ткань, препятствующая достаточному току ВГЖ из передней камеры [19].

Доступным материалом для получения коллагена являются ткани животных, что привлекло внимание многих исследователей и привело к созданию ксенодренажей.

Разработанный В.И. Козловым и С.Н. Багровым дренаж из лиофилизированного (высушенного) коллагена свиной склеры относится к ксенодренажам [20]. Дренаж имеет высокую биосовместимость, что обеспечивается слабыми антигенными свойствами, необходимой эластичностью и волокнистой структурой. Сетоновый тип позволяет току ВГЖ идти как по поверхности дренажа, так и по всему его объему за счет волокнистой структуры. Однако быстрая резорбция и рубцевание сформированных путей оттока также снижают гипотензивный эффект после АГО. Его клиническая эффективность показана в исследованиях различных авторов и колебалась в широком диапазоне от 50 до 94% [21-24].

Описанный в работах С.Ю. Анисимовой, С.И. Анисимова Ксенопласт — дренаж, состоящий из нерастворимого пористого высушенного коллагена I типа, выделенного из костной ткани животного происхождения и насыщенного костными сульфатированными гликозаминогликанами. Дренаж отличается увеличенным временем резорбции [25]. Он относится к сетовому типу. По данным авторов, после синустрабекулоэктомии с использованием Ксенопласта на глазах с ранее оперированной глаукомой компенсацию офтальмотонуса удалось достичь только в 45,5%. При этом отмечен ряд осложнений

(геморрагические — 9,1%; мелкая передняя камера и ЦХО — 15,1%), которые, вероятно, были связаны с исходной тяжестью состояния глаза и видом хирургического вмешательства, а не наличием дренажа. В 54,5% на различных сроках после операции отмечали повышение ВГД, потребовавшее назначения дополнительных гипотензивных средств и в 21,2% — повторного хирургического лечения [26].

Следует отметить высокую биосовместимость коллагеновых дренажей, которая достигается благодаря схожести материала дренажа с тканями глаза. По мере биодеградации имплантата происходит замещение его соединительной тканью с формированием путей оттока ВГЖ. Однако в процессе биодеградации промежуточные продукты распада стимулируют фибробласты к выработке коллагена, что ведет к избыточному рубцеванию и снижает эффективность АГО [18].

Дренажи с металлической основой

Первые металлические дренажи, изготовленные из золотой и магниевой проволоки, описанные в работах L.De Wecker и D. Chiazzaro [27-29], сегодня не используют в связи с неэффективностью и большим числом послеоперационных осложнений.

В 1998 г. М. Belkin и Y. Glovinsky предложили использовать в качестве дренажа минишунт из нержавеющей стали Ex-PRESS, который, являясь одной из последних разработок в области дренажной хирургии, и сегодня активно используется в хирургии глауком [30]. Дренаж длиной 2,64 мм имеет вид тонкой трубки с заостренным концом. Внешний диаметр составляет 400 мкм, внутренний 50 мкм. Ответная реакция тканей на имплантацию дренажа выражается образованием тонкой фиброзной капсулы толщиной менее 0,04 мм, лишенной воспалительных клеток [30]. Клинически эффективность шунта Ex-PRESS описана в многочисленных работах [31-33]. Дренаж не имеет клапанного механизма, вследствие чего ток ВГЖ беспрепятственен. Это обуславливает основные послеоперационные осложнения, такие как мелкая передняя камера и цилиохориоидальная отслойка, которые, как правило, проходят самостоятельно. К более серьезным осложнениям относят обструкцию дренажа, быстрый фиброз фильтративной подушки и эндофтальмит [34].

Дренаж Gold Shunt имеет некоторое распространение за рубежом. Материалом для дренажа служит золото (24 карата) в виде прямоугольной пластины длиной около 5 мм и шириной около 3 мм [35]. Пластина дренажа испещрена каналами, обеспечивающими ток ВГЖ из передней камеры в супрахориоидальное пространство. Материал обладает инертностью по отношению к тканям глаза. Клинические исследования говорят о высокой эффективности Gold Shunt, а такие осложнения, как

отслойка сетчатки, эндофтальмит, супрахориоидальные кровоизлияния, хроническое воспаление и рубец радужки, в большой степени обусловлены особенностями локализации дренажа [36].

Трубчатый эластичный имплантат стент Hydrus Microstent («Ivantis», Irvine, CA), длиной 8 мм, изготовленный из нитинола, имеет размеры и кривизну, позволяющие имплантировать его в шлеммов канал. Высокая эффективность дренажа при комбинированной операции факоэмульсификации с имплантацией Hydrus представлена в работах I.K. Ahmed et al. [37]. Среди осложнений при имплантации микростента Hydrus указывают на: субконъюнктивальные кровоизлияния, гипотонию, гифему, периферические гониосинехии [38].

IStent — это микростент, имеющий вид изогнутой под прямым углом трубки, заостренной с одного конца, размером 1,0×0,33 мм, с наружным диаметром 250 мкм и внутренним диаметром 120 мкм. Материалом для дренажа является медицинский титан с гепариновым покрытием. С помощью инжектора под гониоскопическим контролем дренаж имплантируется заостренным концом в просвет шлеммова канала, второй конец остается обращенным в переднюю камеру [33, 39].

Используют данные виды шунтов в основном при начальных стадиях глаукомы или при сочетании с факоэмульсификацией, так как стенты ограничены воздействием на шлеммов канал или внутреннюю стенку трабекулы [38].

Стоит отметить и отечественный дренаж для сегментарной дилатации шлеммова канала, который изготавливают из мягкой стальной проволоки толщиной 80 микрон. Дренаж прямоугольной формы, имеет размеры 2,5×0,5 мм. Через склеральный тоннель дренаж вводят в переднюю камеру, а наружный конец фиксируют к задней стенке склерального ложа. Среди осложнений отмечают измельчение передней камеры — 8%, ЦХО — 7%, гифему — 3% [40, 41].

Отсутствие местной воспалительной реакции при применении данных видов дренажей связано со стабильностью материала и стойкостью к резорбции в тканях глаза. Плотная структура металлической основы не позволяет ВГЖ идти по всему объёму дренажа. Как правило, металлические дренажи имеют дополнительные каналы, осуществляющие транспорт ВГЖ, что не всегда обеспечивает необходимого дозирования потока ВГЖ. Со временем вокруг металлических дренажей образуется тонкая соединительнотканная капсула, которая может снижать гипотензивную эффективность. Низкие эластические свойства таких дренажей (недостаточная морфофункциональная совместимость) приводят к нестабильности положения при длительном нахождении в тканях и возможной дислокации, что требует дополнительных профилактических мер [20, 35, 37].

Дренажи с синтетической полимерной основой

Поиск более эффективного и безопасного материала для изготовления дренажей привел к полимерам. По своему составу полимеры делятся на две группы: синтетические и биополимеры.

Дренаж из полиэтилена в виде трубочки предложил П.Я. Болгов, позже G. Bietti, В.Я. Бедило и Б.Ф. Черкунов предложили использовать дренажи из гидроколлоида и лавсана, а также из пенополиуретана [20]. Дренажи в виде трубочек и нити из полихлорвинила и полиэтилена использовал Д.С. Животовский [34]. А.Ф. Юмагулова применяла трубочки из силикона, но из-за активного рубцового процесса гипотензивный эффект снижался [42]. В 1982 г. S. Schocket использовал в качестве дренажа силиконовую ленту с желобком [43]. В 1986 г. Б.Н. Алексеев и И.Б. Кабанов предложили дренаж из силиконового каучука в виде трубки. Наблюдения показали, что только в 40% случаев операция и послеоперационный период протекали без осложнений [3].

В 1997 г. в Калужском филиале ФГАУ МНТК «МГ» А.В. Терещенко, Ю.А. Белый, С.Я. Романенко совместно с ЗАО «Медсил» г. Мытищи был разработан полимерный материал ПЭМД. ПЭМД представляет собой полимерный дренаж на основе силикона и магнитного наполнителя (SmCo5), покрытый гидрогелем, в виде полоски шириной 1,0 мм, длиной 3,3 мм и толщиной 0,25 мм. Использовали данный дренаж при непроникающей хирургии глаукомы. ПЭМД — эластичный, гидрофильный, не токсичен и не подвергался биодеградации.

Магнитный материал нового поколения за счет постоянного слабого магнитного поля с индукцией 1,0-1,5 мТл и реверсивным многопрофильным коллинеарным намагничиванием оказывает противовоспалительное действие, препятствуя избыточному рубцеванию (формируется тонкая соединительнотканная капсула). В послеоперационном периоде воздействие на ПЭМД внешним магнитным полем с помощью ВЮ-МАС на расстоянии 1,5 см, индукцией 0,25-0,35 Тл, вызывает так называемую пондеромоторную силу, равную 0,1-0,2 г/мм². Возникают микродвижения ПЭМД в пределах 24-43 мкм при ВГД 25-30 мм рт.ст., что можно использовать для усиления гипотензивного эффекта [11].

Stent Supra (модель G3) — новейший стент для снижения ВГД от «Glaucos», изготовлен из биосовместимого полимера с титановой изогнутой гильзой длиной 4 мм. Этот стент предназначен также для имплантации в супрахориоидальное пространство доступом ab interno. Основным преимуществом этого подхода является относительная простота установки.

Stent Trabecular Micro Bypass, разработанный в США в 2012 году, представляет собой титановый имплантат, который обычно используют при сочетании с операцией по удалению катаракты.

Дренаж STARflo («iSTAR Medical SA») выполнен в виде пластины из полимерного материала (силиконовый эластомер). Он имеет длину 8 мм, ширину 3-5 мм и толщину 275 мкм. Дренаж из сетчатого материала с размером пор 0,1-100,0 мкм, что обеспечивает поддержание транспорта ВГЖ и также уменьшает вероятность соединительнотканного инкапсулирования [44].

Полиэтилентерефталат (лавсан) — наиболее распространенный представитель класса полиэфиров. Этот материал является малотоксичным, эластичным и хорошо переносимым тканями глаза [41]. Дренаж на основе лавсана, разработанный отечественными учеными, показал хороший результат в экспериментальных и клинических исследованиях. Однако возможна закупорка пор дренажа, что может привести к повышению офтальмотонуса [45].

Surais Microstent — представляет собой полиамидную трубку длиной 6,35 мм, имеющую фенестрацию для облегчения оттока ВГЖ. Устройство облегчает доступ к супрахориоидальному пространству подходом ab interno [46, 47].

Микростеннты CyPass и iStent Supra имеют схожее строение. Имплантируют их в супрахориоидальное пространство методом ab interno. Имплантация часто совмещается с экстракцией катаракты. Дренаж iStent Supra («Glaukos», США) изготовлен из полиэфирсульфона и титана [38]. В литературе описаны случаи таких послеоперационных осложнений, как гифема, стойкая гипотония, персистирующее воспаление, окклюзия ветви ЦВС, обострение диабетического макулярного отека [35, 47].

За рубежом широкое распространение получили дренажи на полимерной основе более сложного устройства: клапанные Krupin (1976), Ahmed (1993) и бесклапанные Molteno (1969), Vaerveldt (1990). Объединяющим моментом в строении данных типов дренажей является наличие трубки, устанавливаемой в переднюю камеру либо трансклерально под поверхностным склеральным лоскутом, и тела, которое размещают, как правило, в 8-13 мм от лимба в субконъюнктивальном пространстве между верхней и наружной прямыми мышцами и фиксируют швами [22, 30, 48, 49]. Однако недостаточная эластичность дренажей ведет к их дислокации, нарушению функций экстраокулярных мышц. По мнению большинства исследователей, формирование соединительнотканной капсулы вокруг наружного конца дренажа является основной причиной повышения ВГД. Также возможна закупорка просвета дренажа радужкой, стекловидным телом, экссудатом, фиброзной тканью с последующим повышением ВГД [50, 51].

В 80-е гг. Ю.А. Чеглаков разработал дренаж из гидрофильного гидрогеля с 90% содержанием воды на основе полиоксиэтилметакрилата. Результаты показали, что выполнение глубокой склерэктомии с имплантацией дренажа нормализовало ВГД

в отдаленные сроки наблюдения у 76,4% пациентов [52]. Углубленное изучение данного аспекта на основе обобщенного клинического опыта и результатов экспериментально-морфологических исследований показали, что со временем клеточная реакция способствует постепенной инкапсуляции такой основы с последующей резорбцией. С целью профилактики воспалительной клеточной реакции автором предлагается местное применение стероидного противовоспалительного препарата путем насыщения гидрогелевого дренажа [53].

С.Б. Измайловой приведены результаты применения гидрогелевых дренажей, изготовленных на основе полигидрооксиэтилметакрилата. Из 86 больных с ранее оперированной первичной, афакичной, псевдофакичной глаукомой гипотензивный эффект получен в 78,6%, органосохранный — в 93,1% при сроке наблюдения до 2,5 лет [54].

В работе Н.Ю. Горбуновой описаны результаты 3-летнего наблюдения пациентов после применения сетчатого дренажа Репегель из дигеля, разработанного НПП «РЕПЕР-НН». Так, при непроникающей глубокой склерэктомии нормализация ВГД достигнута в 47,3%, при глубокой склерэктомии — в 37,5%. В 85,2% случаев гипотензивный эффект достигнут дополнительной гипотензивной терапией. При этом наблюдались гифема, ЦХО — в 11,6% случаев, гипотония — в 3,9% случаев [25].

Производители выпускают 3 формы дренажей: Репегель-1 прямоугольной формы с 96 отверстиями (размер 6,0×4,0 мм, толщина 0,1 мм); Репегель-2 — трапеция с 2 отверстиями (2,1×3,0 мм с усиками 2,2×0,3 мм, толщина 0,1 мм); Репегель-3 — треугольник с 1 отверстием (3,2×3,0 мм, толщина 0,1 мм).

Гидрогелевая основа характеризуется высокой биосовместимостью, которая достигается за счет наличия водной буферной оболочки, полностью окружающей дренаж. Основной транспорт ВГЖ осуществляется по поверхности дренажа. Однако со временем такая оболочка разрушается, происходит дегидратация дренажа с инкапсулированием.

Esnoper-Clip — это новый неабсорбируемый складной имплантат (2-гидроксиэтилметакрилат) с размерами 5,5×1,3×2,2 мм. Дренаж предназначен для увеличения трабекулярного и увеосклерального оттока. В 2015 г. Jordi Loscos-Arenas et al. опубликовали результаты проспективного 12-месячного наблюдения за 27 пациентами (27 глаз) с открытоугольной глаукомой, которым была проведена глубокая склеротомия с имплантацией Esnoper-Clip. В результате анализа полученных данных было сделано заключение, что глубокая склерэктомия с имплантацией Esnoper-Clip является безопасным и эффективным методом лечения открытоугольной глаукомы. Основная проблема с имплантатами этого класса заключается в том, что они специально не предназначены для этого пространства, и поэтому их использование может быть ограничено.

На основании полученных данных было сделано заключение, что увеосклеральный имплантат (Esnoper-Clip) можно считать перспективной альтернативой существующим дренажам, поскольку он обеспечивает поддержание обоих пространств — супрацилиарного и интрасклерального, помогая избежать их коллапса с течением времени. Однако необходимы дальнейшие клинические испытания с длительным наблюдением и большим числом пациентов [55].

Дренажи с биополимерной основой

Для того чтобы усовершенствовать свойства используемых дренажей, стали применять полимерные основы, содержащие природные мономеры.

Дренаж из сополимера коллагена и акрила, разработанный в МНТК «Микрохирургия глаза им. акад. С.Н. Фёдорова», относится к сетновому типу. Широкое применение этот дренаж нашел в непрозрачной полости дренажа около 3-х лет (по данным Зениной М.Л.). Отмечен высокий процент компенсации ВГД после операций с применением такого дренажа. Однако у 15% пациентов с развитой и далеко зашедшей стадиями глаукомы было зафиксировано повышение ВГД [56, 57].

С целью коррекции иммуновоспалительных процессов предложено насыщать коллагеновый дренаж цитокинами (препарат Суперлимф). Это способствует уменьшению пролиферации фибробластов за счет локального содержания провоспалительных цитокинов и повышения гипотензивной эффективности.

Использование трехмерных гликозаминогликанов и коллагена приводит к снижению формирования грубой рубцовой ткани вследствие снижения регенерации микрофибробластов, фибробластов и секретируемого экстрацеллюлярного матрикса (коллагена). На этом основано действие дренажа iGen («Life Spring Biotech Co., Ltd», Taiwan). iGen — это пористый гликозаминогликановый матрикс, состоящий из коллагена и хондроэтин-6-сульфата. В ходе асептической воспалительной реакции фибробласты прорастают по пористым тоннелям. Через 30-90 дней дренаж подвергается биодеградации и формируется разлитая фильтрационная подушка.

Данные результатов использования iGen неоднозначны. Греческие исследователи считают, что нет никаких существенных преимуществ этого нового дренажа по сравнению с обычной синустрабекулэктомией. К такому выводу пришли по результатам исследований в течение 6 мес. на 40 глазах 40 пациентов [56, 58-60].

Немецкие ученые, оценивая эффективность iGen, пришли к несколько другим результатам. Компенсация офтальмотонуса в группе с дренажом была достигнута в 50% случаев. При имплантации

дренажа iGen пациентам с ранее оперированной глаукомой компенсацию ВГД наблюдали в 42,9%. У 57,1% на разных этапах после хирургического лечения произошло повышение ВГД, в связи с чем была назначена дополнительная терапия, которая оказалась эффективной в 39,3%. Только в 17,9% некомпенсированное ВГД потребовало дополнительного вмешательства. Из осложнений наблюдали в 10,7% гипфему (менее 3 мм), в 14,3% — мелкую переднюю камеру и ЦХО [56, 61].

Стент Xen Gel Stent («Allergan», Dublin, Ирландия) представляет собой коллагеновую трубку длиной 6 мм. Имплантируют ab interno в угол передней камеры, соединяя последнюю с субконъюнктивальным пространством. По данным ряда авторов, стент является достаточно эффективным микроинвазивным устройством снижения ВГД. Среди осложнений выделяют формирование рубцовых процессов в зоне операции с уменьшением гипотензивного эффекта [56, 62].

HealaFlow («Anteis», Швейцария) — вискоэластичный гель, состоящий из 22,5 мг/мл гиалуроната натрия неживотного происхождения. Отличается от вискоэластических соединений длительным сроком биодеградации в течение нескольких месяцев [1]. Предотвращая адгезию между тканями (склера и конъюктива), он создает длительный и устойчивый эффект: стабилизацию субсклерального и субконъюнктивального пространства. Помимо этого, HealaFlow обладает противовоспалительным эффектом: гиалуроновая кислота предупреждает воспаление и фиброз, ингибируя цитокины, клетки-мигранты, фагоцитоз и лимфоцитоз [37, 63, 64]. S. Roy в течение 2 лет наблюдал за результатами применения HealaFlow у 55 пациентов. ВГД меньше или равное 18 мм рт.ст. без назначения дополнительных медикаментозных препаратов было получено в 70% случаев. В то же время у 32% ВГД повысилось через 1 мес. после операции, а у 25% ВГД было нормализовано гипотензивными препаратами [65].

Из отечественных разработок следует отметить дренаж Glautex (РФ, Москва, ООО «ХайБиТек»). Дренаж представляет собой пористую биорезорбируемую пленку белого цвета в виде прямоугольной муфты (замкнутого кольца) 2,5×5,5×0,15 мм с диаметром пор около 30 мкм. Материалом для дренажа являются полимолочная кислота (полилактид) и полиэтиленгликоль.

Время полной резорбции составляет 4-5 мес. Промежуточные и конечные продукты деградации не токсичны для тканей организма, не вызывают выраженной местной воспалительной реакции.

Компенсации ВГД после операции при имплантации дренажа Глаутекс удаётся достичь в 62,5%, в 31,3% потребовалось назначение дополнительной гипотензивной терапии. В 6,25% компенсации

ВГД не наблюдалось, несмотря на гипотензивную терапию, что потребовало повторного вмешательства. Гифема была отмечена в 12,5%. Мелкая передняя камера и ЦХО у пациентов встречались в 25% [13].

Лейкосапфировые дренажи

Из кристалла лейкосапфира сотрудниками Санкт-Петербургского филиала «МНТК «Микрохирургии глаза» им. акад. С.Н. Федорова» был разработан оригинальный эксплантодренаж. Он представляет собой трубку длиной 2,6 мм с наружным диаметром 0,7 мм и внутренним просветом в 300 мкм. Вершина трубки имеет скос под углом 60° с затупленными концами, а основание имеет расширение до 0,9 мм.

В 2013 г. разработанная вторая модель дренажа (Балашевич Л.И., Науменко В.В., Кладко М.А.) имела отличие от предыдущей модели измененным просветом и скосом основания трубки. У вершины внутренний просвет дренажа сужен до 100 мкм. Скос основания дренажа 45° создан для повышения конгруэнтности имплантата тканям глаза.

Литература

- Егоров Е.А., Астахов Ю.С., Еричев В.П. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015. 456 p.
- Чоплин Н.Т., Ланди Д.С. Глаукома: иллюстрированное руководство (пер. с англ.). М.: Логосфера; 2011. 354 с.
- Чеглаков Ю.А. Эффективность глубокой склерэктомии с эксплантодrenированием в лечении поствоспалительной и посттравматической глаукомы. *Офтальмохирургия*. 1989; 3: 41-43.
- Денисов И.О. Неоваскулярная глаукома (особенности патогенеза, диагностики и лечения). Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 1989. 30 с.
- Козлов В.И., Анисимов С.И., Шарова А.Б. и др. Компьютерная томография при глаукоме с низким давлением. *Офтальмохирургия*. 1990; 2:23-27.
- Могилевцев В.В. Непроницающая глубокая склерэктомия с коллагенопластикой в лечении первичной открытоугольной глаукомы. Автореф. ... канд. мед. наук. М.; 1993. 23 с.
- Тимошкина Н.Т., Нерсесов Ю.Э., Зеленина М.Л. Результаты клинического применения дренажа из сополимера коллагена в хирургическом лечении первичной открытоугольной глаукомы. *Офтальмохирургия*. 1998; 4:16.
- Mermoud A., Schnyder C.C., Sickenberg M. et al. Comparison of deep sclerectomy with collagen implant and trabeculectomy in open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1999; 25: 323-331.
- Shaarawy T., Karlen M., Schnyder C., Achache F., Sanchez E., Mermoud A. Five-year results of deep sclerectomy with collagen implant. *J Cataract Refract Surg*. 2001; 27(11):1770-1778.
- Белый Ю.А., Терещенко А.В., Романенко С.Я. и др. Применение полимерного эластичного магнитного дренажа на этапе непроницающей глубокой склерэктомии в хирургии открытоугольной глаукомы. *Глаукома*. 2004; 2:38-42.
- Деев Л.А., Еричев В.П., Малахова А.И. Современные методы лечения глаукомы. Смоленск; 2011. 118 с.
- Севастьянов В.И., Кирпичников М.П. Биосовместимые материалы. М.: МИА; 2011. 544 с.
- Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Коломейцев М.Н. Базовые характеристики антиглаукоматозных дренажей. *Офтальмохирургия*. 2017; 4:80-86. doi:10.25276/0235-4160-2017-4-80-86
- Волков В.В., Бржеский В.В., Ушаков Н.А. Офтальмохирургия с использованием полимеров. СПб.: Гиппократ; 2003. 416 с.
- Еричев В.П. Рефрактерная глаукома: особенности лечения. *Вестник офтальмологии*. 2000; 116(5):8-10.

Преимуществом этого вида дренажа является материал (лейкосапфир), из которого он изготовлен, вследствие чего вокруг него образуется минимальная фибробластическая реакция. Среди недостатков — большой размер и вследствие этого выраженная избыточная фильтрация, что сопряжено с целым рядом осложнений со стороны сосудистой оболочки [56].

Заключение

Многообразие используемых в хирургической практике лечения глаукомы дренажей соответствует широкому разбросу базовых характеристик основы. На сегодняшний день наиболее сбалансированными свойствами обладают синтетические дренажи из природных полимеров. Они сочетают в себе достоинства всех групп: большая стойкость по сравнению с природными полимерами, высокая биосовместимость, физиологический транспорт ВГЖ. Однако отсутствие материала, вокруг которого не формировалась бы рубцовая ткань, приводящая в дальнейшем к повышению ВГД, диктует необходимость дальнейшего поиска в этом направлении.

References

- Egorov E.A., Astahov Yu.S., Eriчев V.P. Natsional'noye rukovodstvo po glaukome dlya praktikuyushchikh vrachev [National Glaucoma Guide for Practitioners]. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2015. 456 p. (In Russ.).
- Choplin N.T., Landi D.S. Glaukoma: illyustrirovannoye rukovodstvo. [Glaucoma: an illustrated guide (translated from english)]. Moscow: Logosfera Publ.; 2011. 354 p. (In Russ.).
- Cheglavkov Yu.A. Efficiency of deep sclerectomy with explant-training in the treatment of post-inflammatory and post-traumatic glaucoma. *Ophthalmosurgery*. 1989; 3:41-43. (In Russ.).
- Denisov I.O. Neovascular glaucoma (features of pathogenesis, diagnosis and treatment). Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences. Moscow: 1989. 30 p. (In Russ.).
- Kozlov V.I., Anisimov S.I., Sharova A.B. et al. Computed tomography for low-pressure glaucoma. *Ophthalmosurgery*. 1990; 2:23-27. (In Russ.).
- Mogilevcev V.V. Non-penetrating deep sclerectomy with collagenoplasty in the treatment of primary open-angle glaucoma. Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences. Moscow; 1993. 23 p. (In Russ.).
- Timoshkina N.T., Nersesov Yu.E., Zelenina M.L. The results of the clinical use of collagen copolymer drainage device in the surgical treatment of primary open-angle glaucoma. *Oftal'mokhirurgiya*. 1998; 4:16. (In Russ.).
- Mermoud A., Schnyder C.C., Sickenberg M. et al. Comparison of deep sclerectomy with collagen implant and trabeculectomy in open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1999; 25: 323-331.
- Shaarawy T., Karlen M., Schnyder C., Achache F., Sanchez E., Mermoud A. Five-year results of deep sclerectomy with collagen implant. *J Cataract Refract Surg*. 2001; 27(11):1770-1778.
- Belyy Yu.A., Tereshchenko A.V., Romanenko S.Ya. et al. The use of polymer elastic magnetic drainage device at the stage of non-penetrating deep sclerectomy in surgery of open-angle glaucoma. *Glaukoma*. 2004; 2:38-42. (In Russ.).
- Deev L.A., Yerichev V.P., Malakhova A.I. Modern methods of treating glaucoma [Modern methods of treating glaucoma]. Smolensk; 2011. 118 p. (In Russ.).
- Sevastyanov V.I., Kirpichnikov M.P. Biosovmestimyye materialy. [Biocompatible materials]. Moscow: MIA Publ.; 2011. 544 p. (In Russ.).
- Hodzhaev N.S., Sidorova A.V., Kolomeyev M.N. Basic characteristics of anti-glaucomatous drains. *Ophthalmosurgery*. 2017; 4:80-86. (In Russ.). doi: 10.25276 / 0235-4160-2017-4-80-86.
- Volkov V.V., Brzheskij V.V., Ushakov N.A. Oftal'mokhirurgiya s ispol'zovaniyem polimerov [Ophthalmic surgery using polymers]. Saint-Petersburg: Gipokrat Publ.; 2003. 416 p. (In Russ.).
- Eriчев V.P. Refractory glaucoma: treatment features. *Vestnik oftalmologii*. 2000; 116(5):8-10. (In Russ.).

16. Лапочкин В.И., Свирин А.В., Корчуганова Е.А. Антиглаукомная операция — лимбосклерэктомия с клапанным дренированием супрацилиарного пространства. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2001; 2:60-65.
17. Андреева Л.Д., Киселева О.А., Косакян С.М., Бессмертный А.М., Хамидов Э.Г., Хорошилова-Маслова И.П. Экспериментальное обоснование применения аутокератогоскута при фистулизирующих антиглаукоматозных операциях. *Российский офтальмологический журнал*. 2011; 4(2):73-77.
18. Хилькин А.М., Шехтер А.Б. Коллаген и его применение в медицине. М.: Медицина; 1976. 256 с.
19. Murata M. An experimental study of the outflow pathway of the aqueous humor after glaucoma surgery. *Acta Soc Ophthalmol Jap*. 1980; 84(9): 329-335.
20. Козлов В.И., Багров С.Н., Анисимова С.Ю. Непроницающая глубокая склерэктомия с коллагенопластикой. *Офтальмохирургия*. 1990; 3:44-46.
21. Анисимова С.Ю. Функциональные исходы и гипотензивный эффект непроницающей глубокой склерлимбэктомии с использованием стойкого к биодеструкции коллагенового дренажа в зоне операции. *Глаукома*. 2005; 2:36-41.
22. Егоров В.В., Бадогина С.П. Сравнительный анализ результатов хирургии глаукомы с помощью непроницающей глубокой склерэктомии и непроницающей глубокой склерэктомии с аллодренированием. *Офтальмохирургия*. 1993; 1:62-65.
23. Ходжаев Н.С., Ганковская Л.В., Нерсесов Ю.Э., Захидов А.Б. Клинико-функциональная оценка эффективности использования коллагеновых имплантов в хирургии первичной открытоугольной глаукомы. *Глаукома*. 2010; 2:19-24.
24. Mendrinovs E., Mansouri K., Mermoud A., Shaarawy T. Long-term results of deep sclerectomy with collagen implant in exfoliative glaucoma. *J Glaucoma*. 2009; 18(5):361-367. doi:10.1097/IJG.0b013e3181879e4e
25. Wecker L. Sclerotomie simple et combinee. 1894; 25:112.
27. Chiazzaro D. Sur la resorption du magnium metal por locil humain. *Am Oculist*. 1936; 173(9):689-702.
28. Анисимов С.И., Анисимова С.Ю., Дроздова Г.А. и др. Патологические аспекты использования нового биологического материала ксенопласт в хирургическом лечении глаукомы. *Глаукома*. 2008; 2:40-45.
29. Еричев В.П., Асратян Г.К. Минишунтирование в хирургии глаукомы. *Глаукома*. 2012; 2:66-71.
30. Nyska A., Glovinsky Y., Belkin M., Epstein Y. Biocompatibility of the Ex-PRESS miniature glaucoma drainage device implant. *J Glaucoma*. 2003; 12(3):275-280.
31. Волкова Н.В., Юрева Т.Н. Морфогенез путей оттока и оценка гипотензивного эффекта модифицированной имплантации минишунта Ex-PRESS. *Офтальмохирургия*. 2013; 3:66-71.
32. Куроедов А.В., Огородникова В.Ю. Микродренирование с помощью Ex-PRESS мини-шунта как вариант выбора оперативного лечения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой продвинутой стадии болезни. *Офтальмология*. 2010; 7(1):23-28.
33. Jong L.A. The Ex-PRESS glaucoma shunt versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a prospective randomized study. *Advances Therapy*. 2009; 26(3):336-345.
34. Stein J.D., Herndon L.W., Brent-Bond J., Challa P. Exposure of Ex-PRESS Miniature Glaucoma Devices: case series and technique for tube shunt removal. *J Glaucoma*. 2007; 16(8):704-706
35. Hueber A., Roters S., Jordan J.F., Konen W. Retrospective analysis of the success and safety of gold micro shunt implantation in glaucoma. *BMC Ophthalmol*. 2013; 13:35. doi:10.1186/1471-2415-13-35
36. Agnifili L., Costagliola C., Figus M. et al. Histological findings of failed gold micro shunts in primary open-angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011; 250:143-149. doi:https://doi.org/10.1007/s00417-011-1778-6
37. Saheb H., Ahmed K. II. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*. 2012; 23(2):96-104. doi: 10.1097/ICU.0b013e32834ff1e7
38. Vinod K., Gedde S.J. Clinical investigation of new glaucoma procedures. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017; 28(2):187-193. doi:10.1097/icu.0000000000000336
39. Malvankar-Mehta M.S., Iordanou Y., Chen Y.N. et al. iStent with phacoemulsification versus phacoemulsification alone for patients with glaucoma and cataract: a meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10(7): e0131770. doi:10.1371/journal.pone.0131770
40. Kumar V., Фролов М.А., Душина Г.Н., Божок Е.В., Беззаботнов А.И. Сегментарная дилатация шлеммова канала с помощью интраканального проволочного стального спирального стента собственной конструкции в хирургии открытоугольной глаукомы. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2014; 9:58-62.
41. Юмагулова А.Ф. Дренирование полостей глаза при послеожоговой и некоторых других вторичных глаукомах. Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. Л.; 1981. 29 с.
16. Lapochkin V.I., Svirin A.V., Korchuganova E.A. Antiglaucoma operation — limbosclerectomy with valve drainage device of supraciliary space. *RMZH. Clinical Ophthalmology*. 2001; 2:60-65. (In Russ.).
17. Andreeva L.D., Kiseleva O.A., Kosakyan S.M., Bessmertnyj A.M., Hamidov E.G., Horoshilova-Maslova I.P. Experimental justification for the use of an autokeratic flap in fistulizing antiglaucomatous operations. *Russian Ophthalmological Journal*. 2011; 4 (2):73-77. (In Russ.).
18. Hilkin A.M., Shekhter A.B. Collagen i yego primeneniye v meditsine. [Collagen and its use in medicine]. Moscow: Medicine Publ.; 1976. 256 p. (In Russ.).
19. Murata M. An experimental study of the outflow pathway of the aqueous humor after glaucoma surgery. *Acta Soc Ophthalmol Jap*. 1980; 84(9): 329-335.
20. Kozlov V.I., Bagrov S.N., Anisimova S.Yu. Non-penetrating deep sclerectomy with collagenoplasty. *Ophthalmosurgery*. 1990; 3:44-46. (In Russ.).
21. Anisimova S.Yu. Functional outcomes and hypotensive effect of non-penetrating deep sclerlimbectomy using biodegradation-resistant collagen drainage device in the operation area. *Glaucoma*. 2005; 2: 36-41. (In Russ.).
22. Egorov V.V., Badogina S.P. Comparative analysis of the results of glaucoma surgery using non-penetrating deep sclerectomy and non-penetrating deep sclerectomy with allodrenation. *Ophthalmosurgery*. 1993; 1:62-65. (In Russ.).
23. Khodzhayev N.S., Gankovskaya L.V., Nersesov Yu.E., Zakhidov A.B. Clinical and functional assessment of the effectiveness of the use of collagen implants in primary open-angle glaucoma surgery. *Glaucoma*. 2010; 2:19-24. (In Russ.).
24. Mendrinovs E., Mansouri K., Mermoud A., Shaarawy T. Long-term results of deep sclerectomy with collagen implant in exfoliative glaucoma. *J Glaucoma*. 2009; 18(5):361-367. doi:10.1097/IJG.0b013e3181879e4e
25. Wecker L. Sclerotomie simple et combinee. 1894; 25:112.
27. Chiazzaro D. Sur la resorption du magnium metal por locil humain. *Am Oculist*. 1936; 173(9):689-702.
28. Anisimov S.I., Anisimova S.Yu., Drozdova G.A. et al. Pathophysiological aspects of the use of new biological material xenoplast in the surgical treatment of glaucoma. *Glaucoma*. 2008; 2:40-45. (In Russ.).
29. Yerichev V.P., Asratyan G.K. Mini-shunting in glaucoma surgery. *Glaucoma*. 2012; 2:66-71. (In Russ.).
30. Nyska A., Glovinsky Y., Belkin M., Epstein Y. Biocompatibility of the Ex-PRESS miniature glaucoma drainage device implant. *J Glaucoma*. 2003; 12(3):275-280.
31. Volkova N.V., Yureva T.N. Morphogenesis of outflow pathways and evaluation of the hypotensive effect of the modified implantation of Ex-PRESS mini-shunt. *Ophthalmosurgery*. 2013; 3:66-71. (In Russ.).
32. Kuroedov A.V., Ogorodnikova V.Yu. Micro-drainage device with Ex-PRESS mini-shunt as an option for surgical treatment of patients with primary open-angle glaucoma at advanced stages of the disease. *Ophthalmology*. 2010; 7 (1):23-28. (In Russ.).
33. Jong L.A. The Ex-PRESS glaucoma shunt versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a prospective randomized study. *Advances Therapy*. 2009; 26(3):336-345.
34. Stein J.D., Herndon L.W., Brent-Bond J., Challa P. Exposure of Ex-PRESS Miniature Glaucoma Devices: case series and technique for tube shunt removal. *J Glaucoma*. 2007; 16(8):704-706
35. Hueber A., Roters S., Jordan J.F., Konen W. Retrospective analysis of the success and safety of gold micro shunt implantation in glaucoma. *BMC Ophthalmol*. 2013; 13:35. doi:10.1186/1471-2415-13-35
36. Agnifili L., Costagliola C., Figus M. et al. Histological findings of failed gold micro shunts in primary open-angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011; 250:143-149. doi:https://doi.org/10.1007/s00417-011-1778-6
37. Saheb H., Ahmed K. II. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*. 2012; 23(2):96-104. doi: 10.1097/ICU.0b013e32834ff1e7
38. Vinod K., Gedde S.J. Clinical investigation of new glaucoma procedures. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017; 28(2):187-193. doi:10.1097/icu.0000000000000336
39. Malvankar-Mehta M.S., Iordanou Y., Chen Y.N. et al. iStent with phacoemulsification versus phacoemulsification alone for patients with glaucoma and cataract: a meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10(7): e0131770. doi:10.1371/journal.pone.0131770
40. Kumar V., Frolov M.A., Dushina G.N., Bozhok E.V., Bezabotnov A.I. Segmented dilatation of the Schlemm canal using an intracanal steel wire spiral stent of its own design in open-angle glaucoma surgery. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*. 2014; 9:58-62. (In Russ.).
41. Yumagulova A.F. Drainage device of the eye cavities in post-burn and some other secondary glaucoma. Abstract of the dissertation of the candidate of medical sciences. Leningrad; 1981: 29 p. (In Russ.).

42. Волков В.В., Ушаков Н.А., Юмагулова А.Ф. Способы оперативного лечения вторичной глаукомы при тяжелых ожогах глаз и их последствиях. *Военно-мед. журн.* 1981; 8: 9-41.
43. Demailly P., Kopel J., Kretz G. The Schocket tube in the treatment of irreducible congenital glaucoma. *Ophthalmologie.* 1988; 2(2):89-92.
44. Pourjavan S., Collignon N., De Groot V. STARFlo Glaucoma Implant: 12 month clinical results. *Acta Ophthalmologica.* 2013; 91:252. doi:10.1111/j.1755-3768.2013.3723.x
45. Животовский Д.С., Дога В.Р. Отдаленные наблюдения за больными глаукомой с дренажом передней камеры глаза пластмассовой трубкой. *Офтальмологический журнал.* 1970; 6:451-452.
46. Hoeh H., Vold S.D., Ahmed I.K. et al. Initial clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary microstent. *J Glaucoma.* 2016; 25(1):106-112. doi:10.1097/jgg.0000000000000134
47. Hoh H., Grisanti S., Grisanti S. et al. Two-year clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary micro-stent. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2014; 231(4):377-381. doi:10.1055/s-0034-1368214
48. Рязанцева Т.В., Кравец Л.И. Эксплантодренаж с наноструктурированной поверхностью для хирургии рефрактерной глаукомы. *Бюллетень сибирской медицины.* 2012; 1:71-77.
49. Molteno A.C., Bevin T.H., Herbison P., Houliston M.J. Otago glaucoma surgery outcome study: long-term follow-up of cases of primary glaucoma with additional risk factors drained by Molteno implants. *Ophthalmology.* 2001; 108(12): 2193-2200. doi:10.1016/s0161-6420(01)00836-3
50. Frank J.W., Perkins T.W., Kushner B.J. Ocular motility defects in patients with Krupin valve implant. *Ophthalmic Surg.* 1995; 26(3):228-232.
51. Jong L.A. The Ex-PRESS glaucoma shunt versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a prospective randomized study. *Adv Ther.* 2009; 26(3):336-345. doi:10.1007/s12325-009-0017-6
52. Чеглаков Ю.А., Кадымова Ф.Э., Копеева С.В. Эффективность глубокой склерэктомии с применением дренажа из гидрогеля в отдаленном периоде наблюдения. *Офтальмохирургия.* 1990; 2:28-31.
53. Алексеев Б.Н., Кабанов И.Б. Силиконовый дренаж в лечении глаукомы с неоваскуляризацией радужки и иридокорнеального угла. *Вестник офтальмологии.* 1986; 4:12-15.
54. Agnifili L., Costagliola C., Figus M. et al. Histological findings of failed gold micro shunts in primary open-angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2011; 250:143-149.
55. Loscos-Arenas J., Parera-Arranz A., Romera-Romera P., Castellvi-Manent J., Sabala-Llopert A., de la Cámara-Hermoso J. Deep sclerectomy with a new nonabsorbable uveoscleral implant (Esnoper-Clip). 1-Year Outcomes. *J Glaucoma.* 2015; 24(6):421-425. doi:10.1097/JG.0000000000000253
56. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Коломейцев М.Н. Базовые характеристики антиглаукоматозных дренажей. *Офтальмохирургия.* 2017; 4:80-86. doi:10.25276/0235-4160-2017-4-80-86
57. Багров С.Н., Могилевцев В.В., Перова Н.В., Маклакова И.А. Экспериментальное обоснование применения сополимера коллагена в хирургическом лечении глаукомы. *Офтальмохирургия.* 2001; 3:24-29.
58. Papaconstantinou D., Georgalas I., Karmiris E. Trabeculectomy with OloGen versus trabeculectomy for the treatment of glaucoma: a pilot study. *Acta Ophthalmol.* 2010; 88(1):80-85.
59. Perez C.I., Mellado F., Jones A., Colvin R. Trabeculectomy combined with collagen matrix implant (Ologen). *J Glaucoma.* 2016; 26(1):54-55.
60. Еричев В.П., Хачатрян Г.К. Гликозаминогликановый матрикс в профилактике конъюнктивно-склерального рубцевания при синустрабекулэктомии. *Национальный журнал глаукома.* 2018; 17(1):37-42.
61. Rosentreter A., Schild A.M., Jordan J.F. A prospective randomised trial of trabeculectomy using mitomycin C vs an ologen implant in open-angle glaucoma. *Eye (Lond.).* 2010; 24(9):1449-1457.
62. Vinod K., Gedde S.J. Clinical investigation of new glaucoma procedures. *Curr Opin Ophthalmol.* 2017; 28(2):187-193.
63. Boey P.Y., Narayanaswamy A., Zheng C. et al. Imaging of blebs after phacotrabeculectomy with Ologen collagen matrix implants. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95(3):340-344. doi:10.1136/bjo.2009.177758
64. Murata M. An experimental study of the outflow pathway of the aqueous humor after glaucoma surgery. *Acta Soc Ophthalmol Jap.* 1980; 84(9): 329-335.
65. Rosentreter A., Schild A.M., Jordan J.F. et al. A prospective randomised trial of trabeculectomy using mitomycin C vs an ologen implant in open angle glaucoma. *Eye (Lond.).* 2010; 24(9):1449-1457. doi:10.1038/eye.2010.106
66. Патент РФ № 256255. Композитный пористый дренаж для хирургического лечение глаукомы. Черных В.В., Ларионов П.М. Заявитель и патентообладатель ООО «Вертикаль-М»; Заявлено 30.04.2014. Опубликовано 10.09.2015. Бюллетень 2015; 25: 4.
42. Volkov V.V., Ushakov N.A., Yumagulova A.F. Methods of surgical treatment of secondary glaucoma with severe burns of the eyes and their consequences. *Voyenno-med. zhurn.* 1981; 8:39-41. (In Russ.).
43. Demailly P., Kopel J., Kretz G. The Schocket tube in the treatment of irreducible congenital glaucoma. *Ophthalmologie.* 1988; 2(2):89-92.
44. Pourjavan S., Collignon N., De Groot V. STARFlo Glaucoma Implant: 12 month clinical results. *Acta Ophthalmologica.* 2013; 91:252. doi:10.1111/j.1755-3768.2013.3723.x
45. Zhivotovskij D.S., Doga V.R. Remote monitoring of patients with glaucoma with drainage device of the anterior chamber of the eye with a plastic tube. *Ophthalmological J.* 1970; 6:451-452. (In Russ.).
46. Hoeh H., Vold S.D., Ahmed I.K. et al. Initial clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary microstent. *J Glaucoma.* 2016; 25(1): 106-112. doi:10.1097/jgg.0000000000000134
47. Hoh H., Grisanti S., Grisanti S. et al. Two-year clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary micro-stent. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2014; 231(4):377-381. doi:10.1055/s-0034-1368214
48. Ryazanceva T.V., Kravec L.I. Explant drainage device with a nanostructured surface for refractory glaucoma surgery. *Bulletin of Siberian medicine.* 2012; 1:71-77. (In Russ.).
49. Molteno A.C., Bevin T.H., Herbison P., Houliston M.J. Otago glaucoma surgery outcome study: long-term follow-up of cases of primary glaucoma with additional risk factors drained by Molteno implants. *Ophthalmology.* 2001; 108(12): 2193-2200. doi:10.1016/s0161-6420(01)00836-3
50. Frank J.W., Perkins T.W., Kushner B.J. Ocular motility defects in patients with Krupin valve implant. *Ophthalmic Surg.* 1995; 26(3):228-232.
51. Jong L.A. The Ex-PRESS glaucoma shunt versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a prospective randomized study. *Adv Ther.* 2009; 26(3):336-345 doi:10.1007/s12325-009-0017-6
52. Cheglakov Yu.A., Kadyмова F.E., Kopyayeva S.V. Efficiency of deep sclerectomy using hydrogel drainage device in the long-term observation period. *Oftal'mokhirurgiya.* 1990; 2:28-31. (In Russ.).
53. Alekseev B.N., Kabanov I.B. Silicone drainage device in the treatment of glaucoma with neovascularization of the iris and iridocorneal angle. *Vestnik oftalmologii.* 1986; 4:12-15. (In Russ.).
54. Agnifili L., Costagliola C., Figus M. et al. Histological findings of failed gold micro shunts in primary open-angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2011; 250:143-149.
55. Loscos-Arenas J., Parera-Arranz A., Romera-Romera P., Castellvi-Manent J., Sabala-Llopert A., de la Cámara-Hermoso J. Deep sclerectomy with a new nonabsorbable uveoscleral implant (Esnoper-Clip). 1-Year Outcomes. *J Glaucoma.* 2015; 24(6):421-425. doi:10.1097/JG.0000000000000253
56. Khodzhavev N.S., Sidorova A.V., Kolomeyev M.N. Basic characteristics of anti-glaucomatous drains. *Oftal'mokhirurgiya.* 2017; 4:80-86. doi:10.25276/0235-4160-2017-4-80-86 (In Russ.).
57. Bagrov S.N., Mogilevtsev V.V., Perova N.V., Maklakova I.A. Experimental justification for the use of collagen copolymer in the surgical treatment of glaucoma. *Oftal'mokhirurgiya.* 2001; 3:24-29. (In Russ.).
58. Papaconstantinou D., Georgalas I., Karmiris E. Trabeculectomy with OloGen versus trabeculectomy for the treatment of glaucoma: a pilot study. *Acta Ophthalmol.* 2010; 88(1):80-85.
59. Perez C.I., Mellado F., Jones A., Colvin R. Trabeculectomy combined with collagen matrix implant (Ologen). *J Glaucoma.* 2016; 26(1):54-55.
60. Erichev V.P., Khachatryan G.K. Glycosaminoglycan matrix in the prophylaxis of conjunctival scleral scarring with sinusastrabeculectomy. *Natsional'nyy zhurnal glaukoma.* 2018; 17(1):37-42. (In Russ.).
61. Rosentreter A., Schild A.M., Jordan J.F. A prospective randomised trial of trabeculectomy using mitomycin C vs an ologen implant in open-angle glaucoma. *Eye (Lond.).* 2010; 24(9):1449-1457.
62. Vinod K., Gedde S.J. Clinical investigation of new glaucoma procedures. *Curr Opin Ophthalmol.* 2017; 28(2):187-193.
63. Boey P.Y., Narayanaswamy A., Zheng C. et al. Imaging of blebs after phacotrabeculectomy with Ologen collagen matrix implants. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95(3):340-344. doi:10.1136/bjo.2009.177758
64. Murata M. An experimental study of the outflow pathway of the aqueous humor after glaucoma surgery. *Acta Soc Ophthalmol Jap.* 1980; 84(9): 329-335.
65. Rosentreter A., Schild A.M., Jordan J.F. et al. A prospective randomised trial of trabeculectomy using mitomycin C vs an ologen implant in open angle glaucoma. *Eye (Lond.).* 2010; 24(9):1449-1457. doi:10.1038/eye.2010.106
66. RF patent No. 256255. Composite porous drainage device for surgical treatment of glaucoma. Chernykh V.V., Larionov P.M. Applicant and patent holder LLC «Vertikal-M». Announced on 04.30.2014. Published 10.09.2015. Bulletin 2015; 25: 4. (In Russ.).