

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» ИМЕНИ
АКАДЕМИКА С.Н. ФЕДОРОВА» МИНИСТЕРСТВА
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ЮХАНАНОВА АДЕЛИНА ВИКТОРОВНА

**Хирургическое лечение регматогенной отслойки сетчатки с
разрывами в нижней полусфере**

3.1.5. – Офтальмология (медицинские науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Шпак Александр Анатольевич

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1. Причины отслойки сетчатки.....	12
1.2. Методы лечения отслойки сетчатки	12
1.2.1. Эписклеральное пломбирование и эндовитреальная хирургия	13
1.2.2. Заместители стекловидного тела	15
1.3. Механизм действия газовой тампонады.....	20
1.3.1. Поверхностное натяжение и выталкивающая сила.....	20
1.3.2. Угол контакта.....	21
1.4. Физико-химические характеристики газа: способность к расширению, концентрация и продолжительность тампонады.....	22
1.5. Безопасность введения газовоздушных смесей.....	27
1.6. Эффективность операции в зависимости от локализации разрывов.....	31
1.7. Формирование хориоретинальной адгезии после лазеркоагуляции сетчатки	37
1.7.1. Морфологические аспекты формирования хориоретинальной адгезии после лазеркоагуляции сетчатки.....	39
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	42
2.1. Экспериментальные исследования	42
2.1.1. Объект и объем исследования	42
2.1.2. Техника проведения операции	42
2.1.3. Методики исследования.....	43
2.2. Клинические исследования	45
2.2.1. Сравнительный анализ газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере	46
2.2.2. Разработка комбинированной тампонады газовоздушной смесью и вискоэластиком.....	47
2.3. Клинико-инструментальные методы исследования.....	48
2.4. Статистическая обработка данных	50
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	51
3.1. Клиническое наблюдение	51

3.2. Результаты гистологических исследований.....	52
ГЛАВА 4. СРАВНЕНИЕ ГАЗОВОЙ И СИЛИКОНОВОЙ ТАМПОНАДЫ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ РЕГМАТОГЕННОЙ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ С РАЗРЫВАМИ В НИЖНЕЙ ПОЛУСФЕРЕ.....	62
4.1. Разработка хирургического этапа лечения.....	62
4.2. Сравнительный анализ анатомических и функциональных результатов при газовой и силиконовой тампонаде	70
4.3. Клинический случай.....	77
ГЛАВА 5. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ С НИЖНИМ РАЗРЫВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ ТАМПОНАДЫ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ И ВИСКОЭЛАСТИКОМ..	81
5.1. Разработка комбинированной тампонады витреальной полости газовой и силиконовой смесью и вискоэластиком	82
5.2. Предварительные анатомические и функциональные результаты лечения РОС с нижними разрывами с применением комбинированной тампонады газовой и силиконовой смесью и вискоэластиком	84
5.2.1. Клинический пример.....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
ВЫВОДЫ	107
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	109
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	111

ВВЕДЕНИЕ

Регматогенная отслойка сетчатки (РОС) – заболевание глаза, характеризующееся наличием разрыва сетчатки и скоплением жидкости между пигментным эпителием и нейроэпителием, и требующее срочного хирургического лечения (Захаров В.Д. и соавт., 2009; Файзрахманов Р.Р. и соавт., 2017-2020). Нелеченая РОС в большинстве случаев приводит к снижению остроты зрения вплоть до светоощущения (Кожухов А.А. и соавт., 2013; Аванесова Т.А. и соавт., 2015). Частота заболеваемости РОС варьирует от 6,3 до 17,9 на 100 тысяч населения (Захаров В.Д. и соавт. 2009.; Сергиенко А.А. и соавт., 2021, Bartz-Schmidt 2008; Mitry et al., 2010). В настоящее время для лечения РОС применяют две основные хирургические методики: эписклеральное пломбирование и эндовитреальное вмешательство, а также комбинацию обоих методов (Шкворченко Д.О. и соавт. 2015; Шишкин М.А. и соавт., 2021; Martínez-Castillo et al., 2005; Sheng et al., 2012). Для каждого из методов существует ряд показаний. Развитие технологий привело к тому, что эндовитреальное вмешательство стало методом выбора в большинстве случаев хирургического лечения РОС, несмотря на то, что длительное время применялась именно сочетанная хирургическая методика – эписклеральное вдавление и витрэктомия с тампонадой витреальной полости заместителями стекловидного тела (Ho et al., 2009.; McLaughlin et al., 2017.).

При проведении трансцилиарной витрэктомии на заключительном этапе операции производят тампонаду витреальной полости заместителями стекловидного тела – силиконом или газом. Заместители стекловидного тела необходимы для поддержания правильного анатомического положения сетчатки до момента формирования хориоретинальной спайки. По стандартной методике при выборе заместителя стекловидного тела учитывают локализацию разрыва сетчатки, при разрывах в верхней полусфере чаще применяется газовая тампонада, тогда как при нижних разрывах используют силикон (Clement et al., 2008).

Золотым стандартом тампонады витреальной полости при локализации разрывов в ниже-наружном и ниже-внутреннем сегментах является использование «тяжелого» силикона. К преимуществам силиконового масла стоит отнести его прозрачность, химическую стабильность, гидрофобность, что обеспечивает эффективную длительную эндотампонаду до формирования хориоретинальной спайки, за счет герметизации разрыва и дает возможность проводить офтальмоскопию с первого дня после операции. Главным недостатком силиконовой эндотампонады является необходимость проведения повторного хирургического вмешательства (Rhatigan et al., 2018).

Альтернативный метод тампонады витреальной полости – введение газа. Основные газы, используемые офтальмологами, как в нашей стране, так и за рубежом: гексафторид серы (SF_6), перфторэтан (C_2F_6), перфторпропан (C_3F_8). В клинике ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России применяется перфторпропан (C_3F_8).

В послеоперационном периоде при использовании газа и силикона наблюдается ряд осложнений: вторичная гипертензия, развитие или прогрессирование пролиферативной витреоретинопатии (ПВР), вторичное помутнение хрусталика, дистрофия роговицы, эндофтальмит (Анкудинова С.В. и соавт., 2011; Сдобникова С.В. и соавт., 2013; Neffendorf et al., 2017). Кроме того, существует ряд ограничений для применения каждого из тампонирующих веществ. Так газ затрудняет офтальмоскопию сетчатки в первую неделю, а силикон, по мнению отдельных авторов (Banerjee et al. 2017; Purtskhvanidze et al., 2017), вероятно, может оказывать токсическое действие на сетчатку.

Одно из важнейших преимуществ газовой тампонады – проведение одноэтапного хирургического лечения. Газовая тампонада витреальной полости является технологией выбора при локализации разрывов сетчатки в верхней полусфере, что обусловлено физическими свойствами газов. Однако в последнее время возрос интерес к применению газа и при нижних локализациях разрывов. Ранее ряд авторов описывал применение газовой тампонады при РОС с нижними разрывами, однако исследователи получили не очень высокие анатомические и

функциональные результаты (Sharma et al., 2004). Тем не менее, за последние годы опубликованы работы, продемонстрировавшие высокую эффективность газовой тампонады витреальной полости при РОС с нижними разрывами (Шкворченко Д.О. и соавт., 2018; Martínez et al., 2016; Shiraki et al., 2018). Исследователи отмечали важность соблюдения правильного положения головы (вниз лицом) различной продолжительности - от 1 до 7 дней после операции (Zhou et al., 2015; Ajlan et al., 2017; Shiraki et al., 2018).

Вместе с тем в представленных работах отсутствует единый алгоритм применения газовой тампонады, не описана технология ее выполнения, различаются вид и концентрация используемой газовой смеси. Также отсутствует единое мнение о необходимости и длительности фиксированного послеоперационного положения пациента в связи с противоречивостью данных о сроках формирования хориоретинальной адгезии, достаточной для прилегания сетчатки.

Для формирования хориоретинальной спайки в хирургии отслоек сетчатки используют лазерное излучение. Воздействие лазерного излучения на сетчатку вызывает клеточный ответ, в результате которого происходит формирование фиброзной ткани, удерживающей сетчатку. По данным разных авторов спайки после лазерной коагуляции начинают формироваться в первые сутки и быстро укрепляются в течение последующих трех суток. (Kita et al., 1991; Yoon et al., 1988). Однако нет конкретных точных данных о сроках формирования хориоретинальной адгезии достаточной для удержания сетчатки в правильном положении.

Таким образом, представляется актуальным изучение применения газа в качестве заместителя стекловидного тела в хирургии отслойки сетчатки при локализации разрыва в нижних сегментах, т.к. данный метод позволит избежать повторного эндовитреального вмешательства и возможного токсического воздействия силикона на сетчатку, при обеспечении аналогичного анатомического и функционального эффекта. Однако, нет единого мнения о возможностях применения газовой эндотампонады при локализации разрывов

сетчатки в нижних сегментах, не отработана ее технология. Необходимо изучение точных сроков формирования хориоретинальной адгезии, достаточной для удержания плотного контакта сетчатки с подлежащими тканями, так как газовая тампонада витреальной полости непродолжительна и не может обеспечивать длительный контакт сетчатки и подлежащих тканей для формирования плотной хориоретинальной спайки, что теоретически может приводить к рецидивам отслойки сетчатки. Решение перечисленных вопросов позволит детально разработать технологию газовой тампонады, что, в свою очередь, позволит минимизировать число рецидивов отслойки сетчатки.

Цель исследования

Разработать оптимизированную технологию хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере.

Задачи исследования

1. На основании экспериментального исследования *in vivo* изучить морфологические особенности хориоретинальных взаимоотношений в области лазеркоагуляции сетчатки в ранние сроки (12-72 часа), определить необходимую продолжительность газовой тампонады.
2. Разработать хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере.
3. Изучить в сравнительном аспекте эффективность и безопасность газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии отслойки сетчатки с нижней локализацией разрывов.
4. Разработать комбинированную тампонаду витреальной полости газоздушной смесью и вискоэластиком в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва на 6 часах на крайней периферии.

5. Разработать показания для применения эндотампонады витреальной полости газовой смесью и комбинацией газовой смеси и вискоэластика в хирургии отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере.

Научная новизна

1. Впервые установлено по результатам анализа динамических изменений морфологии лазерных коагулятов, нанесенных на ранее отслоенную и уложенную на место оперативным путем сетчатку, что в период с 24 до 48 часов после лазеркоагуляции формируется плотный адгезивный хориоретинальный контакт посредством отложений фибрина, источником которого служит сывороточный фибриноген, входящий в состав экстравазального экссудата зоны лазеркоагуляции.
2. Детально разработан хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере.
3. Впервые изучены в сравнительном аспекте эффективность и безопасность газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии отслойки сетчатки с нижней локализацией разрывов.
4. Впервые разработан хирургический метод комбинированной тампонады витреальной полости газовой смесью и вискоэластиком в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва на 6 часах на крайней периферии.
5. Впервые определены показания для применения эндотампонады витреальной полости газовой смесью и комбинацией газовой смеси и вискоэластика в хирургии отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере.

Практическая значимость

1. Разработанные методы хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере с применением

тампонады газовоздушной смесью и комбинацией газовоздушной смеси и вискоэластика являются безопасными и эффективными, так как позволяют избежать второго этапа операции (удаления силикона).

2. Разработанный метод хирургического вмешательства при регматогенной отслойке сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере с применением тампонады комбинацией газовоздушной смеси и вискоэластика обеспечивает хорошие клинические результаты у пациентов с разрывами на 6 часах на крайней периферии, а также у больных, которые не могут принимать горизонтальное положение лицом вниз.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Хориоретинальная адгезия в области лазеркоагулятов является достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 часов после операции, что обусловлено выраженным слипчивым процессом в оболочках за счет отложения фибрина.
2. Разработанный хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере является безопасным и эффективным, обеспечивает прилегание сетчатки в большинстве случаев, и позволяет избежать второго этапа операции (удаления силикона).
3. Пациентам с регматогенной отслойкой сетчатки с разрывами на 6 часах на крайней периферии или с разрывами в нижней полусфере при невозможности соблюдать положение вниз лицом в течение длительного времени показана предложенная комбинированная тампонада газовоздушной смесью и вискоэластиком.

Внедрение результатов работы в клиническую практику

Разработанные методы лечения отслойки сетчатки с разрывами в нижней полусфере на основе витрэктомии и тампонады газовой воздушной смесью или комбинированной тампонады газовой воздушной смесью и вискоэластиком внедрены и активно применяются в клинической практике отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, а также используются в учебном процессе Института непрерывного профессионального образования ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы были представлены на Пироговском офтальмологическом форуме (г. Москва, 2019), Витреоретинальной мастерской «Видеоретина 3D» (г. Самара, 2019), XII съезде офтальмологов России (г. Москва, 2020), научно-практической конференции «Современные технологии лечения витреоретинальной патологии» (г. Ростов-на-Дону, 2021).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 4 печатных работ, из них 3 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационного исследования, получен 1 патент на изобретение №2737939 от 07.12.2020.

Структура и объем диссертации

Диссертационное исследование изложено на 130 страницах машинописного текста, иллюстрировано 24 рисунками и 8 таблицами. Работасостоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, 3 глав собственных исследований,

заклучения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 191 источник, из них 33 отечественных и 158 зарубежных.

Работа выполнена в ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им.акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, под руководством заведующего отделом клинико-функциональной диагностики, доктора медицинских наук, профессора Шпака А.А. Хирургические вмешательства выполнены на базе отделения витреоретинальной хирургии.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Первичная ретинальная отслойка сетчатки (РОС) – одно из наиболее тяжелых заболеваний глаза, характеризующееся наличием разрыва сетчатки и скоплением субретинальной жидкости, попадающей через разрыв сетчатки в пространство между нейросенсорными клетками и подлежащим пигментным эпителием, и требующее срочного хирургического лечения [10, 11, 25, 32, 70, 96, 176]. Без проведения хирургического лечения отслойка сетчатки может привести к полной необратимой слепоте [2, 12, 16, 33, 63, 103]. Частота заболеваемости РОС варьирует от 6,3 до 17,9 на 100 тысяч населения [103, 118, 119, 153, 170].

1.1. Причины отслойки сетчатки

В основе патогенеза РОС лежит разрыв сетчатки с последующей отслойкой ее нейросенсорной части от пигментного эпителия [114]. Среди предрасполагающих факторов развития отслойки сетчатки в качестве одного из основных выделяют периферические дегенерации сетчатки, так как разрыв формируется под действием витреоретинальной тракции в наиболее слабом месте сетчатки, т.е. в зоне дегенерации [50, 95]. Другими предрасполагающими к отслойке сетчатки факторами являются: миопия высокой степени, макулярный разрыв, лазерная задняя капсулотомия, выпадение стекловидного тела, травма [119, 185].

1.2. Методы лечения отслойки сетчатки

В 1929 году Gonin показал, что для излечения РОС необходимо закрыть разрыв сетчатки. С тех пор это было подтверждено многочисленными положительными результатами лечения. Постепенно появлялись, развивались и модернизировались различные хирургические техники [38, 122]. В настоящее

время для лечения РОС во всем мире применяется несколько основных хирургических методик: эписклеральное пломбирование, пневморетинопексия, витрэктомия, а также комбинации этих методов [11, 29, 52, 76, 79, 102, 103].

Единый подход к лечению РОС до сих пор не установлен. По статистическим данным витрэктомия с тампонадой витреальной полости заместителями стекловидного тела выполняется в 70% случаев в США, в 60% случаев в Германии, в 90% случаев в Великобритании [127, 172]. Существуют основные показания для каждого хирургического метода, однако окончательный выбор зависит от ряда факторов: количества, локализации и размеров разрывов сетчатки, объема субретинальной жидкости, состояния макулярной зоны сетчатки, наличия и стадии пролиферативной витреоретинопатии (ПВР), прозрачности хрусталика и стекловидного тела, соматического состояния пациента [4, 6, 14, 24, 32].

1.2.1. Эписклеральное пломбирование и эндовитреальная хирургия

Эписклеральное пломбирование – метод лечения РОС, при котором возможно локальное или круговое расположение пломбы, которая должна быть наложена четко в проекции разрыва [149]. Эписклеральное пломбирование может сочетаться с дренированием субретинальной жидкости и криопексией или лазеркоагуляцией [187]. Показания к эписклеральному пломбированию – локальная отслойка сетчатки без выраженной пролиферативной витреоретинопатии. Впервые эписклеральное пломбирование было предложено Lincoff и Kreissig в 1996 г. [107]. Основная цель эписклерального пломбирования – блокирование разрыва с минимальной хирургической травмой и осложнениями. Однако полностью избежать осложнений невозможно. Во время эписклерального пломбирования может развиваться гипотония из-за перфорации склеры, что, в свою очередь, может привести к отслойке сосудистой оболочки [67]. Кроме того, эписклеральное пломбирование может быть более продолжительной операцией по времени и требует более длительной анестезии [188]. Послеоперационные

осложнения включают изменение рефракции (индуцированные астигматизм, миопия) [54, 190], нарушение функции глазодвигательных мышц с развитием диплопии [107, 170], экструзия пломбы и ее инфицирование [179, 182], снижение кровотока в сетчатке [93], ишемия переднего сегмента [92].

Эндовитральная хирургия - более современный метод лечения отслойки сетчатки [171, 173]. Длительное время витрэктомия проводилась преимущественно вместе с эписклеральным пломбированием, но в 2000-х годах появились работы, в которых было показано, что комбинированное лечение, эписклеральное пломбирование с витрэктомией и тампонадой витреальной полости силиконом или газом, не имеет значимых преимуществ перед собственно витрэктомией с эндотампонадой [71, 75, 152, 159], и даже наоборот, может приводит к большему числу интра- и послеоперационных осложнений, а также удлиняет время операции. Постепенно витрэктомия вошла в клиническую практику как самостоятельный вид хирургического лечения РОС, обеспечивающий высокую результативность [55]. Сформулированы основные показания к проведению эндовитреального вмешательства: РОС в сочетании с пролиферативной витреоретинопатией (ПВР) степени С, РОС с множественными, разноуровневыми, или большими, или гигантскими разрывами, которые не могут быть блокированы локальным пломбированием из-за их размеров, а также выраженной ПВР [101].

Как и любому хирургическому вмешательству, эндовитреальной хирургии свойственны осложнения. Интраоперационно возможна ятрогенная травма сетчатки с развитием в 7% случаев разрывов сетчатки. Возможна также и травма хрусталика, что в 9-10% случаев приводит к развитию катаракты. Нередко наблюдаются колебания внутриглазного давления во время введения перфторорганических соединений и во время замены жидкость-воздух [123]. В послеоперационном периоде возможны такие осложнения как воспалительная реакция (иридоциклит, эндофтальмит), прогрессирование ПВР [153, 191].

1.2.2. Заместители стекловидного тела

На завершающем этапе эндовитреального вмешательства производят тампонаду витреальной полости заместителями стекловидного тела: силиконом, газом или воздухом. Заместители стекловидного тела необходимы для поддержания правильного анатомического положения сетчатки до момента формирования хориоретинальной спайки, т.к. они предотвращают попадание внутриглазной жидкости под сетчатку, а также помогают расправить поврежденную сетчатку.

Силиконовое масло

Силиконовое масло – химически инертный гидрофобный полимер, представляющий собой соединение кремния и кислорода. Впервые тампонада витреальной полости силиконовым маслом была осуществлена в 1962 году под руководством Cibis P.A. [53] По данным исследования авторов тампонада витреальной полости не привела к клиническим и гистологическим изменениям сетчатки, обеспечив правильное анатомическое положение сетчатки на все время эндотампонады. С тех пор данный способ эндовитреальной тампонады широко применяется в хирургии отслойки сетчатки, а также других витреретинальных патологий. [26].

К преимуществам силиконового масла стоит отнести его прозрачность, химическую стабильность, биологическую инертность, гидрофобность и высокое поверхностное натяжение. Перечисленные свойства обеспечивают удобство его применения и безопасность в качестве заместителя стекловидного тела. Гидрофобность силикона определяет его возможность оттеснять внутриглазную жидкость от поверхности сетчатки. В совокупности с вышеизложенными качествами способность силикона принимать сферическую форму позволяет обеспечить эффективную эндотампонаду до формирования хориоретинальной спайки за счет герметизации разрыва [26].

В настоящий момент существует несколько видов силиконовых масел, используемых в витреретинальной хирургии. Главные параметры, которые

необходимо учитывать хирургам при выборе силиконового масла в каждой конкретной ситуации – удельный вес и вязкость. Удельный вес силиконового масла определяет его положение относительно жидкости и позволяет разделить на «легкое» и «тяжелое». «Легкий» силикон обладает меньшим удельным весом, чем вода ($0,95-0,98\text{г/см}^3$), поэтому используется в основном при отслойках с локализацией разрывов в верхней полусфере. «Тяжелый» силикон, наоборот, обладает большим удельным весом, чем вода ($1,02-1,06\text{ г/см}^3$), и используется при отслойке сетчатки с разрывами в нижней полусфере. Вязкость силиконового масла определяет его способность к эмульгации. Чем меньше вязкость силиконового масла, тем больше вероятность его эмульгации [178].

По данным группы авторов тампонада витреальной полости силиконовым маслом является методом выбора у пациентов с отслойкой сетчатки и выраженной ПВР, гигантскими разрывами, разрывами, локализующимися в нижней полусфере, при травме сетчатки и инородном теле в витреальной полости, а также при сопутствующем сахарном диабете [138].

Помимо положительных свойств силиконового масла, ему свойственны и недостатки. Показано, что новые поколения силиконового масла в значительно меньшей мере вызывают такие осложнения как эмульгация и стимуляция воспалительных реакций. Проблемы, возникающие при эндотампонаде силиконовым маслом, были подробно освещены в ряде исследований. По данным Wolf и соавт. (2003) при использовании тяжелых силиконов встречались такие осложнения, как повышение ВГД в 13%, зрачковый блок в 6%, воспалительные процессы в передней камере, образование синехий в 3%, нарушение кровотока в 6% случаев [178]. Wetterqvist и соавт. (2004), используя в качестве заменителя стекловидного тела то же силиконовое масло, что и предыдущие авторы, отметили, что в 37% случаев образовывались преципитаты на роговице, в 11% - произошла эмульгация силиконового масла [175]. В работах практически всех авторов показано прогрессирование катаракты на фоне эндовитреальной тампонады силиконом. Однако, стоит отметить, что степень прогрессирования катаракты

зависит не только от тампонирующих агентов, но и от исходной степени помутнения хрусталика и возраста пациента [175].

По данным литературы частота рецидивов отслойки сетчатки при тампонаде витреальной полости силиконовым маслом составляет от 6 до 34%. В исследовании Теке и соавт. (2013) было показано, что из 987 пациентов у 12,2% был зафиксирован рецидив отслойки сетчатки [162]. По данным James и соавт. (2007) частота рецидивов отслойки сетчатки составляет 13,9% [83]. В случаях тампонады обычным («легким») силиконом рецидив отслойки может возникнуть как в период нахождения тампонирующего вещества в полости глаза, так и после его удаления. В противоположность особенностям тампонады «легким» силиконовым маслом, на фоне тампонады «тяжелым» силиконом рецидив отслойки возникает, как правило, в верхнем отделе глазного дна [87, 175, 180]. Описаны случаи рецидива отслойки на различных сроках после введения тампонирующего вещества [87, 140].

Обсуждаемым остается вопрос о длительности эндовитреальной тампонады силиконовым маслом. По данным клинических рекомендаций длительность тампонады витреальной полости должна составлять от 3 до 6 месяцев в зависимости от вида силикона [162]. Считается, что за это время формируется спайка между сетчаткой и подлежащими структурами [46, 189]. По данным некоторых исследований частота рецидивов отслойки сетчатки и максимальная скорректированная острота зрения после операции не зависят от продолжительности тампонады полости стекловидного тела силиконовым маслом [82, 123, 160]. В работе Lam и соавт. (2008) показано, что эндовитреальная тампонада силиконовым маслом продолжительностью менее 2 месяцев значительно увеличивает риск рецидива отслойки сетчатки [98]. В литературе в настоящее время преобладает мнение, что продолжительность тампонады должна подбираться индивидуально для каждого пациента, основываясь на тяжести отслойки сетчатки, сопутствующей глазной и соматической патологии.

Использование силикона при хирургии отслойки сетчатки требует проведения второго этапа лечения, который заключается в удалении силикона из витреальной полости. В ряде исследований показано, что максимально

корректированная острота зрения у пациентов, прошедших второй этап лечения выше, чем у тех, кому не проводилось удаление силикона из витреальной полости [59, 138] Однако перед проведением второго этапа лечения необходимо оценить возможные риски рецидива отслойки сетчатки и вероятность положительного исхода операции. В ряде случаев, например при наличии тяжелой отслойки, единственного глаза, хирурги вынуждены отказываться от удаления силиконового масла.

Газовая тампонада

Помимо силиконового масла в хирургии отслойки сетчатки так же широко применяется газовая (газовоздушная) тампонада. Газовую тампонаду обычно применяют в витреоретинальной хирургии для обеспечения внутренней тампонады при лечении РОС. Показания к применению газа весьма разнообразны, помимо РОС они включают макулярный разрыв, субмакулярное кровоизлияние, эпиретинальный фиброз, пролиферативную диабетическую ретинопатию, увеит, травмы глазного яблока [86, 120, 154, 164]. Газовоздушная тампонада может быть использована хирургом при первичном вмешательстве, или во время второго этапа после завершения силиконовой тампонады. Газовая тампонада применяется, как правило, при отслойке сетчатки с локализацией разрывов в верхней полусфере и при отсутствии выраженной ПВР.

Первым газообразным веществом, применяемым в витреоретинальной хирургии для лечения свежей отслойки сетчатки, был отфильтрованный воздух. В 1911 году Ohm в эксперименте доказал безопасность введения воздуха в стекловидное тело и предложил его введение в клинику при РОС [141]. В то время лечение РОС не предполагало блокировку разрыва сетчатки, поэтому не было цели достичь контакта между воздухом и местом разрыва для создания хориоретинальной спайки. Вскоре после этого Rohmer и Krusius (1912) независимо друг от друга сообщили об аналогичной хирургической технике [94, 141]. Было высказано предположение, что этот метод работает за счет увеличения объема стекловидного тела для устранения субретинальной жидкости. В то время не

предполагали, что разрывы сетчатки являются причиной РОС, и поэтому не было предпринято попыток создать адгезию между нейросенсорной сетчаткой, пигментным эпителием сетчатки и заблокировать разрыв [94, 141].

В 1935 г. Arruga Н., согласно концепции Gonin сообщил о необходимости закрытия ретинального разрыва, впервые применил тампонирование витреальной полости воздухом в сочетании с наружной транссклеральной диатермокоагуляцией края разрыва, при этом после операции располагал пациента таким образом, чтобы воздух не имел контакта с разрывом. Концепция использования воздуха в качестве интравитреальной тампонады наряду с лечением разрыва сетчатки с помощью диатермии была впервые использована в 1938 году Rosengreen [142], которому удалось добиться прилегания сетчатки в 75%. Однако в связи с достаточно высоким риском рецидива отслойки сетчатки и малым количеством наблюдений за пациентами, у которых проводили лечение с применением воздуха, более широкое распространение получила методика эписклерального пломбирования, приводящая к более надежным и прогнозируемым результатам [91]. В связи с этим, исследование возможностей применения газовой смеси в хирургии отслойки сетчатки было медленным. Лишь в 1973 году было предложено комбинированное использование воздушной тампонады и пломбирования в работе Chawla и Birchall [51], обеспеченное, в частности, благодаря разработке в 1965 году специального операционного стола, обеспечивающего положение пациента лицом вниз [124].

С развитием витрэктомии pars plana в 1970-х годах вновь возрос интерес к использованию газовой смеси тампонады стекловидного тела. Помимо воздуха стали применять фторуглеродные газы, которые были инертными, бесцветными, не имели запаха и обладали низкой плотностью. При этом особое внимание уделяли концентрации газа, скорости расширения и продолжительности абсорбции [112]. Было показано, что газ значительно дестабилизирует структуру стекловидного тела и снижает концентрацию гиалуроновой кислоты [106]. Для понимания физических свойств газа и его изменений при интравитреальном введении проводили эксперименты на животных. В частности, произошел

значительный прорыв в исследовании и использовании гексафторида серы (SF_6) на глазах лабораторных животных [64].

Впервые эндовитреальное введение расширяющегося газа для пролонгированной адаптации края разрыва применил в 1969 г. Norton E., использовав в своей практике гексафторид серы (SF_6). А уже в 80-х годах прошлого столетия Lincoff (1980) подробно описал данную технологию эндотампонады в широкой печати, что привело к распространению метода в практике офтальмохирургов [104].

1.3. Механизм действия газовой тампонады

1.3.1. Поверхностное натяжение и выталкивающая сила

В основе функционирования газовой тампонады лежат два основных научных принципа: поверхностное натяжение и выталкивающая сила. Когда газ вводится в полость стекловидного тела, он образует искривленную газожидкостную поверхность с водой из-за силы, действующей на ее поверхность так, как если бы она была покрыта растянутой эластичной мембраной. Вода имеет высокое поверхностное натяжение из-за ван-дер-ваальсовых и неполярных сил, которые вызывают притяжение ее сети водородных связей [57]. Поверхностное натяжение на границе раздела газовой и водной фаз высокое и, как было показано в ряде работ, более чем в два раза превышает поверхностное натяжение на водно-масляной границе жидкости и силиконового масла [7]. Поверхностное натяжение, создаваемое пузырем газа, позволяет сохранять пузырь как единое целое, а не растворяться в витреоретинальной полости. Выталкивающая сила - это сила, оказываемая жидкостью, которая противодействует весу объекта и, следовательно, поддерживает его. Выталкивающая сила, создаваемая газом, пропорциональна объему введенного газа и максимальна в вершине газового пузыря. При контроле положения вершины пузыря для полного закрытия разрывов сетчатки, он обеспечивает прилегание сетчатки и предотвращает попадание жидкости в

субретинальное пространство. Напротив, более низкая выталкивающая сила силиконового масла делает его менее эффективным материалом для тампонады с учетом неровной поверхности, на которой деформация пузыря менее вероятна [57].

Математическую модель, основанную на статическом балансе между выталкивающей силой и поверхностным натяжением, оценивали на человеческом глазу. В связи с этим данная модель представляется полезной для потенциального прогнозирования свойств тампонирующего вещества без дополнительных экспериментов *in vivo*. Модель оценивает форму тампонады и охват сетчатки относительно объема тампонады в сочетании с аналогом человеческого глаза [61].

1.3.2. Угол контакта

Другим важным понятием является «угол контакта», который объясняет эффективность контакта тампонирующего агента с сетчаткой [62]. Угол контакта относится к дуге, создаваемой тампонирующим агентом на сетчатке. Было показано, что он составляет $38,8^\circ$ при использовании воздуха на модели сетчатки человека *ex vivo* по сравнению с $18,2^\circ$ при использовании силиконового масла [62]. При любом заданном объеме, воздух обеспечивает большую дугу контакта, чем силиконовое масло. Теоретические исследования показали, что есть два ключевых параметра, которые характеризуют покрытие сетчатки любым тампонирующим агентом – угол контакта и используемый объем [61].

Углы контактов быстро меняются в крайних нижнем и верхнем положениях. Изменения высоты газового пузыря происходят наиболее быстро в крайних нижнем и верхнем положениях. Быстрое изменение в нижней части означает, что тампонада не будет длиться очень долго в положении «6 часов». Если хирург использует 100% введение газа, как при пневморетинопексии, объем вводимого газа должен быть больше, чтобы получить тот же процент наполнения полости стекловидного тела после расширения газового пузыря [61].

1.4. Физико-химические характеристики газа: способность к расширению, концентрация и продолжительность тампонады

Для успешной и безопасной тампонады разрыва сетчатки важны объем введенного газа, его концентрация и продолжительность пребывания в глазу. Последние два показателя зависят от типа используемой газовой смеси. Необходимый объем газа зависит от размера и положения разрыва, что определяется величиной разрыва и размером глаза. Чтобы изучить различные свойства различных газов, степень расширения и их изменения после введения в полость глаза проводили многочисленные экспериментальные исследования.

Abrams и соавт. (1974) оценивали результаты применения гексафторида серы (SF_6) на модели витректомированного кролика. После интравитреального введения 100% SF_6 время максимального расширения объема ($2,1 \cdot X$) составило 24 часа, что соответствовало общей концентрации газа 18%. Затем объем газового пузырька уменьшался экспоненциально с полным поглощением к 8-10 дням, но это время варьировалось в зависимости от начального объема введенного газа [34].

В аналогичном исследовании с использованием перфторпропана (C_3F_8) время максимального расширения ($4 \cdot X$) составило 4 дня, концентрация газа - 12%, а продолжительность пребывания в глазу - 28 дней [132]. После этого Lincoff и соавт. (1980) провели масштабное исследование на новозеландских красных кроликах по скорости расширения и продолжительности нахождения внутри глаза трех углеводородных газов: перфторметана (CF_4), перфторэтана (C_2F_6) и перфторпропана (C_3F_8) [104]. Инъекция $0,4 \text{ см}^3$ чистого CF_4 соответствовала максимальному расширению в первый день, тогда как C_2F_6 и C_3F_8 достигали максимального расширения на третий день. CF_4 увеличивался в 1,9 раза, C_2F_6 - в 3,3 раза, а C_3F_8 - в четыре раза [109]. CF_4 оставался в глазу 6 дней, C_2F_6 - 16 дней, а C_3F_8 - 28 дней. При уменьшенном объеме $0,2 \text{ см}^3$ C_3F_8 отмечали максимальное расширение на 3-й день и сохранение его в течение 21 дня, что свидетельствует о том, что расширение чистого газа не зависит от введенного объема. Также

проводили исследование SF₆, при введении 0,4 см³ газа максимальное расширение достигалось на 2-й день и сохранялось в течение 6 дней. Общий вывод заключался в том, что длительность нахождения газовой смеси в глазу увеличивалась с ростом длины углеродной цепи [104].

В другом исследовании, проведенном теми же авторами, было обнаружено, что уменьшение объема газового пузыря происходило по экспоненциальному закону первого порядка, при этом "период полураспада" пузыря был постоянным и не зависел от объема. Период полураспада составил 1, 2, 6 и 10 дней для CF₄, C₂F₆, C₃F₈ и C₄F₁₀, соответственно [108]. На «кроличьей» модели показано, что водные супрессанты увеличивают длительность существования пузырей SF₆ и C₃F₈ на 43% и 55%, соответственно, что имеет потенциальное значение для пациентов, которым вводят данные газовые смеси [101].

Поскольку человеческий глаз больше, чем глаз кролика (около 4,5 против 1,5 мл), ожидается, что кинетика газов будет отличаться. В 1983 году Lincoff и соавт. использовали 100% C₂F₆ (0,6-1,5 мл) и 100% C₃F₈ (0,2-1,2 мл) у 30 невитректомированных пациентов для дальнейшего изучения поведения внутриглазного газа. Период полураспада C₂F₆ составил 10 дней, и он оставался в глазу до 40 дней. C₃F₈, как и ожидалось, имел более длительный период полураспада (20-50 дней), и ему потребовалось 70 дней, чтобы полностью исчезнуть из глаза [105].

Parver и Lincoff (1978) использовали стеклянную модель (внутренний диаметр 21 мм и объем 4,8 см³) и математическую формулу для расчета того, что при разрыве на 90° в полости стекловидного тела нормального размера требуется 0,28 см³ газа (эквивалентно приблизительно 5% объема полости модели) для адекватного охвата краев разрыва [130]. Однако, если размер разрыва был увеличен до 180°, объем пузыря увеличивался в 8,6 раз до приблизительно 2,4 см³ (приблизительно 50% от наполнения полости). Аналогично, увеличение аксиальной длины в более миопическом глазу требовало большего объема газа. Интравитреальный объем газа в конце операции зависел от интенсивности

газовоздушного обмена и таких факторов, как расстояние между портами, наличие манометра для инфузии газа и аксиальной длины глаза.

В одной из работ авторы использовали компьютерную программу 3D с возможностями анализа потока жидкости для описания хирургических техник, которые можно использовать для достижения желаемой концентрации газа во время замены газа на воздух в конце оперативного вмешательства [149]. При оценке углового расстояния между инфузионным и выпускным отверстиями, скорость введения газа и глубина выпускного отверстия не оказали существенного влияния на достигаемую концентрацию газа. Увеличение аксиальной длины глаза требует большего объема газовой смеси, которую необходимо ввести для достижения нужной концентрации газа [149]. Вполне вероятно, что существует множество других хирургических факторов, которые могут повлиять на объем газа в полости стекловидного тела и эффективность его введения.

Следующим важным вопросом является продолжительность тампонады. Если время до рассасывания слишком короткое, существует риск, что хориоретинальное рубцевание не произойдет, что может привести к повторной отслойке сетчатке. Лазерная коагуляция обеспечивает адекватную силу адгезии пигментного эпителия к сетчатке в течение 24 часов и удвоение адгезии через 2-3 недели после процедуры [88, 97, 184]. Однако считается, что криотерапия изначально ослабляет силу адгезии сетчатки в течение первой недели из-за локального воспаления и отека, а затем постепенно усиливает ее до уровня лазерной [88]. Если газовая тампонада длится слишком долго, могут возникнуть такие осложнения, как устойчивое повышение внутриглазного давления и помутнение хрусталика при его неудалении [48]. Представляется маловероятным, что выбор газовой смеси специфически изменяет скорость адгезии сетчатки к пигментному эпителию сетчатки и формирование хориоретинальной адгезии. Когда газовую смесь вводят в стекловидное тело, она вступает в последовательный ряд фаз: расширение, азотное равновесие и растворение [48]. Продолжительность и степень каждой из этих фаз зависит от концентрации газа, молекулярного веса, коэффициента диффузии, растворимости в воде, площади поверхности и

диффузионного барьера. Кроме того, было показано, что наличие стекловидного тела увеличивает период полураспада газа в 2,2-2,7 раза, что имеет значение при проведении пневморетинопексии [181].

Понимание концентрации, при которой произойдет расширение объема, имело большое значение, поскольку объем стекловидной полости неизменен. В одном исследовании анализировали 56 пациентов после витрэктомии, получавших различные концентрации C_2F_6 (11 пациентов) или C_3F_8 (45 пациентов) [48]. Использование концентрация от 20% до 25% C_2F_6 и от 15% до 17% C_3F_8 не приводило к расширению. Thompson и соавт. (1989) обнаружили, что нерасширяющиеся концентрации SF_6 и C_3F_8 составляют 20% и 10%, соответственно. Кроме того, период полураспада варьировал в зависимости от состояния хрусталика и типа газа (100% воздух, 1,6 дня в факичном состоянии против 0,9 дня в афакичном; 20% SF_6 , 2,8 дня в факичном состоянии против 2,4 дня в афакичном; C_3F_8 , 5,7 дней в факичном против 4,5 дней в афакичном против 3,4 дней псевдофакичном глазу). Те же авторы показали линейное увеличение периода полураспада C_3F_8 с увеличением концентрации (5%, $4,2 \pm 0,1$ дня; 10%, $6,5 \pm 0,2$ дня; 15%, $8,0 \pm 0,6$ дня; и 20%, $12,5 \pm 1,1$ дня) [165]. По данным Kontos и соавт. (2016), продолжительность существования газа составляет 18 дней, 34,5 дня и 67,7 дня для 30% SF_6 , 20% C_2F_6 и 15% C_3F_8 , соответственно [90].

Также была исследована кинетика поглощения пузырями газовой смеси. Модель прозрачного стекла в сочетании с математической моделью стекловидной полости использовали для оценки размера пузыря за счет наблюдения за высотой мениска пузырька; однако из-за небольших смещений угла наблюдения возникали систематические ошибки [130]. Использование другой математической зависимости, основанной на геометрической модели глаза кролика, позволило рассчитать объем газового пузыря внутри глаза по наблюдаемой высоте мениска. Этот неинвазивный метод показал, что поглощение нерасширяемых концентраций SF_6 и C_3F_8 подчиняется кинетике первого порядка (т.е. поглощение пропорционально концентрации) [130].

Кроме того, в глазах кроликов, перенесших витректомию, период внутриглазного полураспада газа был значительно меньше, чем в глазах с неповрежденным стекловидным телом [130]. В другом исследовании для оценки объема пузырьков использовали ультразвуковое А-сканирование путем сравнения аксиальной длины с расстоянием от роговицы до газа при положении пациента лицом вниз [81].

Таким образом, на основании многочисленных экспериментальных исследований были выявлены основные характеристики расширяющихся газов. На данный момент основные газы, используемые офтальмологами как в нашей стране, так и за рубежом: гексафторид серы (SF_6), перфторэтан (C_2F_6), перфторпропан (C_3F_8). Применяемые газы бесцветны, не имеют запаха, нетоксичны и способны к расширению. Основное преимущество газа перед воздухом – способность увеличиваться в объеме – осуществляется за счет абсорбции ионов азота, растворенных в крови. Этим же фактом объясняется то, что газ полностью расширяется только через несколько суток после введения в витреальную полость. В полости глаза расширяющиеся газы проходят 3 фазы: увеличение объема, максимальное расширение и резорбция. При этом на скорость резорбции влияют такие факторы, как состояние гематоофтальмического барьера, состояние иридохрусталиковой диафрагмы, растворимость газа в воде, разница парциального давления составляющих газового пузыря и окружающих тканей, скорость глазного кровотока и тока внутриглазной жидкости [20, 23].

Степень расширения газового пузыря и продолжительность эффективной эндотампонады различна у разных видов газа. Так гексафторид серы способен увеличиваться в объеме в 3 раза через два дня после его введения, а продолжительность тампонады гексафторида серы составляет в среднем 15 дней. Перфторэтан расширяется в 3,3 раза, длительность резорбции – 30-35 дней. Перфторпропан увеличивает объем в 4 раза, а длительность рассасывания составляет 55-65 дней [20, 23] (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики расширяющихся газов, применяемых в офтальмохирургии (адаптировано с [23])

Название	Гексафторид серы	Перфторэтан	Перфторпропан
Химическая формула	SF ₆	C ₂ F ₆	C ₃ F ₈
Задержка расширения, дней	1	1,5	3
Эффективное время тампонады, дней	7	15	30
Присутствие газа, дней	15	30	60
Степень расширения	3	3,3	4
Концентрация газа для нерасширяющейся газовоздушной смеси	20%	16-17%	12%
Максимальный объем чистого газа	1,5 мл	1 мл	0.8 мл

1.5. Безопасность введения газоздушных смесей

При любой хирургической процедуре или лечении безопасность и эффективность имеют первостепенное значение для определения ее полезности. Осложнения после введения газоздушных смесей можно разделить на общие осложнения после газовой тампонады и специфические газовые осложнения.

Наиболее частым осложнением, развивающимся на фоне газовой тампонады, является развитие катаракты [3, 21, 83]. Предотвратить данное осложнение возможно при соблюдении пациентом положения лицом вниз, добиваясь чтобы газовый пузырь не контактировал с задней капсулой хрусталика, однако это полностью не предотвращает данное осложнение.

Попадание газа в переднюю камеру возможно у пациентов с артификацией, а также при миопии высокой степени. Если газ заполняет более 50% объема передней камеры, необходимо его удаление с целью предотвращения развития

офтальмогипертензии и необратимого повреждения эндотелия роговицы [168]. У пациентов с афакией полная газовая тампонада может привести к бомбажу радужки с формированием передних синехий. Для профилактики данного осложнения рекомендуется выполнение нижней периферической иридэктомии и строгое соблюдение пациентом положения вниз лицом.

Некоторые авторы отмечают возможность прогрессирования ПВР при газовой эндотампонаде, а также появление новых ретинальных разрывов и складок сетчатки [124].

В литературе описаны сомнения ряда авторов по поводу влияния газового пузырька на внутриглазное давление (ВГД) [56]. Опрос Американского общества специалистов-ретинологов (ASRS) в 2012 году позволил определить частоту приводящих к слепоте послеоперационных ишемических событий как 0,06 случаев/год [150]. Lincoff (1983) изучал ВГД в группе из 30 невитрэктомированных пациентов, получавших 100% C_2F_6 (0,6-1,5 мл) или 100% C_3F_8 (0,3-1,2 мл). У большинства пациентов резкое повышение ВГД до 30-50 мм рт.ст. произошло сразу после введения газа, снизившись до 20 мм рт.ст. в течение 90 минут (у всех пациентов). Давление оставалось на этом уровне во время фазы расширения у всех пациентов, кроме одного (34 мм рт. ст. через 1 день после введения 0,5 мл C_3F_8 , при этом отмечали снижение до 26 мм рт.ст. после назначения тимолола и ацетазоламида). Одному пациенту с афакией пришлось удалить газ с помощью иглы 30 G из-за давления 54 мм рт. ст. на 16-й день после введения 1,5 мл C_3F_8 , а у другого пациента с миопией отмечали закрытие угла передней камеры и повышение давления после введения 1,5 мл C_3F_8 [105].

В 56 глазах после витрэктомии использование переменных концентраций (включая 100%) C_2F_6 и C_3F_8 привело к 58,9% (33/56) случаев ВГД, равного 22 мм рт.ст., и 19,6% (11/56) - ВГД равного 40 мм рт.ст. в течение недели после введения газа [48]. В целом, 12 пациентам потребовалось частичное удаление газовой смеси для нормализации ВГД. Анализ подгрупп этого исследования показал, что у 50% (9/18) пациентов, получавших 100% C_3F_8 , ВГД соответствовало 22 мм рт.ст. [47]. При сравнении 12% и 20% C_3F_8 в другом исследовании не было выявлено вариаций

в повышении ВГД при различных концентрациях газа [74]. Sabates и соавт. (2018) показали 26,1% (18/69) случаев повышения ВГД на 1 день после введения SF₆ (различная концентрация; от 12% до 100%) у пациентов с сопутствующей офтальмологической патологией в невитректомированных глазах при РОС, при этом у четырех пациентов предположительно произошла вторичная окклюзия центральной артерии сетчатки, а у трех пациентов с сахарным диабетом отмечали утрату световосприятия. В глазах после витректомии применение SF₆ от 20% до 100% привело к 10,4% (11/101) случаев высокого ВГД и окклюзии центральной артерии сетчатки на 1-й день после инъекции [143].

Другой аспект, который необходимо учитывать при использовании внутриглазного газа - это влияние различных условий окружающей среды на ВГД. Две важные ситуации - изменение высоты над уровнем моря (включая авиаперелеты) и общая анестезия закисью азота (NO₂). Быстрая декомпрессия воздуха во время авиаперелета может привести к значительному повышению ВГД и окклюзии центральной артерии сетчатки [110, 111, 126]. Кроме того, проведение эписклерального пломбирования может ограничить величину изменения ВГД [126]. Снижение высоты над уровнем моря, на которой проводилась процедура, может увеличить риск гипотонии и повторной отслойки из-за влияния на процентное содержание стекловидного тела и охвата разрывов [72]. Amini и соавт. (2011) предложена математическая модель для прогнозирования влияния изменения высоты над уровнем моря и потенциального использования препаратов, снижающих ВГД, для его контроля [39]. Еще одним важным вопросом является влияние гипербарического воздействия, например, при подводном плавании, на внутриглазную газовый пузырь. На модели кролика показано опасное повышение ВГД, что не позволяет рекомендовать данный вид спорта пациентам [80].

Имеются противоречивые данные о взаимодействии анестезирующего агента NO₂ во время витректомии с C₃F₈. Mostafa и соавт. (1991) рекомендовали исключать закись азота во время витректомии, чтобы избежать гипотонии после операции из-за вытеснения газа, в то время как в отдельном проспективном исследовании такого эффекта не наблюдалось [45, 121]. Однако следует соблюдать

осторожность при использовании газообразных агентов для общей анестезии во время стоматологических или других процедур у пациентов с газом в полости глаза после недавней витрэктомии. Это может привести к удвоенному расширению газового пузыря из-за повышенной растворимости NO_2 и повышению внутриглазного давления, что чревато нейропатией зрительного нерва [69, 171].

Большинство используемых внутриглазных газов считаются безопасными и не оказывают химической и фармакологической токсичности на внутриглазную ткань. В глазу с недавно проведенной витрэктомией и газовой тампонадой саккадические движения глаз и нормальные движения головы также считаются безопасными. Движения вызывают лишь небольшой сдвиг жидкости на сетчатке, что ниже нормального уровня прочности ее адгезии [40]. В ряде работ высказывались опасения, что SF_6 может содержать следы токсичных загрязняющих веществ, пентафторида серы и водорода, но электрофизиологические исследования не показали отрицательного влияния этого газа на функцию сетчатки [68, 174]. Кроме того, гистопатологические исследования на кроликах показали, что высокая концентрация и длительное воздействие могут вызвать необратимые изменения, приводящие к разрушению гематофтальмического глазного барьера и нарушению функции сетчатки после воздействия 100% C_3F_8 [84, 128].

Большинство побочных эффектов, приписываемых внутриглазному газу, обусловлены прямым физическим и длительным контактом с глазными тканями, при этом могут развиваться глаукома и катаракта. В рамках экспериментальной модели показано, что степень развития катаракты напрямую связана как с увеличением длины углеродной цепи, так и с объемом газа [78]. Это может свидетельствовать о том, что образование катаракты в основном связано с длительностью контакта пузырька газа с задней капсулой хрусталика в механическом процессе, а не с химическим действием газа. Кроме того, скорость увеличения плотности ядерной катаракты значительно выше у пациентов старше 50 лет, чем у молодых пациентов [166]. Также считается, что SF_6 и C_3F_8 могут влиять на биомеханические параметры роговицы [162]. Наконец, газ может

мигрировать в нежелательные области, такие как супрахориоидальное пространство или передняя камера [168].

1.6. Эффективность операции в зависимости от локализации разрывов

В настоящее время выбор заместителя стекловидного тела зависит от нескольких факторов, главным из которых является локализация разрывов сетчатки. Так при локализации разрывов сетчатки в верхней полусфере преимущественно применяют тампонаду витреальной полости гексафторидом серы или перфторпропаном [124]. А для тампонады витреальной полости при нижних разрывах преимущество отдают «тяжелому» силиконовому маслу [178].

В сравнительном аспекте применения силиконового масла и фторированных газов представляется актуальным изучение применения газовой тампонады витреальной полости в хирургии отслоек сетчатки с нижними разрывами, т.к. литературные данные по этому вопросу противоречивы и неоднозначны. Считается, что газовая тампонада витреальной полости не может обеспечить адекватную поддержку нижней полусферы сетчатки, следовательно, для лечения РОС с нижними разрывами сетчатки требуется дополнительная процедура, такая как эписклеральное пломбирование или тампонада витреальной полости силиконом [43]. Однако эписклеральное пломбирование имеет ряд своих осложнений [156], а использование силиконового масла требует дополнительной операции по его удалению.

Результаты одного из первых исследований о применении газовой тампонады витреальной полости в лечении РОС с нижними разрывами без эписклерального пломбирования были опубликованы в 2004 году Sharma и соавт. [146]. Исследователи показали, что в 81,3% случаев удалось добиться прилегания сетчатки после первой операции. При этом авторы отмечали, что нет необходимости в проведении комбинированного хирургического лечения, включающего витрэктомию и эписклеральное пломбирование. Однако оставались

неясными критерии включения и исключения из основной и контрольной групп, в связи с чем нельзя судить о достоверности полученных результатов.

Несмотря на то, что в 2008 году были представлены данные о более высокой анатомической и функциональной эффективности комбинированного лечения, в 2013 году по данным многоцентрового исследования, включавшего 7000 пациентов, было показано, что сочетанная хирургия не имеет преимуществ перед витрэктомией с эндотампонадой газом [35].

Arjmand P. и соавт. (2021) в своей работы описали вариант традиционного эписклерального пломбирования в сочетании с витрэктомией pars plana 23 G для лечения регматогенной отслойки сетчатки с нижними разрывами. Всего в исследование было включено 12 глаз 12 пациентов. У всех пациентов определяли как минимум 1 нижний разрыв сетчатки и отслойку сетчатки более чем на 2 часах. На восьми глазах выявлена РОС с отслойкой в макулярной области. На семи глазах отмечена РОС после ранее проведенной пневморетинопексии (C_3F_8). На всех глазах проведена витрэктомия в сочетании с эписклеральным пломбированием. Анатомический успех операции составил 100%. Средняя острота зрения logMAR составила 1 (SD 0,6; 20/160) и 0,5 (SD 0,4; 20/60) через 3 месяца и при последнем осмотре, соответственно. За $4,1 \pm 0,8$ месяца наблюдений не отмечено осложнений, связанных с пломбированием. Авторы заключили, что два описанных метода хорошо дополняют друг друга [41].

Исследований применения газовой тампонады витреальной полости в хирургии нижних отслоек сетчатки мало, и они носят разрозненный характер. В ряде случаев не были описаны объем и концентрация используемой газовой смеси, период наблюдения за пациентами ограничивался ранним послеоперационным периодом, не во всех работах были подробно описаны применяемые хирургические методики.

В работе Dell'Омо R. и соавт. (2013) представлены результаты лечения 85 пациентов с РОС с нижними разрывами методом витрэктомии, эндолазеркоагуляции, криопексии и эндотампонады витреальной полости 20% гексофторидом серы. В течении 5 суток после операции пациенты должны были

соблюдать положение лицом вниз. Результативность метода составила 92,7%, что позволило сделать вывод о возможности применения газовой тампонады для лечения РОС с нижними разрывами [58]. Важно отметить, что авторы не указали объем вводимого газа и методику его введения. Кроме того, помимо эндолазеркоагуляции сетчатки проводили криопексию сетчатки, что также влияло на результаты лечения.

Аналогичные данные о возможности применения газовой тампонады при РОС с нижними разрывами представлены в работе Martínez-Castillo V.J. и соавт. в 2016 году. В своем исследовании авторы использовали 2 вида фторированных газов: гексафторид серы и перфторпропан. Пациенты соблюдали положение лежа на спине в течении 30 минут после операции. Восстановление анатомии сетчатки удалось достигнуть в 139 из 147 случаев. Авторы отметили важность полного дренирования субретинальной жидкости в ходе операции, однако не исследовали частоту прилегания сетчатки при применении конкретного газа, метод введения и необходимый объем [116].

В работе Neffendorf и соавт. (124) о применении газа в хирургии отслойки сетчатки авторы отмечают, что для максимально эффективной тампонады фторированным газом хирург должен понимать биомеханику работы газа (поверхностное натяжение, коэффициент расширения, поверхность разрыва). Исследователи демонстрируют выбор газовой тампонады при разных локализациях разрывов: для нижних разрывов предлагается использовать C_2F_6 или C_3F_8 , при разрывах, локализующихся над горизонтальным меридианом – SF_6 , при гигантских верхних разрывах – C_2F_6 , при пролиферативной витреоретинопатии – C_2F_6 или C_3F_8 . Однако, авторы отмечают, что при выраженной пролиферативной витреоретинопатии отдают предпочтение эндотампонаде силиконовым маслом [124]. Такие характеристики, как факичный или псевдофакичный глаз, возраст пациента и предшествующие глазные заболевания (например, глаукома), как правило, не влияют на выбор газа при лечении РОС [36].

Gupta и соавт. (2018) представили данные о тенденциях за последние 15 лет в отношении предпочтения газа и в целом обнаружили переход от C_3F_8 к C_2F_6 , но

по данным авторов это очень субъективно и зависит от нормативных ограничений [73].

В 2017 году были проведены исследования длительности позиционирования головы после хирургического лечения РОС с нижними разрывами. Для тампонады был использован 15% перфторпропан. Частота прилегания сетчатки через 3 месяца после операции составила 83,6% у пациентов, которые придерживались вынужденного положения 1 сутки после операции и 78% у пациентов, которые придерживались вынужденного положения 7 суток. Было показано, что нет статистически достоверной разницы в частоте рецидивов отслойки сетчатки между двумя группами пациентов [37]. Однако, следует отметить, что частота рецидивов была достаточно высокой.

В исследовании 2018 года было показано, что у пациентов с РОС с нижними разрывами, которые придерживались положения на спине или боку анатомические результаты оказались лучше, чем у пациентов, которые располагались вниз лицом [148]. Однако, данное исследование имело ряд ограничений. Во-первых, авторы применяли различные хирургические методики, у части пациентов было проведено удаление ВПМ, у части нет, и не указано, влияло ли это на частоту рецидивов отслойки сетчатки. Во-вторых, не указано в какие сроки происходили рецидивы отслойки сетчатки, было ли это в раннем или отдаленном послеоперационном периоде. Таким образом, невозможно дать однозначную интерпретацию полученных результатов. Неизменным остается только возможность применения газов в хирургии РОС.

В работе [60] при тампонаде газозооной смесью SF₆ у пациентов с РОС и нижними разрывами после первого вмешательства достигнута частота прилегания сетчатки 96%, более высокая, чем в группе с верхними разрывами (82,4%). В работе использовали 25% гексафторид серы без указания вводимого объема. Кроме того, авторы не указали было ли повышение ВГД в послеоперационном периоде. Менее успешные результаты получены в работе [158], где у 81 пациента с РОС и единичными или множественными нижними разрывами сетчатки анатомический успех первого вмешательства составил 91,4%. Однако в данном исследовании

авторы использовали 3 вида коагуляции сетчатки: лазеркоагуляцию, криокоагуляцию и сочетанную лазерную и криокоагуляцию. Авторы не указали, при каком именно виде коагуляции сетчатки произошли рецидивы отслойки сетчатки, что исключает возможность определения факторов риска рецидива отслойки сетчатки, связанных с недостаточным или избыточным объемом коагуляции сетчатки.

Результаты большого сравнительного исследования опубликовали Stavrakas P. и соавт. (2017). Авторы оценивали анатомические и функциональные результаты пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки, пролеченных с помощью витрэктомии pars plana, в зависимости от расположения разрывов. В исследование было включено 160 глаз, разделенных на две группы в зависимости от расположения разрыва: группа с верхним разрывом (115 глаз) и группа с нижним разрывом (45 глаз). Основной конечной точкой исследования был анатомический успех через 3 месяца после операции. Первичное прикрепление сетчатки было достигнуто у 96,5% пациентов в группе верхних разрывов и у 93,3% в группе нижних разрывов. Статистический анализ показал, что состояние макулы, возраст и предоперационная МКОЗ имели значительное влияние на среднее изменение МКОЗ [155]. Таким образом, было показано, что применение газа возможно как при верхних, так и при нижних разрывах сетчатки. Однако следует учитывать, что авторы проводили лазеркоагуляцию сетчатки и криопексию, но не анализировали частоту рецидивов в зависимости от вида коагулирующего воздействия на сетчатку. Кроме того не был указан объем проводимой коагуляции сетчатки, что делает невозможным определение влияния объема коагуляции на частоту рецидивов.

В ретроспективное исследование, опубликованное Zhang Y. и соавт. (2021), вошли 20 пациентов (20 глаз) с нижними разрывами сетчатки при РОС; всем им была проведена витрэктомия pars plana в сочетании с круговой лазеркоагуляцией сетчатки и газовоздушной тампонадой с использованием фильтрованного воздуха. После наблюдения в течение 1 года частота первичного прикрепления сетчатки составила 95%. Авторы отметили достоверное повышение остроты зрения в

послеоперационном периоде и не отметили повышения ВГД ни в одном случае. Средний объем остаточного газа в первый день после операции составил 77,5%; газ рассосался у всех пациентов в течение 2 недель [186].

Tetsumoto A. и соавт. (2020) провели сравнительное исследование эффективности газовой и SF₆ тампонады при верхних и нижних разрывах у пациентов с РОС. Всем пациентам проводили 27 G витрэктомию pars plana [163]. В группу А вошли пациенты, которым была выполнена газовая тампонада 20% SF₆. В группу В вошли пациенты, которым проводилась воздушная тампонада. Все пациенты наблюдались в течение 12 месяцев после операции. В исследование было включено 70 глаз (группа А: 35 глаз, группа В: 35 глаз). В 17 глазах в группе А и 13 глазах в группе В выявлены РОС с верхним разрывом, а в 14 глаз в группе А и 19 глаз в группе В - с нижним разрывом сетчатки. Статистической разницы в предоперационных демографических данных между группами не было. Частота прилегания сетчатки составила 97,1% в группе А (с газовой тампонадой) и 94,3% в группе В (с воздушной тампонадой) [163]. При этом выборка пациентов носила ограниченный характер, что ограничивает возможность их использования в сравнительном анализе.

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что данные об эффективности применения газовоздушной тампонады весьма неоднозначны. В работах были использованы различные методы коагуляции сетчатки, не указаны объем вводимого газа, не всегда точно определено послеоперационное положение пациента. Данные ограничения не позволяют экстраполировать данные на большую клиническую группу, определить факторы риска рецидива отслойки сетчатки в раннем и отдаленном послеоперационных периодах, и требуют дальнейшего изучения.

Прямое сравнение тампонады газовоздушной смесью и силиконом у 40 пациентов с РОС и нижними разрывами было выполнено только в одной работе [147]. Однако, материал этой работы составили глаза с выраженной ПВР (Стадии С и D по классификации) [77]. Авторы использовали газовоздушные смеси C₂F₆ и C₃F₈, а в качестве силиконовой тампонады – Oxane 5700. Первичное прилегание

сетчатки удалось получить при газовоздушной тампонаде у 17 из 18 пациентов, при силиконовой тампонаде – у 18 из 22 больных. Следует отметить, что авторы не формулировали критерии выбора вида тампонады; не ясно, был ли этот выбор случайным.

Некоторые авторы выражают обеспокоенность токсичностью силиконового масла по сравнению с фторированным газом, отмечая в своих исследованиях снижение остроты зрения у пациентов либо на фоне эндотампонады силиконовым маслом, либо после его удаления. Они связывают это с истончением слоев сетчатки на фоне эндотампонады силиконовым маслом, особенно в случаях тотальной отслойки сетчатки [136]. Однако прямых доказательств этому факту нет.

Коллектив авторов из Нидерландов изучали изменения светочувствительности сетчатки глаза, по данным микропериметрии, после операции по поводу отслойки сетчатки с применением эндотампонады силиконовым маслом и газом на четырех равных группах пациентов: две группы были с отслойкой сетчатки без вовлечения макулярной зоны, две группы – с вовлечением макулярной зоны. В обеих группах они получили лучшие функциональные результаты в группах, где производилась тампонада витреальной полости газом, по сравнению с группами в которых эндотампонада проводилась силиконовым маслом [144].

1.7. Формирование хориоретинальной адгезии после лазеркоагуляции сетчатки

Заместители стекловидного тела вводят в витреальную полость, чтобы предотвратить попадание жидкости под сетчатку до момента формирования хориоретинальной спайки, которая будет блокировать разрыв и обеспечивать нормальное положение сетчатки. Однако фторированные газы постепенно рассасываются и уменьшаются в объеме, в связи с чем не могут обеспечить длительную адекватную блокаду зоны разрыва, особенно локализующегося в

нижней полусфере. В связи с этим важным является изучение вопроса о времени формирования хориоретинальной адгезии и хориоретинальной спайки, т.к. именно адекватная хориоретинальная адгезия может обеспечить правильное положение сетчатки после частичной резорбции фторированного газа. Кроме того, многие пациенты не могут длительное время придерживать определенного положения головы, чтобы обеспечить правильное расположение газового пузыря. В этом случае, знание времени формирования хориоретинальной адгезии также позволит определить минимально необходимое время позиционирования головы после РОС. [124]

Для формирования хориоретинальной спайки в хирургии отслоек сетчатки используют лазерное излучение [8, 28]. Воздействие лазерного излучения на сетчатку вызывает морфологический и клеточный ответ, в результате которого и происходит формирование фиброзной ткани, удерживающей сетчатку. В 1984 году было опубликовано исследование, в котором авторы показали, что сила хориоретинальной адгезии снижена в первые трое суток после операции, и только потом повышается, доходя до нормальных показателей [148].

В 1988 году Уооп и соавторы исследовали, насколько быстро лазерная фотокоагуляция вызывает адгезию между сетчаткой и пигментным эпителием. После фотокоагуляции неповрежденной сетчатки сила адгезии возвращалась к нормальным показателям через 24 часа после процедуры, хориоретинальная спайка формировалась в течении 3 недель. Такие же данные были получены и на глазах, где была проведена предварительная отслойка сетчатки [184]. Похожие результаты получили в своем исследовании Кита и соавт. (1991). Они проводили сравнение лазерной фотокоагуляции и криопексии, и отметили, что оба метода приводят к формированию нормальной адгезии через 24 часа после проведения лечения [88]. Данными трех указанных исследований руководствуются многие врачи, обсуждая вопрос применения газовой тампонады. При этом новых данных о времени формирования хориоретинальной адгезии и хориоретинальной спайки при локализации разрыва в нижней полусфере в литературе не представлено.

1.7.1. Морфологические аспекты формирования хориоретинальной адгезии после лазеркоагуляции сетчатки

Фундаментальные исследования изменений тканей глаза при лазерной коагуляции велись в 70х - 90х годах XX века [1, 5, 13, 17, 18, 44, 115, 133, 134] и продолжаются в последние десятилетия [89, 99, 131]. Однако конкретные морфологические изменения, обеспечивающие адгезию сетчатки в первые дни после лазеркоагуляции, до развития хориоретинальных спаек, изучены недостаточно.

Наиболее подробно описаны первые 24 часа после лазеркоагуляции [1, 5, 13, 17]. При этом все авторы описывают наряду с различной степенью деструктивных процессов наружных слоев сетчатки обязательное присутствие локального отека; лишь в единичных работах к концу первых суток гистологически установлено появление волокнистых структур в основании коагулятов [17], однако их детальное описание и природа не была установлена.

Предположительно данные волокнистые структуры могут представлять собой нити фибрина. Опираясь на базовые понятия патофизиологии, можно предполагать, что экссудативные процессы на фоне деструкции активируют свертывающую систему. При нарушении целостности стенки кровеносного сосуда в крови сначала формируется активатор протромбина. При каталитическом участии ионов кальция он вызывает превращение протромбина в тромбин. В течение последующих 10-15 секунд тромбин вызывает полимеризацию молекул фибриногена в нити фибрина. В течение нескольких следующих минут последовательно возникает процесс, значительно укрепляющий сеть фибрина, который требует присутствия одного из плазменных глобулинов – фибринстабилизирующего фактора. Активированный тромбином фибринстабилизирующий фактор действует как фермент, который вызывает ковалентное связывание все большего числа молекул фибрин-мономера, а также многочисленное поперечное связывание прилежащих волокон фибрина, усиливая трехмерную структуру их сети [15, 22]. Все выше сказанное свидетельствует об активации общих адгезивных механизмов в тканях, но требует уточнения

применительно к лазериндуцированным деструктивным процессам в интересующей нас зоне ЛК сетчатки.

Весьма дискуссионен также вопрос о времени развития хориоретинальной адгезии, превышающей по силе ее обычную степень, и достаточную для длительного удержания сетчатки в правильном положении. Время, необходимое для обеспечения такой адгезии, в работах разных авторов варьирует от 1 до 4 суток [66, 85, 88, 97, 169, 184].

При внедрении лазеркоагуляции сетчатки в офтальмологическую практику морфологические исследования в основном были направлены на обоснование сроков пребывания тампонирующих веществ в витреальной полости с оценкой фиброзно-рубцовых изменений между хориоидеей и сетчаткой. Гистологические данные на ранних сроках рассматривались с точки зрения активации фибробластического звена, синтеза и созревания коллагена, упуская момент механизма контакта оболочек до появления органического сращения [5, 18, 44, 115].

При тампонаде витреальной полости газом происходит постепенное его рассасывание, к моменту завершения которого хориоретинальная спайка в области лазеркоагуляции должна быть достаточно прочной. Поэтому при планировании хирургических вмешательств по поводу РОС, особенно в случаях с последующим вынужденным положением пациента после операции (лицом вниз – при локализации разрывов в нижних отделах сетчатки), большое значение имеет знание времени формирования лазеркоагулятов, достаточного для того, чтобы самостоятельно удерживать уложенную на место сетчатку. Определение указанного времени требует проведения специальных исследований.

Таким образом, обобщая вышесказанное, можно заключить, что данные относительно применения газовой и силиконовой эндотампонады, имеющиеся в литературе, противоречивы. Одни авторы описывают преимущества применения силиконового масла при лечении всех видов отслойки сетчатки, в том числе РОС с нижним разрывами, другие утверждают, что во многих случаях фторированные

газы не уступают в эффективности силиконовой тампонаде. В частности, работы, посвященные возможности применения газовой тампонады витреальной полости при локализации разрыва в нижней полусфере, носят противоречивый и ограниченный характер. Различны данные по используемым объемам и концентрациям газов, а также нет единого мнения относительно используемого вида фторированного газа, послеоперационного положения пациента и его продолжительности. Помимо этого, недостаточно данных о преимуществах данной методики в сравнительном аспекте по отношению к силиконовой тампонаде. Все вышеперечисленное обуславливает актуальность настоящего исследования.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа носит экспериментально-клинический характер. Экспериментальная часть проведена для уточнения времени и механизма хориоретинальной адгезии, клиническая, в первую очередь, — для разработки хирургического этапа газовой тампонады витреальной полости при РОС с нижними разрывами и выполнения сравнительного анализа газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере.

2.1. Экспериментальные исследования

2.1.1 Объект и объем исследования

Эксперимент выполнен на 15 кроликах породы Шиншилла (15 глаз), оперированных на базе Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (директор филиала – д.м.н. Терещенко А.В., при участии к.м.н., врача-офтальмолога Плахотного М.А.).

Эксперимент проводили с соблюдением всех необходимых морально-этических норм согласно «Руководству по уходу и использованию лабораторных животных» (Москва, 2016) и соответствующим международным рекомендациям.

Всем животным экспериментально моделировали отслойку сетчатки, у 12 из 15 животных с последующим восстановлением ее анатомического прилегания и выполнением лазеркоагуляции сетчатки в зоне отслойки.

2.1.2. Техника проведения операции

После иммобилизации животного в условиях стерильной операционной выполняли общий наркоз (1% раствор Гексенала внутримышечно, из расчета 0,5 мл на 1 кг веса животного), который дополняли трехкратной инстилляцией

анестетика в конъюнктивальную полость (Проксиметакаин 0,5%). Перед операцией всем животным промывали конъюнктивальную полость раствором антисептика (Пиклоксидин 0,05%). Под контролем операционного микроскопа CFC-6 (Opton, Германия) на левых глазах кроликов с височной стороны от диска зрительного нерва введением субретинально 0,1 мл физиологического раствора индуцировали отслойку сетчатки.

В качестве экспериментального моделирования лечебных манипуляций проводили трехпортовую 25G витрэктомию, дренировали субретинальную жидкость, после чего вводили перфторорганическое соединение в витреальную полость до достижения прилегания сетчатки на операционном столе. Затем проводили лазеркоагуляцию на аппарате Алод-01 (ООО "АЛКОМ медика"). Параметры лазеркоагуляции были следующими: длина волны – 532 нм, диаметр – 200 мкм, длительность – от 0,1 до 0,2 с, мощность – от 80 до 100 мВт. Лазерные коагуляты (ЛК) сетчатки наносили с височной стороны от диска зрительного нерва по кругу в 3 ряда в шахматном порядке до появления белого очага (рис.1). Операцию завершали заменой перфторорганического соединения на стерильную газоздушную смесь.

В послеоперационном периоде всем кроликам проводили стандартную антибактериальную и противовоспалительную терапию. Животных наблюдали в течение 72 часов после проведенной операции.

2.1.3. Методики исследования

Динамическое наблюдение с оценкой лазеркоагуляции осуществляли клинически с последующим морфологическим изучением при помощи световой микроскопии.

В течение всего срока наблюдения животным проводили осмотр конъюнктивальной полости и зон постановки портов, выполняли биомикроскопию, офтальмоскопию с фоторегистрацией.

Животных выводили из эксперимента путем воздушной эмболии непосредственно после моделирования отслойки (исходный контроль без лазеркоагуляции), через 12, 24, 48 и 72 часа (по три кролика на каждый период).

Глазные яблоки энуклеировали и фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина для последующего гистологического исследования. После фиксации глаза разрезали по экватору (рисунок 1), осуществляли вырезку фрагментов глазных яблок с зоной операции.

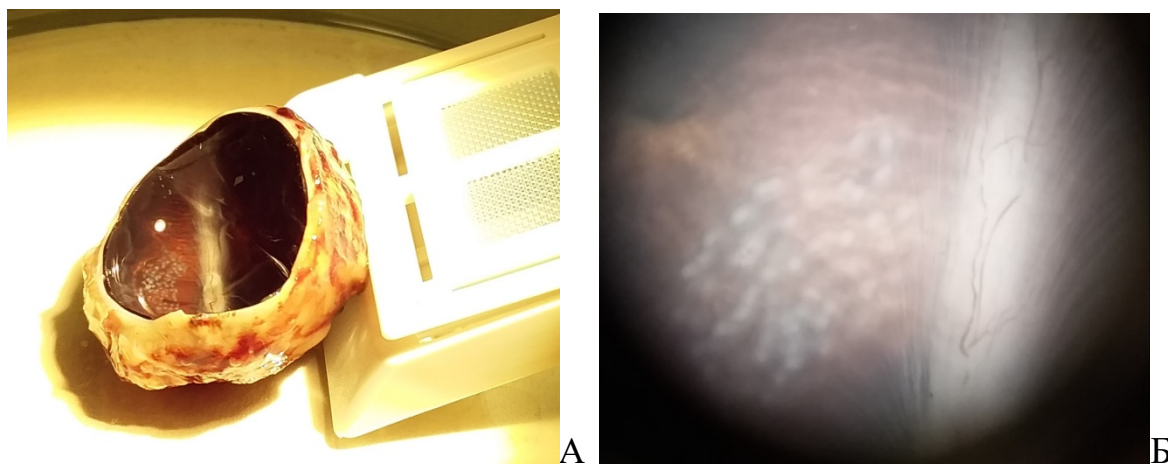


Рисунок 1 – Глаз кролика после операции отслойки сетчатки и лазеркоагуляции сетчатки. А - Макропрепарат глаза кролика. Б – картина глазного дна кролика с нанесенными лазеркоагулятами.

В дальнейшем вышеозначенные фрагменты глазных яблок с зоной операции промывали проточной водой, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации, заливали в парафин, выполняли серии гистологических срезов с применением окраски гематоксилин-эозином. Препараты изучали под микроскопом DM LB2 (Leica, Германия) при увеличениях $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$, с последующим фотографированием.

2.2. Клинические исследования

Всего в исследование включено 86 пациентов (86 глаз). У большинства пациентов (78 человек) проводили сравнительный анализ газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере. У 8 больных (8 глаз) разрабатывали методику тампонады комбинацией газозвушной смеси и вискоэластика.

Проводили набор пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки (РОС) с локализацией разрыва в нижней полусфере (рисунок 2). Все пациенты были оперированы в ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова», в 2018–2021. гг.



Рисунок 2. Фото глазного дна, клиническая картина РОС с локализацией разрыва в нижней полусфере

Критериями включения пациентов явились:

- ранее не оперированная РОС с разрывом в нижней полусфере давностью не более 1 месяца

Критериями исключения из проводимого исследования служили:

- ранее оперированные РОС;
- острые и хронические воспалительные заболевания глаза;
- пролиферативная витреоретинопатия стадии С и D по классификации Hilton [77];
- соматические заболевания в стадии обострения (гипертония, инфаркт миокарда, острая коронарная недостаточность, инсульт);
- психические заболевания;
- наличие наркотической или алкогольной зависимости.

До начала обследования проводили сбор анамнеза о наличии аллергических реакций, перенесенных инфекционных и наличии хронических заболеваний. У всех пациентов имелись заключения терапевта, отоларинголога и стоматолога об отсутствии противопоказаний к проведению офтальмологической операции.

2.2.1. Сравнительный анализ газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере

В данный раздел работы были включены 78 пациентов (78 глаз). Средний возраст пациентов составил $54,8 \pm 10,8$ (от 24 лет до 81 года). Из 78 пациентов, женщины составили 57,7%, мужчины 42,3%. Давность отслойки сетчатки составила до 4 недель. Контрольные осмотры проводили до и после хирургического вмешательства в сроки 1, 3 и 6 месяцев. Средний срок наблюдения составил 9,4 (от 6 до 24) месяцев.

В зависимости от характера отслойки сетчатки пациенты были разделены на 2 группы: без захвата макулярной области отслойкой сетчатки («Macula on») – 36 человек (36 глаз) и с захватом макулярной области («Macula off») – 42 пациента (42 глаза). В каждой из групп были выделены две подгруппы «Газ» и «Силикон» в

зависимости от вида завершающей тампонады витреальной полости, выполняемой соответственно газом (перфторпропан C_3F_8), или силиконом (Densiron).

В проводимом исследовании отбор пациентов с РОС с нижними разрывами осуществляли сплошным методом, а выбор вида тампонады – случайным методом.

В подгруппу «Газ» группы «Macula-on» вошли 23 пациента (23 глаза), из них 12 женщин и 11 мужчин в возрасте от 24 до 68 лет. Аксиальная длина глаза составила от 22,9 до 29,9 мм, длительность отслойки сетчатки от 1 до 6 недель.

Подгруппу «Газ» группы «Macula-off» составили 21 пациент (21 глаз) (10 женщин, 11 мужчин) в возрасте 34-71 лет. Аксиальная длина глаза составила от 23,1 до 29,1 мм, длительность отслойки сетчатки от 1 до 5 недель.

В подгруппу «Силикон» группы «Macula-on» включены 13 пациентов (13 глаз), из них 4 женщины и 9 мужчин, в возрасте 34-69 лет. Аксиальная длина глаза составила от 23,8 до 28,8 мм, длительность отслойки сетчатки – от 1 до 4 недель.

Подгруппу «Силикон» группы «Macula-off» составили 21 пациент (21 глаз) (10 женщин, 11 мужчин) в возрасте 32-81 лет. Аксиальная длина глаза составила от 22,2 до 29,4 мм, длительность отслойки сетчатки – от 1 до 5 недель.

В группе «Macula-off» исходная МКОЗ в большинстве случаев варьировала от 0,001 до 0,03 и не могла быть определена с достаточной точностью. Поэтому у всех пациентов данной группы исходная МКОЗ была условно принята равной 0,02 (0,05 букв ETDRS).

Все исследуемые группы были сопоставимы по всем изучаемым параметрам ($p > 0,05$) за исключением исходной остроты зрения в зависимости от степени вовлечения макулярной области.

2.2.2. Разработка комбинированной тампонады газовоздушной смесью и вискоэластиком

В данный раздел работы вошли 8 пациентов (8 глаз), у которых разрыв был на 6 часах на крайней периферии либо которые не могли принимать положение

вниз лицом в течение длительного времени. Малое количество пациентов связано с относительно низкой частотой встречаемости нижних разрывов на 6 часах на крайней периферии и сравнительной редкостью пациентов, которые по различным причинам не могли принимать положение вниз лицом. Из них было 2 женщины и 6 мужчин, в возрасте от 36 до 63 (медиана (Me)=49) лет. Срок наблюдения после операции составил 6 месяцев.

Острота зрения до операции варьировала от 2 до 34 букв ETDRS (Me=15,1). Аксиальная длина глаза составила от 23,6 до 31,7 мм, длительность отслойки сетчатки – от 2 до 3 недель, высота отслойки – от 2,6 до 6,2 мм.

2.3. Клинико-инструментальные методы исследования

Всем пациентам проводились традиционные и специальные офтальмологические обследования. Традиционные методы включали:

- авторефрактометрию;
- визометрию;
- тонометрию;
- эхобиометрию (В-сканирование);
- биомикроскопию;
- биомикроофтальмоскопию.

Специальные офтальмологические методы включали:

- спектральную оптическую когерентную томографию.
- компьютерную микропериметрию;
- фоторегистрацию глазного дна.

Авторефрактометрию проводили на авторефрактометре «KR-8100» (Topcon, Япония).

Визометрию проводили, используя проектор знаков «SZP 350», (Carl Zeiss Meditec, Германия), также применялся стандартный набор стекол для коррекции аметропии.

Тонometriю проводили при помощи пневмотонометра «Reichert 7» (Reichert, США).

Периметрию выполняли на отечественном проекционном периметре «ППП-60» по стандартизированной методике с объектом белого цвета.

Эхобиометрию проводили на ультразвуковом аппарате «Biometr AL- 100» (Tomey, Германия).

Биомикроскопию проводили на щелевой лампе «SL 140» (Carl Zeiss Meditec, Германия).

Биомикроофтальмоскопию осуществляли в условиях медикаментозного мидриаза с помощью бесконтактной линзы «Ocular MaxField» 78D (Ocular Instruments, США).

Фоторегистрацию глазного дна проводили с помощью ретинальной фундус-камеры «Visucam 500» (Carl Zeiss Meditec AG, Германия) в условиях медикаментозного мидриаза.

Оптическую когерентную томографию (ОКТ) производили на аппарате «Cirrus HD-OCT 5000» (Carl Zeiss Meditec Inc., США). Расширения зрачка не требовалось. Осуществляли сканирование макулярной области по протоколу «Macular Cube 512x128» с последующим анализом толщины центральной зоны сетчатки.

Микропериметрию проводили на микропериметре MAIA (CenterVue Inc., США). Применялась программа macula_12° 10 dB, которая оценивает светочувствительность сетчатки в зоне 12° с центром в фовеа (45 точек) и основана на пороговой стратегии 4-2. Также оценивали светочувствительность в центральной точке, и среднюю светочувствительность по девяти точкам в центре. Исследование проводилось в затемненном помещении после темновой адаптации продолжительностью 15 минут, на фоне медикаментозного мидриаза.

2.4. Статистическая обработка данных

Статистическую обработку осуществляли на персональном компьютере с использованием пакетов программ Excel 2016 («Microsoft») и «Statistica 13.0» (TIBCO Software Inc.). Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Все показатели имели нормальное распределение и приведены в формате $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – среднеквадратическое отклонение. Количественные показатели сравнивали с использованием t-критерия Стьюдента для независимых или зависимых выборок, качественные с помощью точного критерия Фишера. Статистически значимым считали уровень $P < 0,05$. При расчете средних величин остроты зрения данные, полученные по стандартным таблицам, пересчитывали для таблиц ETDRS. В группе «Macula-off» исходная МКОЗ в большинстве случаев варьировала от 0,001 до 0,03 и не могла быть определена с достаточной точностью. Поэтому у всех пациентов данной группы исходная МКОЗ была условно принята равной 0,02 (0,05 букв ETDRS).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной главы явилась оценка результатов комплексного экспериментально-морфологического исследования хориоретинальных взаимоотношений в раннем послеоперационном периоде. Для решения этой цели была поставлена задача - в экспериментальном исследовании *in vivo* изучить морфологические особенности хориоретинальных взаимоотношений в области лазеркоагуляции сетчатки в ранние сроки (12-72 часа), для определения необходимой продолжительности газовой тампонады.

3.1. Клиническое наблюдение

На протяжении всего эксперимента глаза животных оставались спокойными. По результатам клинического наблюдения за животными послеоперационный период протекал без особенностей. В первые сутки на всех опытных глазах подопытных животных наблюдалась умеренная смешанная инъекция сосудов глазного яблока в месте постановки портов, а также слабый отек конъюнктивы, полностью проходившие к 3 дню. На протяжении всего периода наблюдения роговица оставалась прозрачной, передняя камера равномерной, средней глубины, влага передней камеры прозрачной, сохранялась живая реакция зрачка на свет, а также обычные цвет и структура радужной оболочки. Хрусталик оставался прозрачным. Рефлекс глазного дна был розовым. Диск зрительного нерва, сосуды сетчатки были не изменены. При офтальмоскопии на глазных доньях опытных глаз наблюдали хорошо контурированные лазеркоагуляты с височной стороны от диска зрительного нерва на протяжении всего срока наблюдения в виде белых очагов (рисунок 3).

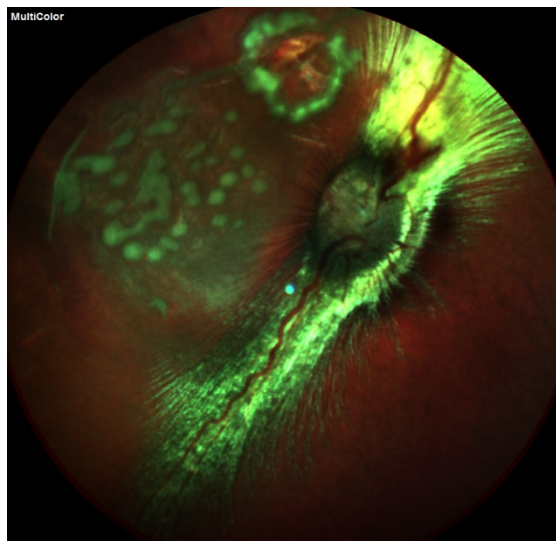


Рисунок 3 – Интраоперационное фото глазного дна кролика после отслойки сетчатки и ЛКС. ЛКС вокруг отверстия сетчатки (вверху) и свободной зоны с височной стороны от диска зрительного нерва

3.2. Результаты гистологических исследований

После моделирования отслоения сетчатки в гистологических препаратах обнаруживали отверстие, через которое осуществляли введение физиологического раствора субретинально (рисунок 4). Расслоение произошло между пигментным эпителием и отростками фоторецепторов. Других изменений обнаружено не было.

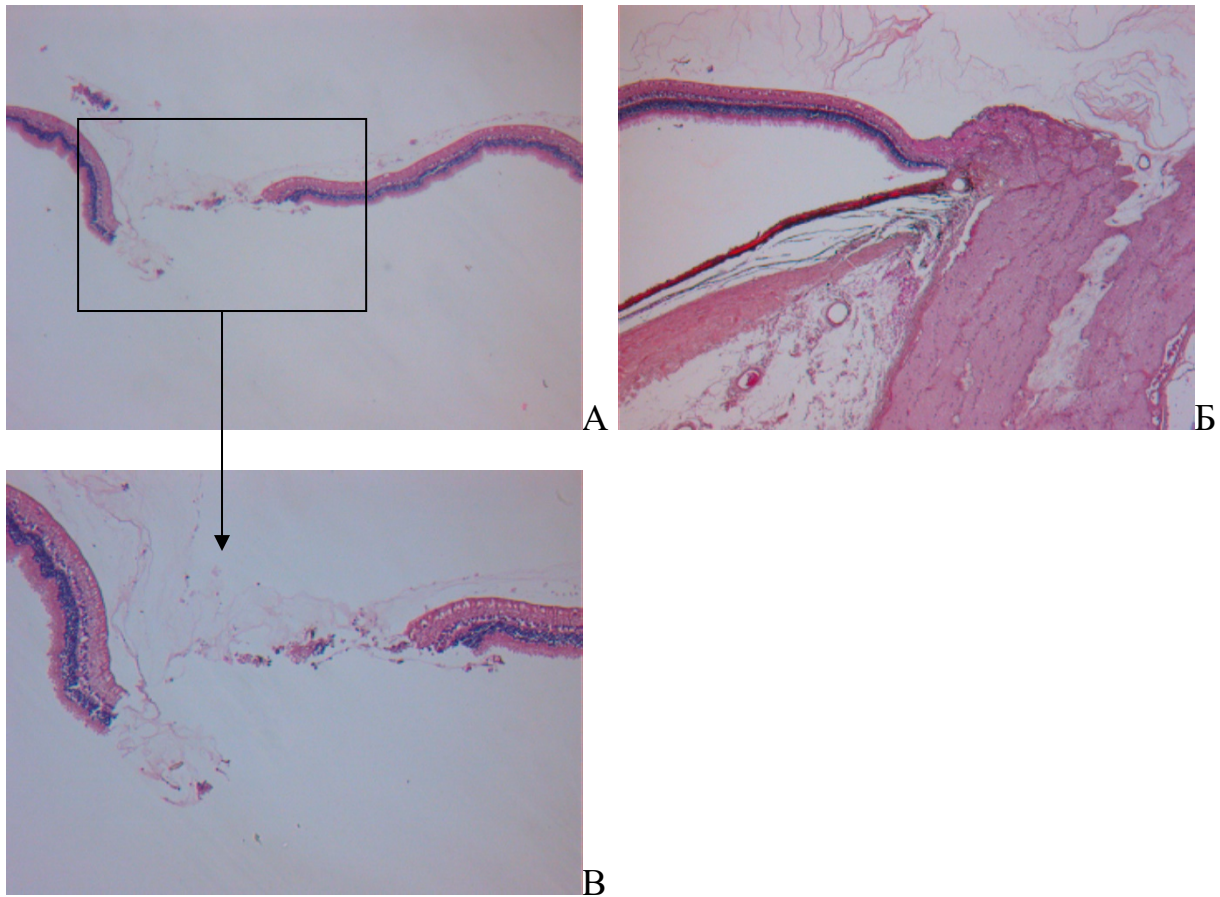


Рисунок 4 – Гистологический препарат глаза кролика без ЛКС (исходный контроль). Зона прокола сетчатки при введении физиологического раствора – диастаз краев сетчатки (А,В) отслоенной от пигментного эпителия и хориоидеи (Б). Окраска гематоксилин – эозин ув. А,Б – $\times 50$; В – $\times 100$

При гистологическом исследовании глаз кроликов через 12 часов обнаруживали отечные коагуляты с локальными нарушениями стратификации слоев и деструкцией сетчатки по сравнению с зоной вне коагулятов (рис. 4А и рис. 4А-В). Замечена начальная миграция пигментного эпителия через слои сетчатки по направлению к внутренней пограничной мембране. В строме хориоидеи также обнаруживали отек с полнокровием сосудов, но сохранением мембраны Бруха. Отек был обусловлен выходом жидкой части крови из сосудистого русла хориоидеи, на фоне выраженной внутрисосудистой агрегации форменных элементов крови и признаками тромбирования без деструкции сосудистой стенки.

Строма хориоидеи имела признаки выраженной лимфоцитарной инфильтрации (рис. 6В).

Необходимо отметить, что все изменения сетчатки и хориокапиллярного слоя как на этом сроке, так и в дальнейшем затрагивали только зону ЛК, вне этих зон сетчатка и микроциркуляторное русло оставались морфологически сохранными сопоставимо с интактными глазами (рис. 5Б).

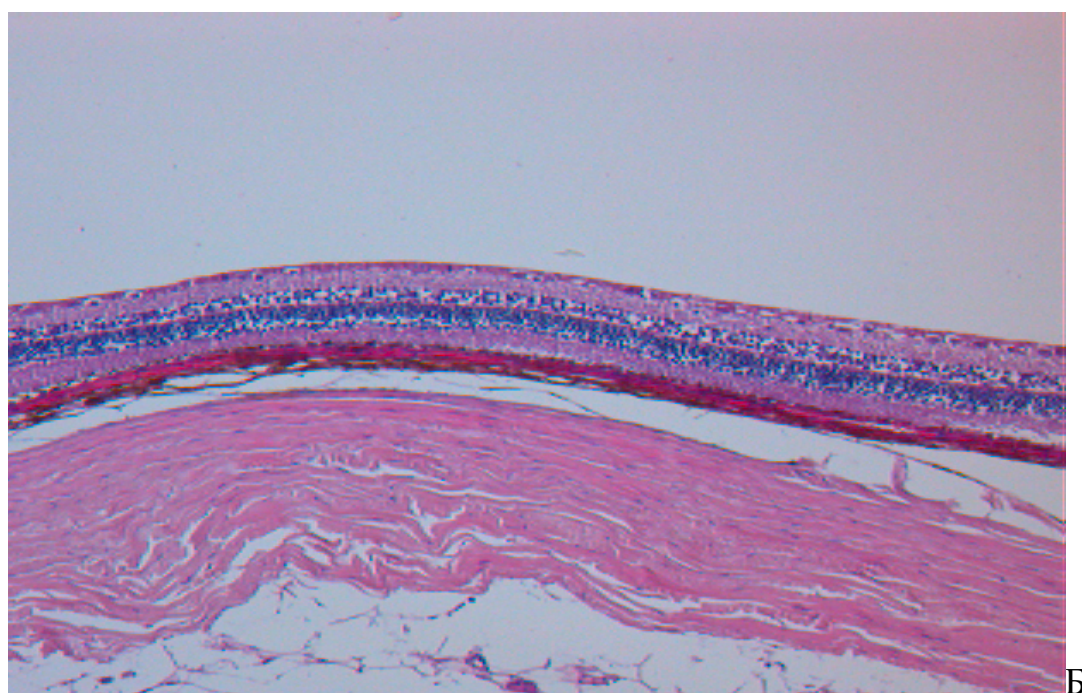


Рисунок 5 – Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (12 часов) (А) и исходный контроль (зона вне отслоения) (Б). Отечные коагуляты с локальными нарушениями стратификации слоев. Окраска гематоксилин – эозин, ув. А,Б – $\times 100$

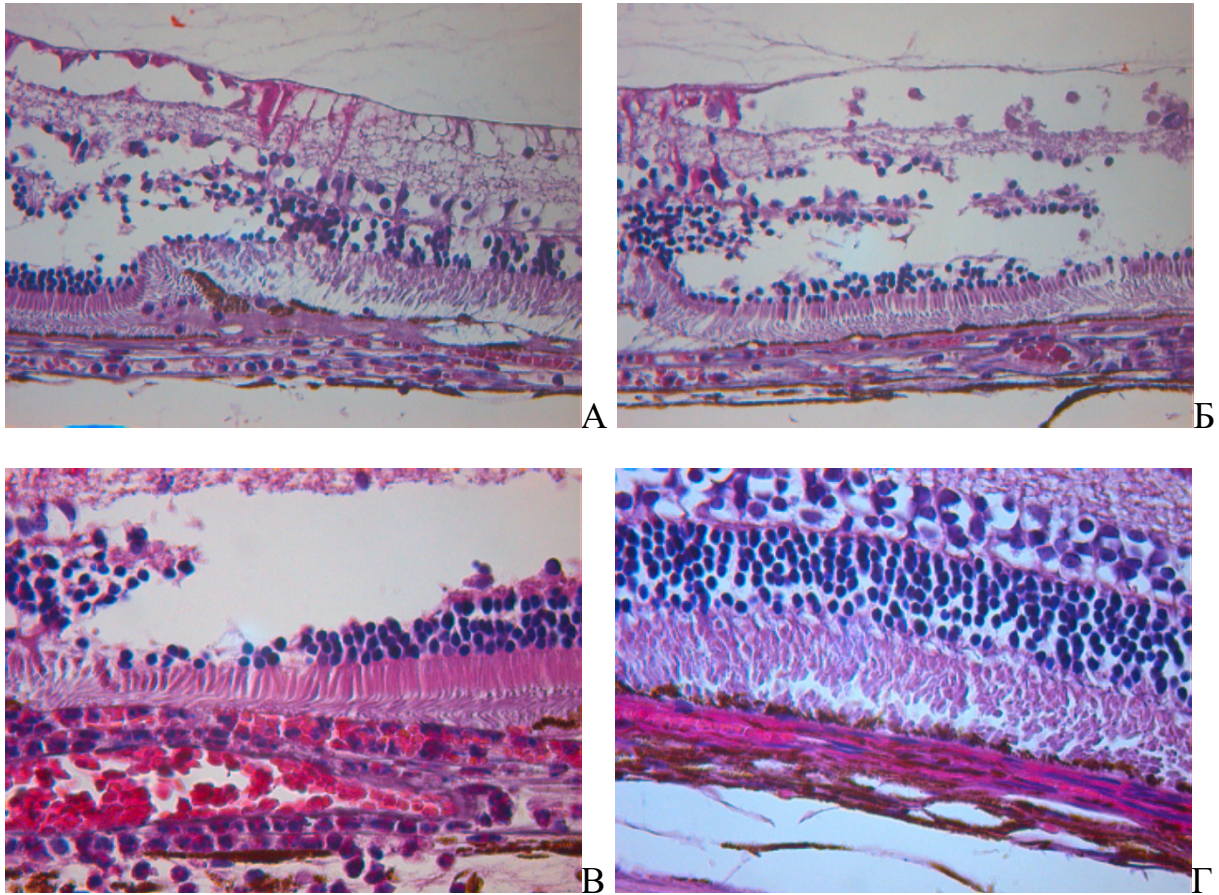


Рисунок 6 – Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (12 часов) (А-В) и исходный контроль (зона вне отслоения) (Г). Отечные коагуляты с локальными нарушениями стратификации слоев сетчатки(А, Б), начальная миграция пигментного эпителия через слои сетчатки и участки разрушения дистальных фрагментов палочек и колбочек (А), отек хориоидеи с полнокровием сосудов, выраженной агрегацией форменных элементов крови и признаками тромбирования, но сохранением мембраны Бруха (В) по сравнению с нормой (Г). Окраска гематоксилин – эозин, ув. А,Б – х400; В,Г – х630

К 24 часам в области ЛК наблюдали максимальный отек сетчатки (рис. 7А), но с признаками снижения отечности хориоидеи и уменьшения полнокровия ее сосудов. Фрагменты разрушенных структур сетчатки конденсировались в пределах коагулятов. На фоне спазма капилляров хориоидеи (просвет практически не визуализировался), сосуды среднего и крупного диаметра оставались

расширенными. В просвете сосудов выявлен лизис тромбов, сосудистая стенка гистологически была не повреждена. В строме наблюдали умеренно выраженную воспалительную инфильтрацию (рис. 7Б).

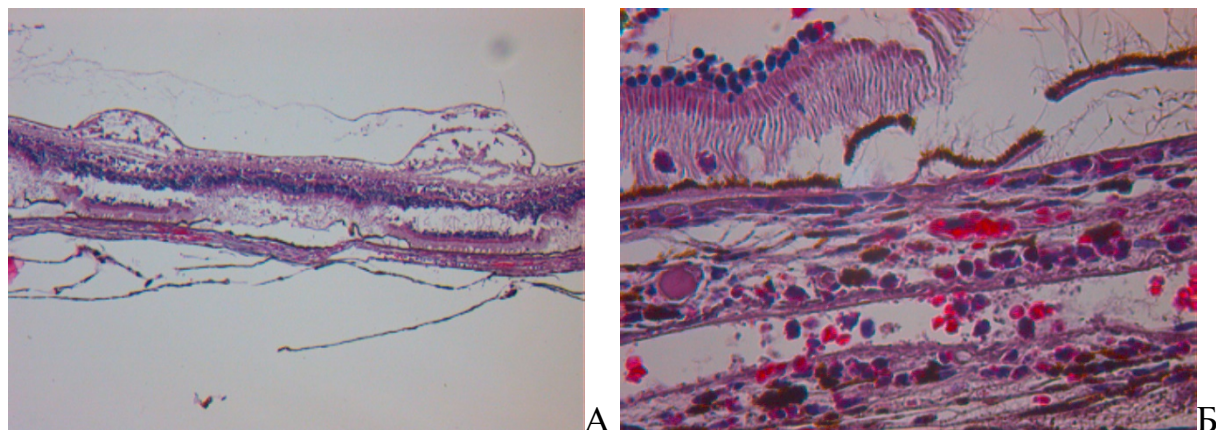


Рисунок 7 – Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (24 часа). Максимальный отек сетчатки в области коагулятов, снижение отечности хориоидеи с уменьшением полнокровия сосудов, спазм капиллярного русла, лизис тромбов. Окраска гематоксилин – эозин, ув. А – $\times 100$; Б – $\times 630$

Через 48 часов отмечено уменьшение отека сетчатки в области коагулятов (рис. 8А, Б). В основании ЛК стали определяться аморфные эозинофильные массы, в состав которых входили разрушенные элементы сетчатки и хориокапилляров в виде бесклеточного детрита. Кроме этого, в составе масс обнаружены нити фибрина, появившегося в результате фибринолиза сывороточного экссудативного фибриногена (рис. 8 В, Г-овалы). В хориоидеи наблюдали снижение отечности с признаками венозной гиперемии. Капиллярное русло в области коагулятов слабо дифференцировалось. Выявлена фрагментация мембраны Бруха, вероятно, являющаяся следствием воздействия некротического детрита, и фибрин пропитывал подлежащие слои хориоидеи. Морфологическая картина соответствовала выраженному слипчивому процессу между хориоидеей и

сетчаткой. Выраженность клеточной инфильтрации стромы хориоидеи уменьшилась (рис. 8 Б, В).

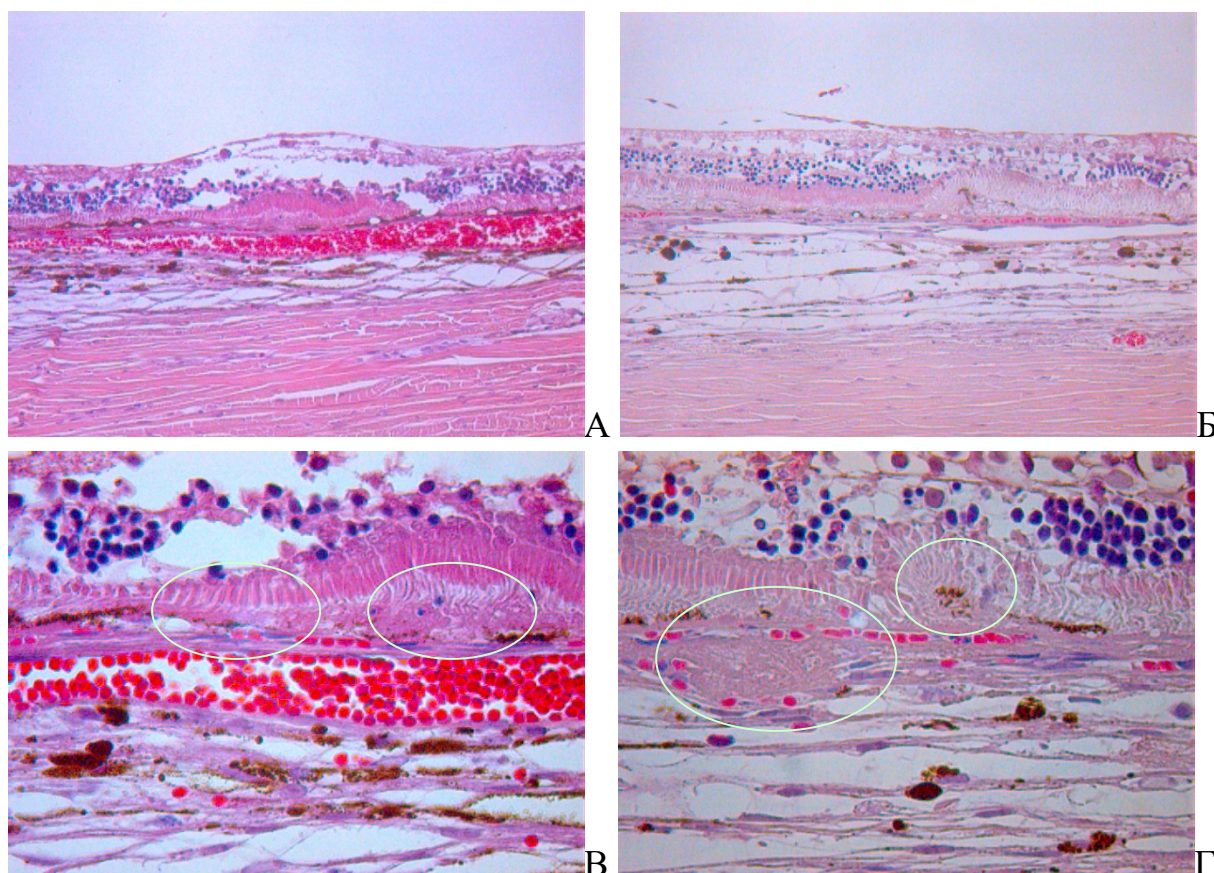


Рисунок 8 – Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (48 часов). Уменьшение отека сетчатки в области коагулятов, снижение отечности хориоидеи с признаками венозной гиперемии, капиллярное русло в области коагулятов слабо дифференцируется, имеется фрагментация мембраны Бруха с отложением фибрина – адгезивно – слипчивый процесс. Окраска гематоксилин – эозин, ув. А,Б – $\times 100$; В,Г – $\times 630$

Через 72 часа в зоне ЛК был минимальный отек сетчатки. В области коагулятов объем разрушенной сетчатки замещался аморфными массами. В местах сильного истончения обнаруживали сближение наружных слоев в виде вертикальной складки (плотный адгезивный контакт наружных слоев сетчатки между собой) с условно сохранными биполярными клетками и слоем нервных

волокон (рис 9 А, В- овалы). В хориоидее на фоне нитей фибрина выявляли очаги бесклеточного детрита (9 В стрелки). В клеточной инфильтрации стромы хориоидеи фибробластический компонент начинал превалировать над лимфоцитарно-плазмоцитарным, что соответствовало смене адгезивных процессов фиброзно-пролиферативными (рис. 9 Б).

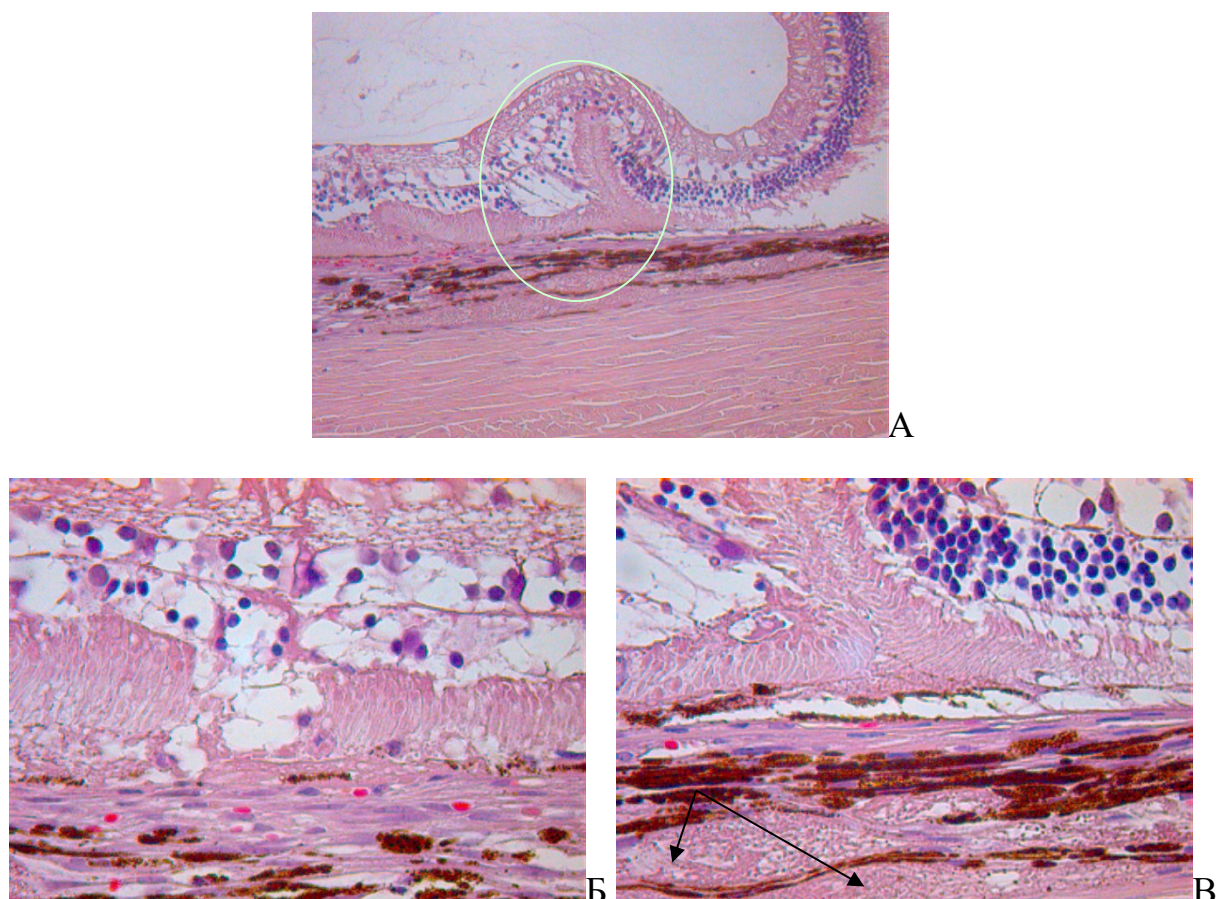


Рисунок 9 – Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (72 часа). Минимальный отек сетчатки в области коагулятов, в краевой зоне коагулятов фрагмент отслоенной сетчатки в виде складки (А,В): в дупликатуре плотный адгезивный контакт наружных слоев сетчатки между собой (В). В хориоидее на фоне нитей фибрина очаги бесклеточного детрита (В - стрелки) без выраженного воспаления на фоне умеренной фибробластической клеточной инфильтрации (Б). Начало смены адгезивных процессов фиброзно-пролиферативными (Б,В). Окраска гематоксилин – эозин, ув. А – х200; В,Г – х630

Под действием температуры при нанесении коагулятов на сетчатки – возникало расширение просвета сосудов хориоидеи с изменением проницаемости сосудистой стенки и выходом сывороточных белков (в том числе фибриногена) в окружающие ткани, в частности - в сетчатку, подверженную локальной деструкции. С течением времени отек нарастал к 24 часам и практически исчезал к 72 часам.

Выход экссудативного фибриногена в субретинальное пространство сопровождался его разрушением и выпадением нитей фибрина, формировавшего плотные адгезивные контакты между оболочками в области коагулятов. Фибрин здесь служил естественным биологическим клеем.

Агрегация форменных элементов крови (представленных в основном эритроцитами, тромбоцитами и единичными гранулоцитами) в сосудистом русле хориоидеи на сроке 12 часов приводила к их внутрисосудистому разрушению к 24 часам, без экстравазального выхода, тем самым способствуя активации антикоагулянтной системы только в крупных сосудах хориоидеи и препятствуя формированию тромбов в них.

Эти же процессы, происходящие в капиллярах, приводили к их облитерации и разрушению сосудистой стенки, тем самым запуская фибробластические процессы начиная с 72 часов, что подтверждено сменой качественного состава клеточного инфильтрата стромы хориоидеи. Кроме того, отсутствие экстравазального выхода тромбоцитов в ткани препятствовало запуску фибринолитических процессов в очагах отложения фибрина, что также способствовало формированию более плотных адгезивных контактов сетчатки и хориоидеи.

В целом, гистологические изменения демонстрировали картину нарастающей деструктивно-экссудативной фазы фибриноидного воспаления умеренной степени выраженности с максимальными проявлениями на сроке 48 часов с затуханием экссудативных явлений и переходом в пролиферативную фазу через 72 часа.

На основании изученных морфологических процессов можно полагать, что хориоретинальная адгезия в области ЛК становится достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 часов после операции.

В данном исследовании не измеряли конкретную силу адгезии. В работе показана динамика ранних морфологических изменений зоны ЛК приведшая к плотному контакту.

В отношении времени формирования контакта представленные в работе данные в наибольшей степени соответствовали результатам исследования Kwon O-W., Rim S-Y. (1995), где срок развития хориоретинальной адгезии, превышающей ее обычную степень, составил два дня [97]. Вариации времени возникновения адгезии в других работах от одного дня [66, 85, 88] до трех [169] и четырех дней [85], могли быть связаны с использованием разных источников и параметров лазерного излучения. Кроме того, только в одной работе [184], так же, как и в настоящем исследовании, коагуляции подвергали ранее отслоенную сетчатку. В других исследованиях выполняли коагуляцию неизменной сетчатки. В настоящем исследовании представлены данные лазеркоагуляции сетчатки, отслоенной лишь на короткое время. Несомненный интерес представляет создание модели, более приближенной к клинике длительно существующей отслойки, что также явится предметом дальнейших исследований.

Таким образом, выполнен анализ динамических изменений морфологии лазерных коагулятов, нанесенных на сетчатку, ранее отслоенную и уложенную на место путем трансцилиарной витрэктомии. Результаты показали, что в период с 24 до 48 часов после лазеркоагуляции формировался плотный адгезивный хориоретинальный контакт посредством отложений фибрина. Источником фибрина служил сывороточный фибриноген, входивший в состав экстравазального экссудата зоны лазеркоагуляции. Деструкция в сетчатке и хориоидее запускала умеренный воспалительный ответ, являющийся пусковым механизмом фибробластических процессов, активация которых выявлена через 72 часа. На основании изученных морфологических процессов можно полагать, что

хориоретинальная адгезия в области лазеркоагуляции становится достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 часов после операции.

ГЛАВА 4. СРАВНЕНИЕ ГАЗОВОЙ И СИЛИКОНОВОЙ ТАМПОНАДЫ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ РЕГМАТОГЕННОЙ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ С РАЗРЫВАМИ В НИЖНЕЙ ПОЛУСФЕРЕ

Результаты экспериментальных исследований позволили обосновать применение газовой тампонады при РОС с разрывами в нижней полусфере. Было установлено, что в период с 24 до 48 часов после лазеркоагуляции формировался плотный адгезивный хориоретинальный контакт. Согласно данным, приведенным в литературном обзоре, газовоздушная смесь сохраняет тампонирующие свойства в течение этого времени и может являться альтернативой тампонаде силиконовым маслом. Поэтому было необходимо клиническое сравнение указанных видов тампонады и разработка хирургического этапа газовой тампонады.

Целью данной главы явился сравнительный анализ результатов хирургического лечения отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижних отделах глазного дна в описанных ранее группах пациентов «Macula on» и «Macula off» с подгруппами «Газ» и «Силикон». Для достижения цели было необходимо решить задачи разработки хирургического этапа газовой тампонады в технологии лечения РОС с локализацией разрывов в нижней полусфере и проведения сравнительного анализа между исследуемыми группами с газовой и силиконовой тампонадами.

4.1. Разработка хирургического этапа газовой тампонады

В соответствии с задачами настоящего исследования был разработан хирургический этап газовой тампонады в технологии лечения отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере. Выбраны вид газа, его концентрация, способ и объем введения, определено послеоперационное положение пациента.

Больных госпитализировали в отделение витреоретинальной хирургии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» за сутки до операции. Все операции были плановыми.

Необходимым условием для проведения хирургического лечения являлось достижение максимального мидриаза (не менее 5-6 мм), что способствовало хорошей визуализации глазных структур при выполнении всех этапов операции. За час до операции с интервалом 20 минут проводили инстилляцию капель, расширяющих зрачок (цикломед 1%, ирифрин 2,5% («Promed exports Pvt. Ltd.», Индия)), либо комбинированного лекарственного средства мидримакс («Promed exports Pvt. Ltd.», Индия).

За 30 минут до вмешательства проводили инфильтрационную проводниковую анестезию с центральным потенцированием. Стандартная премедикация включала: парентеральное введение кеторола 0,4 мг/кг («Dr. Reddy's Laboratories Ltd.», Индия) для предотвращения чрезмерной активации ноцицептивных рецепторов, реланиума 0,15–0,2 мг/кг (Польша) с целью создания седативного, анксиолитического и релаксирующего эффекта, а также промедола 0,2 мг/кг («Московский эндокринный завод», Россия) для достижения снотворного эффекта и снижения возбудимости болевых рецепторов.

Для проводниковой анестезии проводили ретробульбарную блокаду: вводили 2,5 мл р-ра наропина («AstraZeneca», Швеция) с лидокаином 0,7 мг/кг («Армавирская биологическая фабрика», Россия). Для ее выполнения больного просили смотреть вверх (взгляд должен быть направлен выше кончика носа), после чего продвигали иглу на 1,5 см вдоль нижневисочной стенки глазницы. Затем иглу направляли вверх и медиально по направлению к верхушке глазницы, продвигая до тех пор, пока ее кончик не пройдет через мышечный конус. Акинезия по Ван-Линту проводилась с использованием 8,0 мл 2% раствора лидокаина («Армавирская биологическая фабрика», Россия). Эффект акинезии достигался воздействием лидокаина на ветви лицевого нерва.

В ходе операций проводили мониторинг артериального давления. Дозы анальгетиков и нейролептиков подбирали индивидуально для каждого пациента.

Выполняли обработку операционного поля (веки, ресницы, надбровные дуги, кожа скуловой области) стерильным марлевым тампоном, смоченным 0,5% спиртовым раствором хлоргексидина, двукратно. Обработку конъюнктивального мешка проводили в следующей последовательности: анестетик проксиметакаин 2 капли, повидон-йод 5% обильно с временем экспозиции 60 секунд, излишки удаляли сухим стерильным марлевым тампоном. Затем операционное поле укрывали стерильной одноразовой офтальмологической простыней с карманом и защитным липким слоем «Здравмедтех-М» (Россия), который накладывали на ресничный край век и брови. Затем устанавливали блефаростат, необходимый для расширения и фиксации век.

Всем пациентам были проведены операции по хирургической методике, принятой в отделе витреоретинальной хирургии и диабета глаза ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России. Первым этапом проводили факоэмульсификацию катаракты с имплантацией интраокулярной линзы в случаях факических глаз у пациентов, для обеспечения максимально качественной визуализации сетчатки и для снижения риска интраоперационного повреждения хрусталика при проведении склерокомпрессии. Вторым этапом проводили эндовитреальное вмешательство по следующей технологии. Устанавливали 3 порта 25G в 3 мм от лимба: 1 порт в нижне-наружном квадранте, использовали для установки ирригационной канюли, 2 порта, в верхне-наружном и верхне-внутреннем квадрантах, использовали для введения инструментов. Дополнительно устанавливали порт для эндоосветителя «шандельер». Место данного порта выбирали исходя из локализации разрывов и удобства хирурга. Проводили стандартную центральную витрэктомию, с интраоперационной индукцией полной задней отслойки стекловидного тела, в случае сохранения витреоретинального контакта в области диска зрительного нерва (рисунок 10-11). Стекловидное тело поднимали, как минимум до аркад, а при возможности и дальше к средней периферии. Затем в витреальную полость вводили ПФОС до края разрыва. После чего проводили тщательное круговое (360 градусов) удаление базиса стекловидного тела на средней и крайней периферии и за ora serrata

(рисунок 12). Данную манипуляцию выполняли бимануально, при помощи склерокомпрессора и витректора. Визуализация достигалась за счет дополнительного эндоосветителя. Тщательное удаление базиса стекловидного тела осуществляли в режиме «shaving», чтобы избежать ятрогенной травмы сетчатки. После этого выполняли доведение ПФОС в витреальную полость (рисунок 13). Через разрыв проводили дренирование субретинальной жидкости, после чего производили замену ПФОС на воздух, аспирировали остаточную субретинальную жидкость посредством витреотома или аспирационной канюли без силиконового наконечника, добиваясь максимального прилегания сетчатки и затем проводили эндолазеркоагуляцию сетчатки в области разрыва и круговую на 360 градусов на крайне периферии (рисунок 14). Операцию завершали введением в витреальную полость газовой смеси (подгруппа «Газ») или «тяжелого» силикона (подгруппа «Силикон»). Был детально разработан хирургический этап газовой тампонады. При тампонаде витреальной полости газом, использовали смесь, содержащую 12% перфторпропана (C_3F_8). Введение тампонирующего вещества осуществляли следующим образом: из порта, расположенного в нижне-наружном квадранте, убирали ирригационную канюлю, подключенную к витреокомбайну, вместо нее устанавливали ирригационную канюлю, фиксированную к шприцу объемом 20 см^3 , содержащему 12% газовой смеси. (рисунок 15А) После этого осуществляли одновременное введение подготовленной газовой смеси через один порт и выпускание воздуха через порт, установленный оппозиционно ирригационному (рисунок 15Б). Выпускание воздуха, осуществляли путем введения в порт бранши пинцета, для выключения клапана, блокирующего отток воздуха из витреальной полости. Объем вводимой смеси составлял 15 см^3 . После этого осуществляли удаление 2х портов, расположенных в верхних квадрантах, с ушиванием склеротомических отверстий полипропиленовой нитью 8-0. После этого такую же манипуляцию выполняли с третьим портом. Тонус глаза проверяли пальпаторно. При необходимости осуществляли доведение оставшейся газовой смеси (5 см^3) при пальпаторном контроле внутриглазного давления, добиваясь нормотонуса. При тампонаде газовой смесью пациентам после

операции было рекомендовано соблюдать положение строго вниз лицом в течение 24 часов (рисунок 16).

При тампонаде силиконовым маслом, использовали «тяжелый» силикон Densiron («Geuder», Германия). Так же в завершении операции удаляли все 3 порта и ушивали склеротомические отверстия.

Пациентам в подгруппе «Силикон» через 1 месяц проводили вторую плановую операцию - удаление силиконового масла.

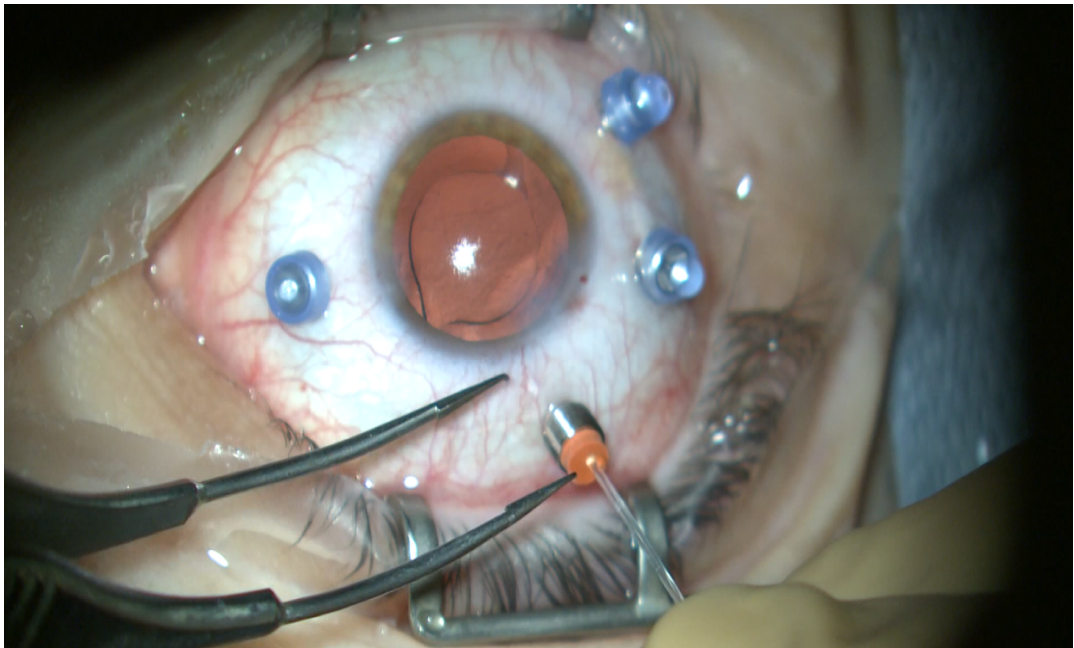


Рисунок 10 – Этапы операции. Трехпортовая витрэктомия после ранее выполненной фактоэмульсификации с имплантацией ИОЛ



Рисунок 11 – Этапы операции. Витрэктомия с окрашиванием стекловидного тела

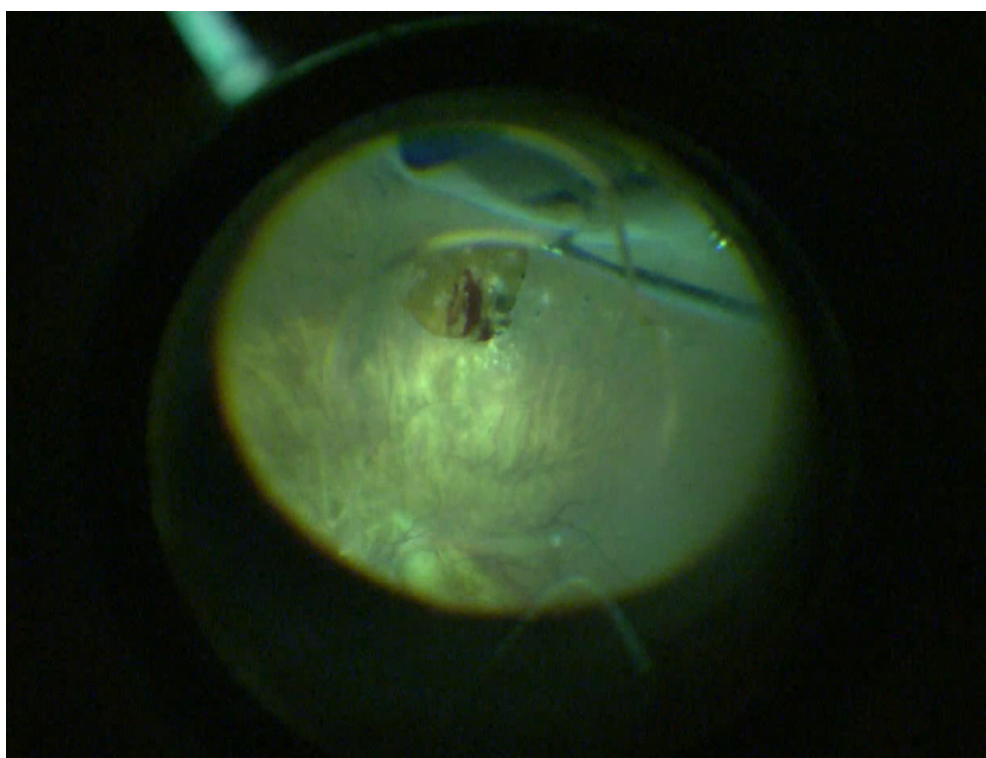


Рисунок 12 – Этапы операции. Удаление стекловидного тела за ora serrata

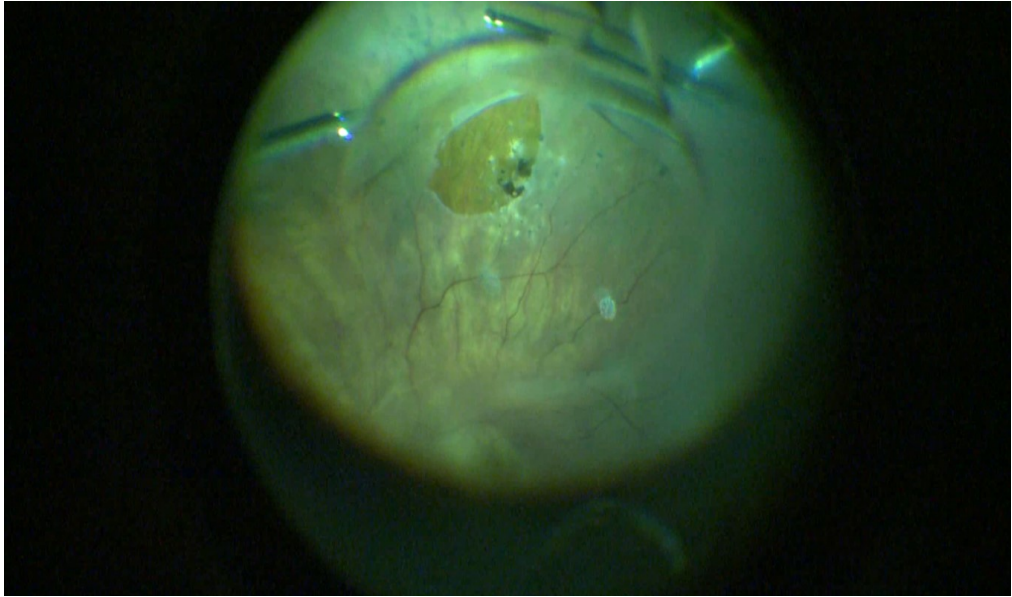


Рисунок 13 – Этапы операции. Введение ПФОС

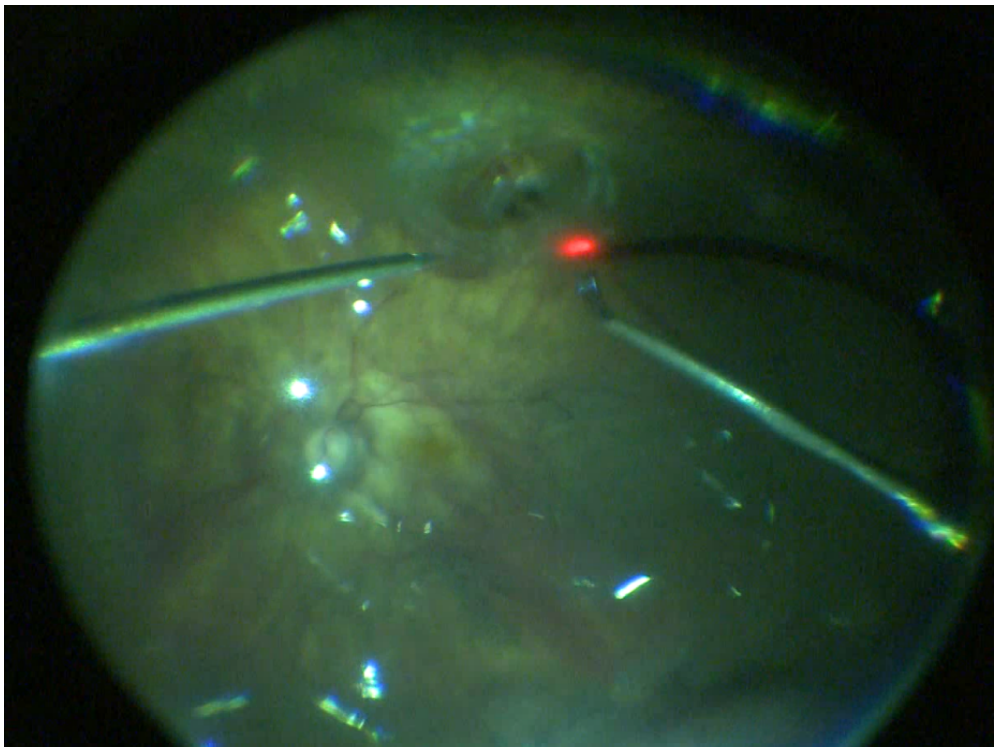


Рисунок 14 – Этапы операции. Эндолазеркоагуляция сетчатки

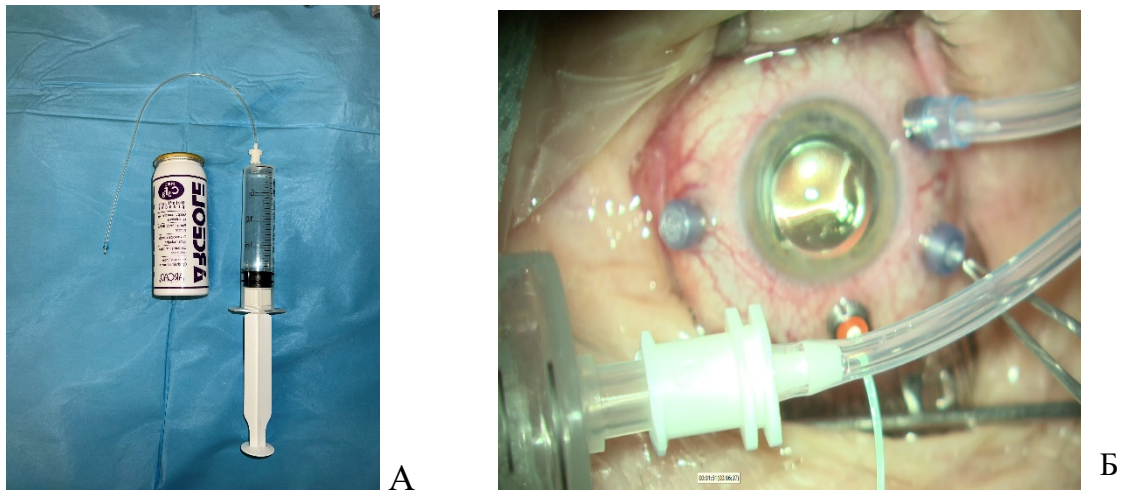


Рисунок 15- введение в витреальную полость газовой смеси
 А – шприц объемом 20 куб. см, содержащий 12% газовой смеси;
 Б – система для подачи газовой смеси из шприца в один из портов



Рисунок 16 – Положение пациента после хирургического вмешательства

Таким образом, детально разработан хирургический этап газовой тампонады в лечении РОС с разрывами в нижней полусфере. Необходимыми предпосылками для его выполнения являются: тщательное круговое удаление базиса стекловидного тела на средней и крайней периферии, и за ora serrata, проведение эндолазеркоагуляции сетчатки в области разрыва и круговой на 360 градусов на крайней периферии. Разработанная технология хирургического этапа газовой тампонады включает выбор перфторпропана в качестве тампонирующего агента,

выбор 12%-ной концентрации газовой смеси, методику введения газа в витреальную полость через один из портов с помощью шприца объемом 20 см³. в количестве 15 см³ с одновременным выпуском аналогичного количества воздуха через другой порт, пальпаторный контроль ВГД и введение дополнительно до 5 см³ газовой смеси при снижении ВГД, обязательное соблюдение положения «лицом вниз» в течении суток с момента операции. Данная методика позволяет добиться тампонады нижних отделов сетчатки с помощью газовой смеси.

4.2. Сравнительный анализ анатомических и функциональных результатов при газовой и силиконовой тампонаде

Следующим разделом работы явилось проведение сравнительного анализа результатов лечения при использовании газовой и силиконовой тампонады.

Таблица 2 – Исходные клинико-демографические характеристики пациентов

Группа, Подгруппа Параметр	Macula on		Macula off	
	Газ (n=23)	Силикон (n=13)	Газ (n=21)	Силикон (n=21)
Возраст, лет	50,2±10,3	56,3±11,5	56,9±8,8	56,8±12,0
Пол Ж / М	12/11	4/9	10/11	10/11
МКОЗ, букв ETDRS	62,4±15,2	64,3±15,7	0,05±0,0*	0,05±0,0*
Длина глаза, мм	25,4±1,5	25,4±1,5	25,0±1,7	24,9±1,9
Длительность отслойки, нед.	2,5±1,2	2,5±0,9	2,6±1,0	2,6±0,8
Высота отслойки, мм	3,4±0,9	2,9±1,1	4,4±1,6	5,4±2,5

* Условные величины (см. выше пояснения в разделе статистической обработки данных)

МКОЗ – максимально корригированная острота зрения

Различия подгрупп «Газ» и «Силикон» как в группе «Macula-on», так и в группе «Macula-off» по всем параметрам статистически не достоверны

Как видно из таблицы, подгруппы пациентов с разными видами тампонады не различались между собой по клинико-демографическим характеристикам. Вместе с тем, в группе «Macula on» в подгруппе «Газ» исходные показатели (МКОЗ, высота отслойки) были несколько, хотя и недостоверно хуже, чем в подгруппе «Силикон».

В послеоперационном периоде удалось достичь полного прилегания сетчатки у 75 пациентов (96%), в том числе в группе «Macula on» в подгруппе «Газ» – у 23 (100%), в подгруппе «Силикон» – у 12 (92%), в группе «Macula off» в обеих подгруппах – у 20 (95%). Суммарная эффективность при тампонаде газом составила 98% (43 из 44 пациентов), при тампонаде силиконом – 94% (32 из 34 больных). У трех пациентов были выявлены рецидивы отслойки сетчатки: у одного с тампонадой газом в группе «Macula off» и у двух с силиконовой тампонадой (по одному в группе «Macula off» и в группе «Macula on»). Этим пациентам была выполнена микроинвазивная ревизия с введением в витреальную полость силиконового масла, что позволило добиться полного прилегания сетчатки. Из дальнейшего анализа эти пациенты были исключены.

Динамика исследуемых показателей в подгруппах через 1 месяц наблюдений представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Основные клинико-морфометрические показатели в исследуемых группах через 1 месяц наблюдений

Группа, Подгруппа	Macula on		Macula off	
	Газ (n=23)	Силикон (n=12)	Газ (n=20)	Силикон (n=20)
Параметр				

МКОЗ, букв ETDRS	75,6±10,3	73,5±7,3	62,6±13,3	54,0±14,9
Динамика МКОЗ от исходной к 1 мес., букв ETDRS	13,2±8,4	9,2±6,7	62,6±13,3	54,0±14,9
Общая светочувствительность, дБ	24,4±1,7	23,8±1,5	23,4±1,2	23,2±1,8
Светочувствительность в центральной точке, дБ	22,7±3,4*	20,17±2,7*	19,7±1,2	19,0±2,6
Средняя светочувствительность в 9 точках вокруг центра, дБ	24,9±2,2	24,4±1,9	23,9±1,6	23,0±2,5
Толщина сетчатки в фовеальной зоне, мкм	286,1±39,7	300,0±31,7	284,6±73,4	270,2±104,1
Толщина сетчатки во внутреннем кольце схемы ETDRS, мкм	313,6±16,7	328,1±30,5	308,3±21,9	309,1±57,8
Толщина сетчатки в наружном кольце схемы ETDRS, мкм	281,6±12,6*	300,1±20,2*	280,8±23,0	281,8±31,9

* различия статистически значимы ($p < 0,05$)

В подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» отмечена положительная динамика МКОЗ (13,2±8,4 и 9,2±6,7, соответственно), однако различия не были статистически значимыми по сравнению с дооперационным периодом ($p > 0,05$). При сравнении подгрупп «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» значимых различий по таким параметрам, как МКОЗ, общая чувствительность, средняя светочувствительность в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем кольце не выявлено ($p > 0,1$).

Светочувствительность в центральной точке в подгруппе «Газ» была значимо выше и составила $22,7 \pm 3,4$ дБ против $20,17 \pm 2,7$ дБ в подгруппе «Силикон» ($p=0,043$). Значимые различия получены и при сравнении толщины сетчатки в наружном кольце – в группе «Газ» она была значимо ниже и составила $281,6 \pm 12,6$ мкм против $300,1 \pm 20,2$ мкм в группе «Силикон» ($p=0,004$).

Пациенты подгрупп «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» характеризовались выраженной положительной динамикой МКОЗ в послеоперационном периоде. Так, для подгруппы «Газ» она составила $62,6 \pm 12,3$ (различия по сравнению с дооперационным периодом значимы: $p=0,001$), а для подгруппы «Силикон» - $54,0 \pm 14,9$ (различия по сравнению с дооперационным периодом значимы: $p=0,001$). При сравнении между двумя группами по таким параметрам, как МКОЗ через 1 месяц после операции, общая чувствительность, средняя светочувствительность в центральной точке и в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем и наружном кольце значимых различий не выявлено ($p>0,1$).

В таблице 4 представлена динамика исследуемых показателей в группах через 3 месяца после операции.

Таблица 4 – Основные клинико-морфометрические показатели в исследуемых группах через 3 месяца наблюдений

Группа, Подгруппа	Macula on		Macula off	
	Газ (n=23)	Силикон (n=12)	Газ (n=20)	Силикон (n=20)
Параметр				
МКОЗ, букв ETDRS	$78,4 \pm 8,4$	$77,2 \pm 5,2$	$64,2 \pm 8,7$	$62,8 \pm 12,6$
Динамика МКОЗ от исходной к 3 мес., букв ETDRS	$16,0 \pm 10,1$	$12,3 \pm 8,7$	$64,2 \pm 8,7$	$62,8 \pm 12,6$

Общая светочувствительность, дБ	24,8±1,6	24,1±0,5	23,9±1,2	24,1±1,6
Светочувствительность в центральной точке, дБ	23,2±2,1*	21,4±2,1*	20,7±2,0	20,9±2,1
Средняя светочувствительность в 9 точках вокруг центра, дБ	24,4±2,4	24,8±1,2	24,0±2,2	24,3±2,0
Толщина сетчатки в фовеальной зоне, μм	272,0±31,3	271,0±40,6	277,4±35,3	270,2±51,9
Толщина сетчатки во внутреннем кольце схемы ETDRS, μм	309,1±13,9	322,3±24,7	311,1±20,8	308,8±35,0
Толщина сетчатки в наружном кольце схемы ETDRS, μм	274,7±14,3	346,8±198,2	283,9±17,8	282,4±20,9

* различия статистически значимы ($p < 0,05$)

При анализе динамики основных параметров в подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» через 3 месяца после операции показана положительная динамика МКОЗ по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,01$) и небольшое увеличение параметров по сравнению с таковыми через 1 месяц после операции ($p > 0,1$). Значимые различия получены при сопоставлении светочувствительности в центральной точке (23,2±2,1 и 21,4±2,1, соответственно, $p = 0,043$). Схожие различия получены при сравнении между группами и после 1 месяца наблюдений. При сравнении по другим исследуемым параметрам значимых различий не выявлено ($p > 0,05$).

В подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» также отмечена выраженная положительная динамика МКОЗ по сравнению с дооперационными

показателями. Для подгруппы «Газ» она составила $64,2 \pm 8,7$ ($p=0,001$), для подгруппы «Силикон» - $63,8 \pm 12,6$ ($p=0,001$), различия статистически значимы. При сравнении между двумя группами по таким параметрам, как МКОЗ через 3 месяца после операции, общая чувствительность, средняя светочувствительность в центральной точке и в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем и наружном кольце значимых различий не выявлено ($p>0,1$).

Динамика изучаемых функциональных и ОКТ-параметров через 6 месяцев после хирургического лечения представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Основные клинико-морфометрические показатели в исследуемых группах через 6 месяцев наблюдений

Группа, Подгруппа Параметр	Macula on		Macula off	
	Газ (n=23)	Силикон (n=12)	Газ (n=20)	Силикон (n=20)
МКОЗ, букв ETDRS	$79,4 \pm 7,3$	$78,1 \pm 4,2$	$69,4 \pm 10,3$	$64,7 \pm 13,2$
Динамика МКОЗ от исходной к 6 мес., букв ETDRS	$17,0 \pm 13,6$	$13,4 \pm 16,1$	$69,4 \pm 10,3$	$64,7 \pm 13,2$
Общая светочувствительность, дБ	$25,2 \pm 1,3^*$	$24,4 \pm 0,5$	$24,2 \pm 1,4$	$24,2 \pm 2,0$
Светочувствительность в центральной точке, дБ	$23,7 \pm 2,2^*$	$22,0 \pm 1,6$	$21,2 \pm 2,5$	$21,2 \pm 1,8$
Средняя светочувствительность в 9 точках вокруг центра, дБ	$25,6 \pm 1,7$	$25,3 \pm 0,5$	$24,5 \pm 1,8$	$24,5 \pm 2,5$
Толщина сетчатки в фовеальной зоне, $\mu\text{м}$	$271,5 \pm 28,0$	$267,0 \pm 37,9$	$284,8 \pm 37,9$	$270,5 \pm 43,0$

Толщина сетчатки во внутреннем кольце схемы ETDRS, $\mu\text{м}$	311,0 \pm 14,9	320,8 \pm 19,2	313,8 \pm 19,0	307,4 \pm 32,8
Толщина сетчатки в наружном кольце схемы ETDRS, $\mu\text{м}$	277,4 \pm 18,5	291,7 \pm 18,5	286,1 \pm 15,7	281,5 \pm 21,2

* Отличие от подгруппы «Силикон» статистически достоверно ($P < 0,05$)

МКОЗ – максимально скорректированная острота зрения

Как следует из таблицы 5, в группе «Macula on» светочувствительность сетчатки (общая и в центральной точке) достоверно выше после лечения с использованием газовой тампонады по сравнению с завершающей тампонадой силиконом. Также в этой группе у пациентов с газовой тампонадой наблюдалась тенденция к более выраженному повышению МКОЗ, однако она была статистически недостоверна.

При анализе динамики МКОЗ до операции и через 6 месяцев после операции в подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» получены значимые различия ($69,4 \pm 10,3$; $p = 0,001$ и $64,7 \pm 13,2$; $p = 0,001$, соответственно). При сравнении основных исследуемых параметров между группами через 6 месяцев наблюдений значимых различий не выявлено ($p > 0,05$).

Для всех групп характерна положительная динамика МКОЗ в послеоперационном периоде. При исходно значимых различиях между группами «Macula on» и «Macula off» хирургическое лечение с использованием газовой или силиконовой тампонады привело к небольшим различиям МКОЗ в периоде наблюдения 6 месяцев, что свидетельствует об эффективности хирургической методики даже у пациентов с вовлечением макулярной области.

В отношении других параметров в группе «Macula on» выбор вида тампонады витреальной полости не играл существенной роли. В группе «Macula

off» ни функциональные показатели, ни данные ОКТ в срок 6 месяцев не зависели от вида тампонады.

При тампонаде силиконом у двух пациентов в послеоперационном периоде отмечалось повышение внутриглазного давления (ВГД), после чего были назначены гипотензивные препараты с благоприятным терапевтическим эффектом. При тампонаде газом случаев повышения ВГД не наблюдалось.

4.3. Клинический случай

Пациентка О., 51 года, обратилась с жалобами на снижение остроты зрения. Продолжительность отслойки сетчатки на момент обращения составила 3 недели, в анамнезе у пациентки периферическая витреохориоретинальная дистрофия (ПВХРД) и артификация. Аксиальная длина глаза составила 24,15 мм, ВГД 12 мм.рт.ст, острота зрения – 0,01. При офтальмоскопии выявлена отслойка сетчатки с разрывом в нижних отделах OD с вовлечением макулярной области (рисунок 17).

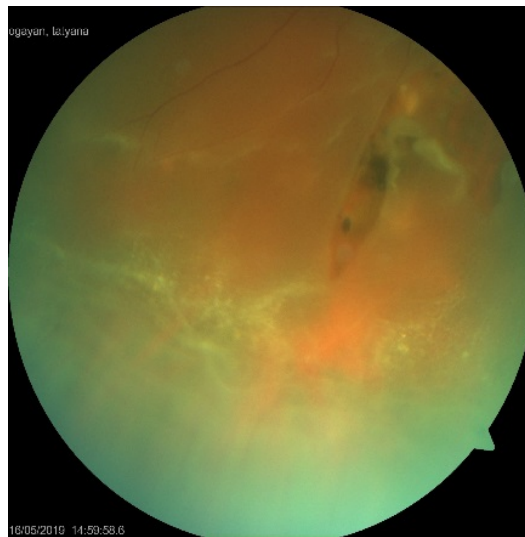


Рисунок 17 – Фотография глазного дна пациента с РОС в нижнем сегменте с нижним разрывом (до операции)

Пациентке выполнено хирургическое вмешательство по описанной методике с тампонадой газом. Через 1 день после операции при осмотре выявлены множественные лазеркоагуляты, прилегание отслоенной сетчатки (рисунок 18).

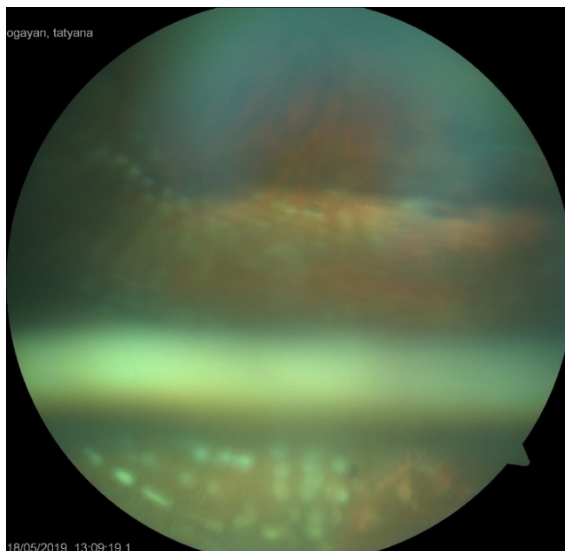


Рисунок 18 – Фотография глазного дна пациента на 1 сутки после операции

Через 1,5 месяца после хирургического вмешательства отмечен благоприятный функциональный эффект (рисунок 19), острота зрения OD составила 0,6.

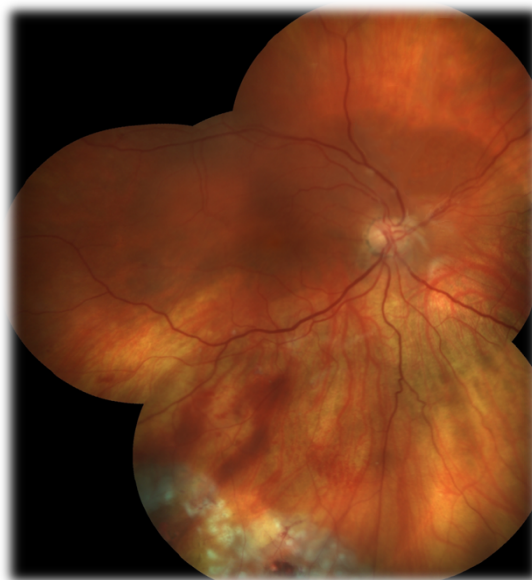


Рисунок 19 – Фотография глазного дна пациента через 1,5 месяца после операции. Сетчатка полностью прилежит.

Тампонада газом у пациентов с РОС с нижними разрывами не находит широкого применения ввиду относительно быстрого, в течение нескольких суток, его рассасывания именно в нижней полусфере. Однако, как показали экспериментальные исследования, газовая тампонада в сочетании с эндолазеркоагуляцией обеспечивают достаточно надежную фиксацию сетчатки уже к 48 часам после операции. Это подтверждают и представленные выше результаты клинических наблюдений. Так, при тампонаде витреальной полости перфторпропаном у 43 из 44 пациентов (98%) было достигнуто полное прилегание сетчатки после лечения по разработанной методике. В 1 случае произошел рецидив отслойки сетчатки у пациента после избыточной физической нагрузки в раннем послеоперационном периоде.

В подгруппах «Газ» групп «Macula on» и «Macula off» успешное прилегание сетчатки достигнуто практически с одинаковой частотой. Достоверных различий в частоте достижения успеха между подгруппами «Газ» и «Силикон» обеих групп также не было выявлено.

Сравнение полученных результатов с данными других исследований, приведенными в литературном обзоре, указывает на вполне сопоставимые анатомические результаты вмешательств по поводу РОС с нижними разрывами при использовании разных видов тампонады (газовоздушная смесь, воздух, силикон). В отношении функциональных результатов лечения выполнение подобного анализа весьма затруднительно ввиду существенных различий опубликованных исследований по их материалам, технологии вмешательств, срокам наблюдения и т.д. Вместе с тем, в настоящей работе в группе «Macula on» отмечены преимущества газовой тампонады по сравнению с силиконовой по данным микропериметрии, и определенная тенденция к более выраженному повышению МКОЗ после газовой тампонады. С учетом представленных в настоящей работе данных о хороших анатомических и функциональных результатах операций по поводу РОС с нижними разрывами при использовании газовой тампонады, можно рекомендовать этот вид тампонады как предпочтительный ввиду отсутствия

необходимости проведения дополнительного вмешательства по удалению тампонирующего агента (силикона).

Таким образом, разработанный хирургический этап газовой тампонады витреальной полости при лечении РОС с нижними разрывами является безопасным и эффективным и обеспечивает прилегание сетчатки в 98% случаев. Сравнительный анализ групп с тампонадой газовоздушной смесью и силиконом показал преимущество газовоздушной тампонады – достижение большей общей светочувствительности и светочувствительности в центральной точке у больных без захвата макулы. У пациентов с захватом макулы метод обладает сопоставимой с силиконовой тампонадой эффективностью в период наблюдения 6 месяцев и позволяет не только восстановить высокую остроту зрения у пациентов, но также избежать второго хирургического вмешательства – удаления силиконового масла.

В целом, в настоящей главе разработан хирургический этап газовой тампонады при лечении РОС с нижними разрывами, а также проведен сравнительный анализ групп с тампонадой газовоздушной смесью и силиконом, при этом показано преимущество газовоздушной тампонады, ее эффективность и безопасность у пациентов с РОС с разрывами в нижней полусфере. Определены следующие показания к использованию газовоздушной тампонады у пациентов с нижними разрывами: ранее не оперированная РОС с разрывами в нижней полусфере давностью не более 1 месяца без наличия пролиферативной витреоретинопатии стадий С и D.

ГЛАВА 5. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ С НИЖНИМ РАЗРЫВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ ТАМПОНАДЫ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ И ВИСКОЭЛАСТИКОМ

В предыдущей главе описана хирургическая методика лечения отслойки сетчатки с нижними разрывами, включающая разработанную технологию этапа газовой тампонады витреальной полости. Однако у данного хирургического этапа есть ограничения: невозможность достаточно длительной газовоздушной тампонады у пациентов с разрывом сетчатки, локализуемым на 6 часах на крайней периферии, и невозможность длительного нахождения в позиции лицом вниз у больных с некоторыми хроническими заболеваниями (например, с выраженным остеохондрозом). В связи с этим целью данной главы была разработка нового способа лечения отслойки сетчатки с разрывами на 6 часах на крайней периферии с использованием комбинированной тампонады витреальной полости газовоздушной смесью и вискоэластиком. Предполагалось также, что новый способ не будет требовать длительного нахождения в позиции лицом вниз и, соответственно, будет применим у тех категорий пациентов, которые по разным причинам не могут соблюдать такое вынужденное положение. Для достижения указанной цели было необходимо решить собственно задачу по разработке комбинированной тампонады витреальной полости газовоздушной смесью и вискоэластиком в технологии лечения РОС с локализацией разрывов на 6 часах на крайней периферии и выполнить предварительный анализ клинико-функциональных результатов применения комбинированной тампонады на небольшой группе пациентов. Объем такой группы был изначально ограничен в связи с относительной редкостью разрывов на 6 часах на крайней периферии.

5.1. Разработка комбинированной тампонады витреальной полости газовойдушной смесью и вискоэластиком

Для решения указанной задачи было предложено в лечении отслойки сетчатки с разрывами на 6 часах на крайней периферии дополнить тампонаду газовойдушной смесью введением в витреальную полость вискоэластика (Патент РФ №2737939 от 07.12.2020 «Способ хирургического лечения отслойки сетчатки с нижними разрывами с применением газовойдушной тампонады»). За счет более продолжительного, чем у газовойдушной смеси, времени резорбции, вискоэластик продолжает тампонировать нижние отделы сетчатки, особенно в меридиане 6 часов, предотвращая затекание внутриглазной жидкости под сетчатку, что позволяет сформироваться полноценной хориоретинальной спайке, и, как следствие, препятствует развитию рецидива отслойки сетчатки.

Была детально разработана комбинированная тампонада газовойдушной смесью и вискоэластиком в технологии лечения РОС с локализацией разрывов на 6 часах на крайней периферии, применяемая в том числе и для лиц, которые не могут находиться длительное время в положении вниз лицом. Как и в ранее представленной методике, первым этапом всем пациентам проводили факоэмульсификацию катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Затем в плоской части цилиарного тела устанавливали три порта калибра 25G, один из которых использовали для установки ирригационной канюли и подачи жидкости, второй – для введения эндоосветителя, третий – для введения эндовитреальных инструментов (рисунок 20).

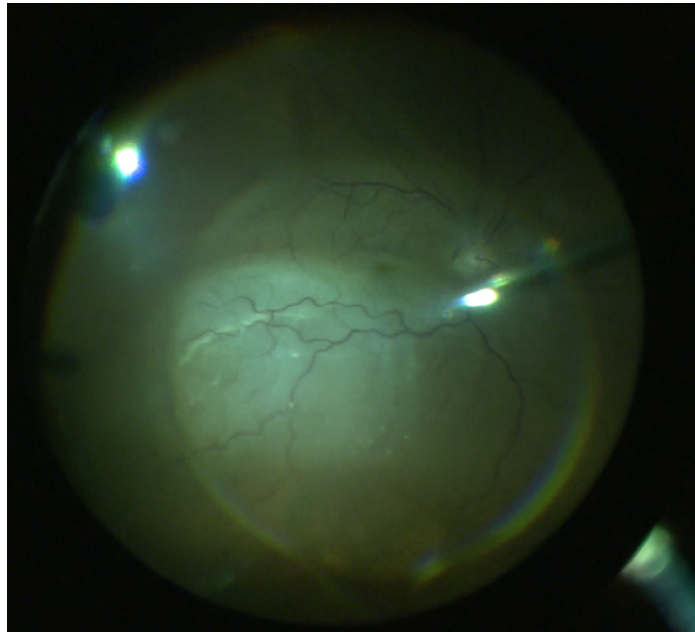


Рисунок 20 – Визуализация глазного дна после установки 25G портов

Основные этапы методики совпадали с этапами хирургической методики, описанной в предыдущей главе.

Особенность данной методики заключалась в введении в витреальную полость вискоэластика. После проведения эндолазеркоагуляции в воздушной среде через один из портов вводили вискоэластик Healon (Abbott Medical Optics, США) методом системно-активной подачи в витреальную полость под визуальным контролем в объеме, необходимом для перекрытия краев разрыва (в среднем – 0,5 мл; в зависимости от размеров разрыва может варьировать от 0,3 до 0,8 мл). Указанный вискоэластик разрешен для внутриглазного использования в Российской Федерации (регистрационное удостоверение ФС №2006/2585). Физико-химические свойства вискоэластика обеспечивают его расположение в нижних отделах сетчатки и адгезию к поверхности сетчатки, за счет чего сохраняется плотная тампонада области разрыва, препятствующая затеканию внутриглазной жидкости под сетчатку.

Операцию завершали тампонадой витреальной полости 12% газоздушной смесью, содержащей перфторпропан. Введение 12% газоздушной смеси осуществляли через один из портов с помощью шприца объемом 20 см³.

Одновременно с этим ушивали два других порта. Пациента в течение 2 суток располагали лицом вверх, полусидя.

Таким образом, была разработана комбинированная тампонада витреальной полости газовоздушной смесью и вискоэластиком в лечении РОС с локализацией разрыва на 6 часах на крайней периферии. Это позволило добиться надежной тампонады места разрыва в послеоперационном периоде.

5.2. Предварительные анатомические и функциональные результаты лечения РОС с нижними разрывами с применением комбинированной тампонады газовоздушной смесью и вискоэластиком

Как уже было отмечено выше, возможности апробации предложенной комбинированной тампонады были существенно ограничены в связи с относительной редкостью разрывов на 6 часах на крайней периферии. Поэтому в настоящей главе представлены только предварительные результаты ее применения в относительно небольшой группе пациентов.

Всего с использованием данного вида тампонады прооперировано 8 пациентов, 2 женщины и 6 мужчин, в возрасте от 36 до 63 (медиана - Me=49) лет с отслойкой сетчатки и нижними разрывами на 6 часах. Все глаза были факичными. Длительность существования РОС составляла от 2 до 3 (Me=2,3) недель. Детальная характеристика пациентов представлена в таблице 6. Малая выборка пациентов в данной группе обусловлена двумя факторами: уже отмеченной редкостью разрывов на 6 часах на крайней периферии, а также тем, что среди пациентов с нижними разрывами только небольшая часть не может соблюдать вынужденное положение лицом вниз и нуждается в комбинированной тампонаде витреальной полости.

Таблица 6 – Общая характеристика пациентов, включенных в исследование

№	Пол	Возраст (годы)	Аксиальная длина глаза (мм)	Высота отслойки (мм)	Срок РОС (нед.)	Вовлечение макулярной области	МКОЗ до операции	МКОЗ в 6 мес. после операции
1	М	56	23,61	7,5	2	Да	0,001	0,3
2	М	40	31,70	4,1	2	Да	0,01	0,6
3	М	63	23,74	5,1	2	Да	0,05	0,2
4	Ж	45	23,75	5,9	3	Да	0,01	0,2
5	М	49	24,58	3,4	3	Да	0,05	0,5
6	Ж	51	29,89	2,5	3	Да	0,5	0,6
7	М	36	28,03	4,8	2	Да	0,1	0,4
8	М	48	23,60	4,7	2	Нет	0,3	0,5

У 5 пациентов имели место разрывы на 6 часах на крайней периферии. Остальные 3 пациента не могли принимать послеоперационное положение вниз лицом.

Возможными факторами, способствовавшими развитию РОС были прогрессирование ПВХРД (n=3) и высокая миопия (n=2). У трех пациентов подобных факторов выявить не удалось. В большинстве случаев (n=7) по данным офтальмоскопии определен захват макулярной области.

По данным эхографии аксиальная длина глаза пациентов составила от 23,6 до 31,7 (Me=24,58) мм. ВГД было в пределах нормы и варьировало от 8 до 21 (Me=16) мм рт. ст. У трех пациентов с миопией слабой и высокой степени сферический эквивалент рефракции составлял -1,25, -12,0 и -6,25 дптр, соответственно. У пяти пациентов без миопии данный показатель составлял от 0 до 1,25 дптр. Клинически значимый астигматизм (от 1,0 до 2,0 дптр) выявлен у 5 пациентов.

Оценку остроты зрения проводили в десятичной системе измерений. По данным визометрии медианное значение НКОЗ составило 0,03; МКОЗ в среднем составила 0,10. Высота отслойки сетчатки по данным В-сканирования составила от 2,5 до 7,5 (Me=4,8) мм. По данным ЭФИ показатели электрической чувствительности зрительного нерва составили от 38 до 120 (Me=75) мкА, лабильности – от 20 до 43 (Me=30) Гц.

Всем пациентам было выполнено хирургическое вмешательство по описанной методике. Объем лазеркоагуляции сетчатки составил от 120 до 700 коагулятов (Me=395), мощность стимула была от 160 до 190 (Me=180) мВт. Срок наблюдения всех пациентов составил 6 месяцев.

Через 1 месяц после тампонады с применением вискоэластика отмечено увеличение медианы МКОЗ с 0,1 в дооперационном периоде до 0,37 ($p < 0,05$). У всех пациентов отмечено отсутствие скотом по данным периметрии. Сетчатка прилежала по данным эхографии во всех случаях. Значимых изменений электрической чувствительности и лабильности не выявлено

(Me=67 мкА и 34,5 Гц, соответственно). По данным ОКТ ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

Через 3 месяца после хирургического вмешательства определено значимое увеличение медианной МКОЗ до 0,42 ($p < 0,05$) по сравнению с дооперационным периодом. По данным эхографии отмечено прилегание сетчатки. Значимых изменений показателей электрической чувствительности и лабильности не выявлено (Me=67 мкА и 36 Гц, соответственно ($p > 0,05$)). Аналогично сроку наблюдения 1 месяц ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

Схожие данные получены и через 6 месяцев после операции. Отмечено увеличение медианной МКОЗ до 0,45, прилегание сетчатки и отсутствие скотом по данным периметрии. Показатели электрической чувствительности и лабильность значимо не изменялись (Me=68 мкА и 33 Гц, соответственно ($p > 0,05$)). Ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

Отдельно проводили оценку толщины сетчатки в различных участках по данным оптической когерентной томографии в послеоперационном периоде. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Толщина сетчатки (Me, мкм) у пациентов после хирургического лечения отслойки сетчатки с нижними разрывами и применением вискоэластика

	1 месяц	3 месяца	6 месяцев
Фовеа	240,5	257,0	263,5
Внутреннее кольцо			
T	301,5	309,0	305,0
S	311,5	319,0	320,0
N	293,0	301,0	320,0
I	301,5	308,0	312,5
Наружное кольцо			

T	287,0	295,0	292,0
S	289,5	290,0	299,5
N	271,0	272,0	275,5
I	279	280,0	287,5

* Значимых отличий при оценке толщины сетчатки в динамике не выявлено ($p > 0,05$ для всех локализаций). T – темпоральный, S – верхний, N – назальный, I – нижний квадранты

По данным микропериметрии проводили оценку общей светочувствительности, центральную и светочувствительности в 9 точках. Результаты приведены в таблице 8. Значимых различий в исследуемые периоды наблюдения не выявлено, однако отмечалась явная тенденция к повышению светочувствительности.

Таблица 8 – Светочувствительность (Me, дБ) у пациентов после хирургического лечения отслойки сетчатки с нижними разрывами и применением вискоэластика

	1 месяц	3 месяца	6 месяцев
Общая	24,15	24,1	24,2
Центральная	22,3	22,3	24,8
В 9 точках	20,5	23,0	23,0

* Значимых отличий при оценке светочувствительности сетчатки в динамике не выявлено ($p > 0,05$ для всех локализаций).

Представленный ниже клинический пример иллюстрирует эффективность разработанной методики

5.2.1. Клинический пример

Больная П., 45 лет, поступила в стационар отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России с жалобами на снижение остроты зрения и появление «занавески» перед правым глазом в течение трех недель. При офтальмоскопии правого глаза была выявлена отслойка сетчатки с захватом макулярной зоны и разрывом на 6 часах на крайней периферии. Максимально скорректированная острота зрения до операции составила 0,01; аксиальная длина глаза – 23,75 мм. По данным ультразвукового В-сканирования определяли отслойку сетчатки с максимальной высотой 5,9 мм (рисунок 21).



Рисунок 21 – Ультразвуковое В- сканирование правого глаза в сагиттальной плоскости до операции. Нижняя отслойка сетчатки высотой до 5,9 мм с разрывом на 6 часах и захватом макулярной зоны

Установлен диагноз: субтотальная регматогенная отслойка сетчатки, миопия высокой степени правого глаза.

Проведено хирургическое лечение по предложенному способу с введением в витреальную полость 0,5 мл вискоэластика. Операция завершена газовой тампонадой витреальной полости. После операции пациенту

было рекомендовано соблюдать положение лицом вверх, полусидя в течение 2 суток.

Операция и послеоперационный период протекали без осложнений. В первые сутки после операции по данным офтальмоскопии и ультразвукового В-сканирования сетчатка прилежала, в области разрыва определялся вискоэластик, занимавший 1/5 витреальной полости (рисунок 22); рассасывание его происходило в течение 7 дней. Газ заполнял 80% объема витреальной полости.

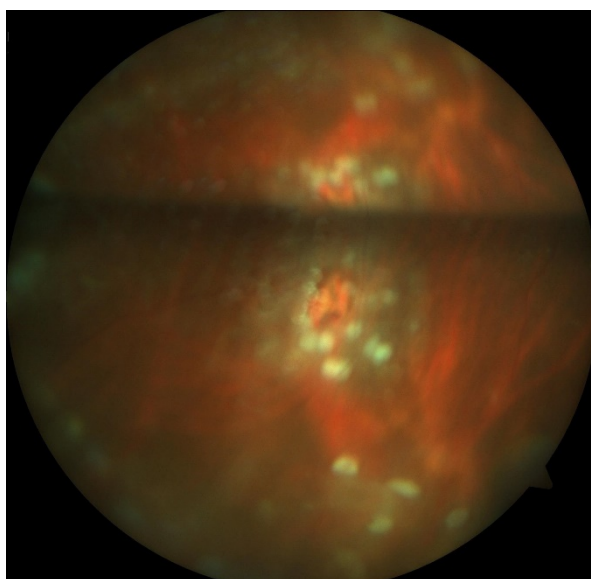


Рисунок 22 – Фотография глазного дна в области разрыва на 6 часах через 24 часа после хирургического вмешательства. Вискоэластик перекрывает края разрыва. Из-за изменения преломления в среде вискоэластик-газ произошло зеркальное отображение разрыва и лазеркоагулятов

МКОЗ через 1,5 месяца после операции составила 0,1. При офтальмоскопии витреальная полость прозрачна, сетчатка прилежит, разрыв блокирован, хориоретинальная спайка состоятельна (рисунки 23 и 24), что подтверждалось данными В-сканирования.



Рисунок 23 – Фотография глазного дна через 1,5 месяца после хирургического вмешательства, сетчатка прилежит.

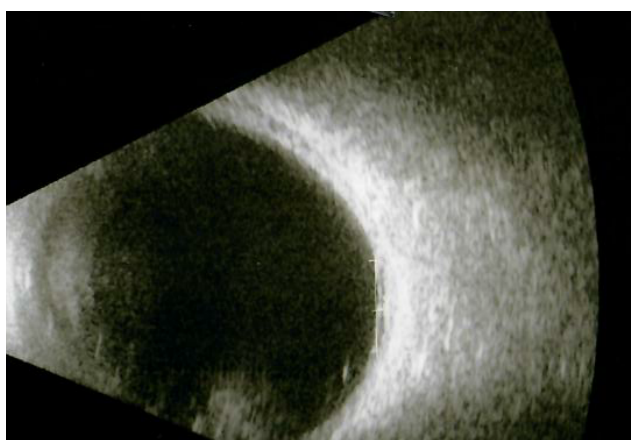


Рисунок 24 – Эхография через 1,5 месяца после хирургического вмешательства, оболочки прилежат.

В отдаленном периоде после операции (через 3 и 6 месяцев) сетчатка прилежала, разрыв блокирован, вокруг области разрыва хориоретинальная атрофия, МКОЗ – 0,2. Послеоперационных осложнений не наблюдалось.

При локализации разрывов в нижних отделах сетчатки на крайней периферии, а также отсутствии возможности пациентом принимать

положение лицом вниз, применение газовой тампонады ограничено из-за недостаточного давления газа на область разрыва. В связи с этим актуальной являлась разработка способа, позволяющего улучшить клиническо-функциональные результаты хирургического вмешательства. В настоящей главе было предложено дополнять газовой тампонаду витреальной полости введением вискоэластика. В частности, может использоваться вискоэластик на основе гиалуроната натрия – Healon (Abbott Medical Optics, США), имеющий регистрационное удостоверение на применение в России для внутриглазного использования.

Таким образом, в настоящей главе разработана комбинированная тампонада витреальной полости газовой смесью и вискоэластиком в технологии лечения РОС с разрывами на 6 часах на крайней периферии, а также проведен предварительный анализ клиническо-функциональных результатов лечения у 8 больных. Лечение по разработанной методике обеспечивало благоприятные анатомические и высокие функциональные результаты. Вискоэластик тампонировал нижние отделы сетчатки, а газовая смесь – верхние, что определяло не только расправление сетчатки, но и адекватную хориоретинальную адгезию в области разрыва. При этом обе среды являлись рассасываемыми, поэтому не было необходимости во втором этапе хирургического лечения. Данное хирургическое вмешательство позволило избежать вынужденного положения лицом вниз, что представляется значимым для определенной категории пациентов. На основе полученных результатов определены показания к применению комбинированной тампонады газовой смесью и вискоэластиком: наличие РОС с разрывами на 6 часах на крайней периферии, или, при других нижних разрывах, невозможность принимать положение лицом вниз в течение длительного времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регматогенная отслойка сетчатки (РОС) – заболевание глаза, характеризующееся наличием разрыва сетчатки и скоплением жидкости между пигментным эпителием и нейроэпителием, и требующее срочного хирургического лечения. Нелеченая РОС в большинстве случаев приводит к снижению остроты зрения вплоть до светоощущения. Частота заболеваемости РОС варьирует от 6,3 до 17,9 на 100 тысяч населения.

В настоящее время для лечения РОС применяют две основные хирургические методики: эписклеральное пломбирование и эндовитреальное вмешательство, а также комбинацию обоих методов. Для каждого из методов существует ряд показаний. Развитие технологий привело к тому, что эндовитреальное вмешательство стало методом выбора в большинстве случаев хирургического лечения РОС, несмотря на то что длительное время применялась именно сочетанная хирургическая методика – эписклеральное вдавление и витрэктомия с тампонадой витреальной полости заместителями стекловидного тела.

При проведении трансцилиарной витрэктомии на заключительном этапе операции производят тампонаду витреальной полости заместителями стекловидного тела – силиконом или газом. Заместители стекловидного тела необходимы для поддержания правильного анатомического положения сетчатки до момента формирования хориоретинальной спайки. По стандартной методике при выборе заместителя стекловидного тела учитывают локализацию разрыва сетчатки, при разрывах в верхней полусфере чаще применяется газовая тампонада, тогда как при нижних разрывах используют силикон.

Золотым стандартом тампонады витреальной полости при локализации разрывов в нижне-наружном и нижне-внутреннем сегментах является использование «тяжелого» силикона. К преимуществам силиконового масла стоит отнести его прозрачность, химическую стабильность, гидрофобность,

что обеспечивает эффективную длительную эндотампонаду до формирования хориоретинальной спайки, за счет герметизации разрыва и дает возможность проводить офтальмоскопию с первого дня после операции. Главным недостатком силиконовой эндотампонады является необходимость проведения второго хирургического вмешательства – удаления силикона.

Одно из важнейших преимуществ газовой тампонады – проведение одноэтапного хирургического лечения. Газовая тампонада витреальной полости является технологией выбора при локализации разрывов сетчатки в верхней полусфере, что обусловлено физическими свойствами газов. Однако в последнее время возрос интерес к применению газа и при нижних локализациях разрывов. Ранее ряд авторов описывал применение газовой тампонады при РОС с нижними разрывами, однако исследователи получили не очень высокие анатомические и функциональные результаты. Тем не менее, за последние годы опубликованы работы, продемонстрировавшие высокую эффективность газовой тампонады витреальной полости при РОС с нижними разрывами. Вместе с тем в указанных работах отсутствует единый алгоритм применения газовой тампонады, не описана технология ее выполнения, различаются вид и концентрация используемой газовой смеси. Также отсутствует единое мнение о необходимости и длительности фиксированного послеоперационного положения пациента в связи с противоречивостью данных о сроках формирования хориоретинальной адгезии, достаточной для прилегания сетчатки и исключения попадания под сетчатку внутриглазной жидкости.

В послеоперационном периоде при использовании как газа, так и силикона наблюдается ряд осложнений: вторичная гипертензия, развитие или прогрессирование ПВР, вторичное помутнение хрусталика, дистрофия роговицы, эндофтальмит. Кроме того, существует ряд ограничений для применения каждого из тампонирующих веществ. Так газ затрудняет офтальмоскопию сетчатки в первую неделю, а силикон, гипотетически, может оказывать токсическое действие на сетчатку.

Для формирования хориоретинальной спайки в хирургии отслоек сетчатки используют лазерное излучение. Воздействие лазерного излучения на сетчатку вызывает клеточный ответ, в результате которого происходит формирование фиброзной ткани, удерживающей сетчатку. По данным разных авторов спайки после лазерной коагуляции начинают формироваться в первые сутки и быстро укрепляются в течение последующих трех суток. Однако нет конкретных точных данных о сроках формирования хориоретинальной адгезии достаточной для удержания сетчатки в правильном положении.

Цель работы - разработка оптимизированной технологии хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере.

На основании указанной цели были определены следующие задачи исследования, заключающиеся в необходимости проведения экспериментального исследования *in vivo* для изучения морфологических особенностей хориоретинальных взаимоотношений в области лазеркоагуляции сетчатки в ранние сроки (12-72 часа) чтобы определить необходимую продолжительность газовой тампонады; в разработке хирургического этапа газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере; в необходимости изучения в сравнительном аспекте эффективности и безопасности газовой и силиконовой тампонады витреальной полости в хирургии отслойки сетчатки с нижней локализацией разрывов для определения показаний к применению метода; в разработке комбинированной тампонады витреальной полости газозвушной смесью и вискоэластиком при регматогенной отслойке сетчатки с локализацией разрыва на 6 часах на крайней периферии; в определении показаний для применения эндотампонады витреальной полости газозвушной смесью и комбинацией газозвушной смеси и вискоэластика в хирургии отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере.

Работа включала экспериментальную и клиническую части.

Экспериментальная часть работы выполнена на 15 кроликах породы шиншилла. Всем животным моделировали отслойку сетчатки, у 12 из 15 животных с последующим восстановлением ее анатомического прилегания и выполнением лазеркоагуляции сетчатки в зоне отслойки.

После введения животных в наркоз индуцировали отслойку сетчатки субретинальным введением физиологического раствора. Далее в качестве экспериментального моделирования лечебных манипуляций проводили трехпортовую 25G витрэктомию, дренировали субретинальную жидкость, после чего вводили перфторорганическое соединение в витреальную полость до достижения прилегания сетчатки на операционном столе. Лазерные коагуляты сетчатки наносили с височной стороны от диска зрительного нерва по кругу в 3 ряда в шахматном порядке до появления белого очага. Операцию завершали заменой перфторорганического соединения на стерильную газовоздушную смесь. Динамическое наблюдение с оценкой лазерных коагулятов осуществляли клинически с последующим морфологическим изучением их при помощи световой микроскопии. Животных выводили из эксперимента путем воздушной эмболии непосредственно после моделирования отслойки (исходный контроль без лазерных коагулятов), через 12, 24, 48 и 72 часа (по три кролика на каждый период). Глазные яблоки энуклеировали и фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина для последующего гистологического исследования.

Под действием температуры при нанесении коагулятов сетчатки возникало расширение просвета сосудов хориоидеи с изменением проницаемости сосудистой стенки и выходом сывороточных белков (в том числе фибриногена) в окружающие ткани, в частности - в сетчатку, подверженную локальной деструкции. С течением времени отек нарастал к 24 часам и практически исчезал к 72 часам.

Выход экссудативного фибриногена в субретинальное пространство сопровождался его разрушением и выпадением нитей фибрина,

формировавшего плотные адгезивные контакты между оболочками в области коагулятов. Фибрин здесь служил естественным биологическим клеем.

Агрегация форменных элементов крови (представленных в основном эритроцитами, тромбоцитами и единичными гранулоцитами) в сосудистом русле хориоидеи на сроке 12 часов приводила к их внутрисосудистому разрушению к 24 часам, без экстравазального выхода, тем самым способствуя активации антикоагулянтной системы только в крупных сосудах хориоидеи и препятствуя формированию тромбов в них.

В целом, гистологические изменения демонстрировали картину нарастающей деструктивно-экссудативной фазы фибриноидного воспаления умеренной степени выраженности с максимальными проявлениями на сроке 48 часов с затуханием экссудативных явлений и переходом в пролиферативную фазу через 72 часа.

На основании изученных морфологических процессов можно полагать, что хориоретинальная адгезия в области лазерных коагулятов становится достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 часов после операции.

В данной работе показана динамика ранних морфологических изменений зоны лазерных коагулятов приведшая к плотному контакту.

В отношении времени формирования контакта собственные данные в наибольшей степени соответствовали данным литературы, где срок развития хориоретинальной адгезии, превышающей ее обычную степень, составил два дня [97]. Вариации времени возникновения адгезии в других работах от одного дня [66, 85, 88] до трех [169] и четырех дней [85], могли быть связаны с использованием разных источников и параметров лазерного излучения. Кроме того, только в одной работе [184], так же, как и в настоящем исследовании, коагуляции подвергали ранее отслоенную сетчатку. В других исследованиях выполняли коагуляцию неизменной сетчатки. В данной работе представлены данные лазеркоагуляции сетчатки, отслоенной лишь на короткое время.

В клиническую часть работы вошли 86 пациентов (86 глаз). Клинические исследования включали 2 раздела. В первом из них, включавшем большинство пациентов (78 человек) был разработан хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере и проведен сравнительный анализ газовой и силиконовой тампонады в лечении данной категории больных. Во втором разделе, включавшем 8 больных (8 глаз) разрабатывали методику тампонады витреальной полости комбинацией газозвушной смеси и вискоэластика.

Критерием включения пациентов явилась ранее не оперированная РОС с разрывом в нижней полусфере давностью не более 1 месяца. Критериями исключения служили острые и хронические воспалительные заболевания глаза, пролиферативная витреоретинопатия стадии С и D, соматические заболевания в стадии обострения (гипертония, инфаркт миокарда, острая коронарная недостаточность, инсульт), психические заболевания, наличие наркотической или алкогольной зависимости.

Всем пациентам проводили традиционные и специальные офтальмологические обследования, включая спектральную ОКТ и микропериметрию. Пациенты были оперированы в ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» в 2018–2021 гг.

В первом разделе клинических исследований сначала был детально разработан хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения отслойки сетчатки с локализацией разрывов в нижней полусфере. Необходимыми предпосылками для его выполнения являются: тщательное круговое удаление базиса стекловидного тела на средней и крайней периферии, и за ora serrata, проведение эндолазеркоагуляции сетчатки в области разрыва и круговой на 360 градусов на крайней периферии. Разработанная технология хирургического этапа газовой тампонады включает выбор перфторпропана в качестве тампонирующего агента, выбор 12%-ной концентрации газозвушной смеси, методику введения газа в витреальную полость через один из портов с помощью шприца объемом 20 см³ в количестве

15 см³ с одновременным выпуском аналогичного количества воздуха через другой порт, пальпаторный контроль ВГД и введение дополнительно до 5 см³ газовой смеси при снижении ВГД, обязательное соблюдение положения «лицом вниз» в течение суток с момента операции.

Следующим разделом работы явилось проведение сравнительного анализа результатов лечения при использовании газовой и силиконовой тампонады. В зависимости от характера отслойки сетчатки пациенты были разделены на 2 группы: без захвата макулярной области отслойкой сетчатки («Macula on») – 36 человек (36 глаз) и с захватом макулярной области («Macula off») – 42 пациента (42 глаза). В каждой из групп были выделены две подгруппы «Газ» и «Силикон» в зависимости от вида завершающей тампонады витреальной полости, выполняемой соответственно газом (перфторпропаном C₃F₈ по разработанной технологии) или силиконом (Densiron). Отбор пациентов с РОС с нижними разрывами осуществляли сплошным методом, а выбор вида тампонады – случайным методом. В группе «Macula on» подгруппу «Газ» составили 23 пациента, подгруппу «Силикон» – 13 человек; в группе «Macula off» в обе подгруппы вошло по 21 пациенту. Различия подгрупп «Газ» и «Силикон» как в группе «Macula on», так и в группе «Macula off» по всем исходным клиничко-демографическим характеристикам были статистически не достоверными. Контрольные осмотры проводили до и после хирургического вмешательства в сроки 1, 3 и 6 месяцев. Средний срок наблюдения составил 9,4 (от 6 до 24) месяцев.

Всем пациентам были проведены операции по следующей хирургической методике: стандартная трехпортовая 25G витректомия, введение в витреальную полость ПФОС, проведение тщательной круговой склерокомпрессии на средней и крайней периферии и за ora serrata, замена ПФОС на воздух, дренирование субретинальной жидкости, круговая эндолазеркоагуляция сетчатки. В подгруппах «Газ» выполняли тампонаду витреальной полости 12% газовой смесью, содержащей перфторпропан (C₃F₈) по разработанной технологии. В подгруппах «Силикон»

проводили тампонаду силиконовым маслом. Операция завершилась при нормотонусе глаза. Всем пациентам с факичными глазами перед эндовитреальным вмешательством проводили факоэмульсификацию катаракты с имплантацией интраокулярной линзы.

По результатам проведенных исследований в послеоперационном периоде удалось достичь полного прилегания сетчатки у 75 пациентов (96%), в том числе в группе «Macula on» в подгруппе «Газ» – у 23 (100%), в подгруппе «Силикон» – у 12 (92%), в группе «Macula off» в обеих подгруппах – у 20 (95%). Суммарная эффективность при тампонаде газом составила 98% (43 из 44 пациентов), при тампонаде силиконом – 94% (32 из 34 больных). У трех пациентов были выявлены рецидивы отслойки сетчатки: у одного с тампонадой газом в группе «Macula off» и у двух с силиконовой тампонадой (по одному в группе «Macula off» и в группе «Macula on»). Этим пациентам была выполнена микроинвазивная ревизия с введением в витреальную полость силиконового масла, что позволило добиться полного прилегания сетчатки. Из дальнейшего анализа эти пациенты были исключены.

Клинико-функциональные результаты хирургических вмешательств были изучены в сроки 1, 3 и 6 месяцев. В подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» через 1 месяц после операции отмечена положительная динамика МКОЗ ($13,2 \pm 8,4$ и $9,2 \pm 6,7$ букв ETDRS, соответственно; указанные изменения не были статистически значимым.). При сравнении подгрупп «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» значимых различий по таким параметрам, как МКОЗ, общая светочувствительность, средняя светочувствительность в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем кольце не выявлено ($p > 0,1$). Светочувствительность в центральной точке в подгруппе «Газ» была значимо выше и составила $22,7 \pm 3,4$ дБ против $20,17 \pm 2,7$ дБ в подгруппе «Силикон» ($p = 0,043$). Значимые различия получены и при сравнении толщины сетчатки в наружном кольце – в группе «Газ» она была значимо ниже и составила $281,6 \pm 12,6$ мкм против $300,1 \pm 20,2$ мкм в группе «Силикон» ($p = 0,004$) через 1 месяц после операции.

Пациенты подгрупп «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» характеризовались выраженной положительной динамикой МКОЗ в послеоперационном периоде. Так, уже через 1 месяц после операции для подгруппы «Газ» она составила $45,9 \pm 18,3$ ($p=0,02$, изменения по сравнению с дооперационным периодом значимы), а для подгруппы «Силикон» - $37,0 \pm 14,6$ ($p=0,07$, изменения на уровне тенденции). При сравнении между двумя группами через 1 месяц после операции по таким параметрам, как МКОЗ светочувствительность общая, в центральной точке, средняя в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем и наружном кольце значимых различий не выявлено ($p>0,1$).

При анализе динамики основных параметров в подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula on» через 3 месяца после операции показана положительная динамика МКОЗ по сравнению с исходным уровнем ($p<0,01$) и небольшое (недостовверное) увеличение параметров по сравнению с таковыми через 1 месяц после операции ($p>0,1$). Значимые различия между этими подгруппами получены при сопоставлении светочувствительности в центральной точке ($23,2 \pm 2,1$ и $21,4 \pm 2,1$, соответственно, $p=0,043$). При сравнении по другим исследуемым параметрам значимых различий не выявлено ($p>0,05$).

В подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» также отмечена выраженная положительная динамика МКОЗ по сравнению с дооперационными показателями. Для подгруппы «Газ» она составила $47,5 \pm 15,0$ ($p=0,005$), для подгруппы «Силикон» - $45,8 \pm 16,4$ ($p=0,017$; в обеих подгруппах динамика статистически значима). При сравнении между подгруппами по таким параметрам, как МКОЗ, светочувствительность общая, в центральной точке, средняя в 9 точках вокруг центра и толщина сетчатки в центральной зоне и во внутреннем и наружном кольце через 3 месяца после операции значимых различий не выявлено ($p>0,1$).

Через 6 месяцев в группе «Macula on» после лечения с использованием газовой тампонады по сравнению с завершающей тампонадой силиконом

достоверно ($p < 0,05$) выше светочувствительность сетчатки общая ($25,2 \pm 1,3$ дБ против $24,4 \pm 0,5$ дБ) и в центральной точке ($23,7 \pm 2,2$ дБ против $22,0 \pm 1,6$ дБ, соответственно). Также в этой группе у пациентов с газовой тампонадой по сравнению с силиконовой наблюдалась тенденция к более выраженному повышению МКОЗ ($79,4 \pm 7,3$ и $78,1 \pm 4,2$ букв ETDRS, соответственно), однако она была статистически недостоверна. Различия по другим изученным параметрам не были значимыми.

При анализе динамики МКОЗ до операции и через 6 месяцев после операции в подгруппах «Газ» и «Силикон» группы «Macula off» получены значимые ($p = 0,001$) изменения (на $69,4 \pm 10,3$ и $64,7 \pm 13,2$ букв ETDRS, соответственно). При сравнении основных исследуемых параметров между этими подгруппами через 6 месяцев наблюдений значимых различий не выявлено ($p > 0,05$).

В ранних работах частота прилегания сетчатки после хирургического лечения была ниже, чем в настоящем исследовании [146]. Это можно объяснить малым развитием технологического оснащения, что затрудняло хирургические манипуляции при удалении стекловидного тела. В более поздних работах были получены более высокие результаты. Частота прилегания сетчатки при использовании газовой тампонады варьировала от 92,7% до 95% и эти результаты сопоставимы с полученными в данном исследовании [58, 116, 155, 60, 186, 158, 163]. Однако в предшествующих работах не было единого алгоритма использования газовой тампонады и послеоперационного положения пациента. Разные авторы использовали разные фторированные газы в различных концентрациях. Ни в одной работе не было указано, как авторы добиваются нужной концентрации газа в глазу: вводят ли они чистый газ в воздушную среду глаза, либо производят полную замену воздуха на необходимую смесь. Еще одним важным ограничением, выявленным при анализе ранее опубликованных работ, было применение различных видов интраоперационной коагуляции сетчатки. Так, в ряде работ, авторы наравне с лазеркоагуляцией сетчатки проводили криопексию сетчатки

или выполняли оба вида воздействия на сетчатку одновременно. При этом в результатах оценивали лишь общий процент прилегания и неприлегания сетчатки и не анализировали влияние вида коагулирующего воздействия на частоту рецидивов отслойки сетчатки. В единственной работе, посвященной сравнению результатов хирургического лечения, РОС с нижними разрывами с применением газовой тампонады витреальной полости и с применением тампонады силиконовым маслом, были получены схожие с настоящим исследованием данные [147].

Во втором разделе клинических исследований была разработана хирургическая методика комбинированной тампонады витреальной полости газовой смесью и вискоэластиком в технологии лечения пациентов с РОС с нижними разрывами, у которых разрыв был на 6 часах на крайней периферии либо которые не могли принимать положение вниз лицом в течение длительного времени. Объем апробации предложенной комбинированной тампонады был существенно ограничен в связи с относительной редкостью разрывов на 6 часах на крайней периферии, а также в связи с тем, что среди пациентов с нижними разрывами только небольшая часть не может соблюдать вынужденное положение лицом вниз. Поэтому были изучены только предварительные результаты применения комбинированной тампонады в относительно небольшой группе пациентов. Всего по данной методике было прооперировано 8 пациентов, 2 женщины и 6 мужчин, в возрасте от 36 до 63 (Me=49) лет с отслойкой сетчатки и нижними разрывами на 6 часах. Все глаза были факичными. Срок наблюдения всех пациентов составил 6 месяцев.

Была детально разработана комбинированная тампонада витреальной полости газовой смесью и вискоэластиком. Как и в ранее представленной методике, первым этапом всем пациентам проводили фактоэмульсификацию катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Основными отличиями разработанной методики были заключительные этапы операции. После эндолазеркоагуляции сетчатки через порт под системно-

активной подачей в витреальную полость под визуальным контролем вводили вискоэластик Healon (Abbott Medical Optics, США) в объеме, необходимом для перекрытия краев разрыва (в среднем - 0,5 мл; в зависимости от размеров разрыва может варьировать от 0,3 до 0,8 мл). Указанный вискоэластик разрешен для внутриглазного использования в Российской Федерации (регистрационное удостоверение ФС №2006/2585). Операцию завершали тампонадой витреальной полости 12% газовоздушной смесью, содержащей перфторпропан. Введение 12% газовоздушной смеси осуществляли через один из портов с помощью шприца объемом 20 см³. Одновременно с этим ушивали два других порта. Пациента в течение 2 суток располагали лицом вверх, полусидя.

Через 1 месяц после тампонады с применением вискоэластика отмечено увеличение медианной (Me) МКОЗ с 0,05 в дооперационном периоде до 0,37 ($p < 0,05$). У всех пациентов отмечено отсутствие скотом по данным периметрии. Сетчатка прилежала по данным эхографии во всех исследуемых глазах. Значимых изменений электрической чувствительности и лабильности не выявлено (Me=67 мкА и 34,5 Гц, соответственно). По данным ОКТ ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

Через 3 месяца после хирургического вмешательства определено значимое увеличение медианной МКОЗ до 0,42 ($p < 0,05$) по сравнению с дооперационным периодом. По данным эхографии отмечено прилегание сетчатки. Значимых изменений показателей электрической чувствительности и лабильности не выявлено (Me=67 мкА и 36 Гц, соответственно ($p > 0,05$)). Аналогично сроку наблюдения 1 месяц ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

Схожие данные получены и через 6 месяцев после операции. Отмечено увеличение медианной МКОЗ до 0,45, прилегание сетчатки и отсутствие скотом по данным периметрии. Показатели электрической чувствительности и лабильность значимо не изменялись (Me=68 мкА и 33 Гц, соответственно; $p > 0,05$). Ни у одного из пациентов эпиретинальных мембран не выявлено.

В литературе нам не удалось найти аналогичных работ по использованию вискоэластика у пациентов с РОС и нижними разрывами. Введение гиалуроната натрия в витреальную полость проводилось и ранее, но с другими целями, например, для лечения выраженной гипотонии [167], профилактики кровотечений [65]. В 1980-90-е годы его использовали и в лечении некоторых форм отслоек сетчатки, например, больших «пузыревидных» [135], что, однако, не получило дальнейшего развития.

С учетом проведенных исследований были разработаны показания для применения газовой и комбинированной эндотампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере. Показания к газовой эндотампонаде включают ранее не оперированную РОС с разрывами в нижней полусфере давностью не более 1 месяца без наличия пролиферативной витреоретинопатии стадий С и D. Показаниями к применению комбинированной тампонады газовоздушной смесью и вискоэластиком являются наличие РОС с разрывами на 6 часах на крайней периферии, или, при других нижних разрывах, невозможность принимать положение вниз лицом в течение длительного времени.

Таким образом, разработанный хирургический этап газовой тампонады в лечении РОС с разрывами в нижней полусфере является безопасным и эффективным и обеспечивает прилегание сетчатки в 98% случаев. Сравнительный анализ групп с тампонадой газовоздушной смесью и силиконом показал преимущество газовоздушной тампонады – достижение большей общей светочувствительности и светочувствительности в центральной точке в группе «Macula-on». У пациентов с захватом макулы метод обладает сопоставимой с силиконовой тампонадой эффективностью в период наблюдения 6 месяцев и позволяет восстановить высокую остроту зрения у пациентов, исключая при этом необходимость второго этапа операции (удаления силикона). При невозможности нахождения пациентов в положении вниз головой в течение длительного времени или наличии

разрывов на 6 часах на крайней периферии обосновано применение комбинированной тампонады газовой-воздушной смесью и вискоэластиком.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных экспериментальных исследований показано, что в период с 24 до 48 часов после лазеркоагуляции формировался плотный адгезивный хориоретинальный контакт посредством отложений фибрина, источником которого служил сывороточный фибриноген, входивший в состав экстравазального экссудата зоны лазеркоагуляции.
2. Разработан хирургический этап газовой тампонады витреальной полости в технологии лечения регматогенной отслойки сетчатки с локализацией разрыва в нижней полусфере, включая выбор газовой смеси, содержащей 12% перфторпропана (C_3F_8) в качестве тампонирующего вещества, технологию ее введения, обязательное соблюдение положения «лицом вниз» в течении суток с момента операции. Определено, что тампонада газовой смесью обладает преимуществом в виде отсутствия необходимости выполнения второго хирургического вмешательства (удаления силикона) и может быть рекомендована больным без выраженной пролиферативной витреоретинопатии.
3. Показано, что применение тампонады газовой смесью и силиконом у больных РОС с локализацией разрывов в нижней полусфере одинаково эффективно для достижения высокой частоты прилегания сетчатки. В группе «Macula on» после лечения с использованием газовой тампонады по сравнению с завершающей тампонадой силиконом достоверно ($p < 0,05$) выше светочувствительность сетчатки общая ($25,2 \pm 1,3$ дБ против $24,4 \pm 0,5$ дБ) и в центральной точке ($23,7 \pm 2,2$ дБ против $22,0 \pm 1,6$ дБ, соответственно).
4. Разработана комбинированная тампонада витреальной полости газовой смесью и вискоэластиком в технологии лечения отслойки сетчатки с разрывами на 6 часах на крайней периферии, а также в случаях, когда пациенты с разрывами в нижней полусфере не могут принимать

положение вниз лицом в течение длительного времени. Вискоэластик тампонирует нижние отделы сетчатки, а газовоздушная смесь – верхние, что обеспечивает не только расправление сетчатки, но и адекватную хориоретинальную адгезию в области разрыва.

5. Разработаны показания для применения газовой и комбинированной эндотампонады витреальной полости в хирургии РОС с разрывами в нижней полусфере. Показания к газовой эндотампонаде включают ранее не оперированную РОС с разрывами в нижней полусфере давностью не более 1 месяца без наличия пролиферативной витреоретинопатии стадий С и D. Показаниями к применению комбинированной тампонады газовоздушной смесью и вискоэластиком являются наличие РОС с разрывами на 6 часах на крайней периферии, или, при других нижних разрывах, невозможность принимать положение вниз лицом в течение длительного времени.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения анатомических и клинико-функциональных результатов хирургического лечения РОС с локализацией разрывов в нижней полусфере рекомендуется применять разработанный хирургический этап газовой тампонады витреальной полости.
2. При наличии РОС с разрывами на 6 часах на крайней периферии, или, при других нижних разрывах, при невозможности принимать положение вниз головой в течение длительного времени рекомендуется применение модифицированной комбинированной тампонады газовой смесью и вискоэластиком.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД – внутриглазное давление

дБ – децибел

ДЗН – диск зрительного нерва

Me - медиана

МКОЗ – максимально скорректированная острота зрения

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПВР - пролиферативная витреоретинопатия

ПВХРД – периферическая витреохориоретинальная дистрофия

ПФОС – перфторорганическое соединение

РОС – ретинальная отслойка сетчатки

G - гейдж

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, П.С. Биологическое действие лазерного инфракрасного излучения (с длиной волны 1,06 мкм) на ткани глазного дна / П.С. Авдеев [и соавт.] // Вестник офтальмологии. – 1982. – №.1. – С. 26-31.
2. Аль-Рашид, З.Ж. Изменения показателей качества жизни при оперативном лечении отслойки сетчатки / З.Ж. Аль-Рашид, А.В.Малышев, О.И.Лысенко // Офтальмологические ведомости. – 2014. – Т. 7, №2. – С. 23-29.
3. Анкудинова, С.В. Изменения оптической системы глаза после витрэктомии / С.В. Анкудинова, Л.И. Балашевич // Катарактальная и рефракционная хирургия. - 2011. - Т. 11, № 2. - С. 24-26.
4. Арсютов, Д.Г. Использование аутологичной кондиционированной плазмы, обогащённой тромбоцитами, в хирургии регматогенной отслойки сетчатки с центральным и периферическими разрывами / Д.Г. Арсютов // Acta biomedica scientifica. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 61-65.
5. Большунов, А.В. Сравнительное патоморфологическое исследование действия непрерывного лазерного излучения различного спектрального состава на ткани глазного дна кролика / А.В. Большунов [и соавт.] // Вестник офтальмологии. – 1988. – Т.104, №5. – С. 61-67.
6. Велиева, И.А. Показания к применению лазерной коагуляции сетчатки в лечении ретиношизиса и регматогенной отслойки сетчатки / И.А. Велиева, З.В. Сурнина // Вестник офтальмологии. - 2020. – Т. 136, №6. – С. 50–56.
7. Галимова, А.Б. Эволюция подходов к хирургическому лечению регматогенной отслойки сетчатки / А.Б. Галимова // Офтальмологические ведомости. – 2011. – Т.4, №3. – С. 70-77.
8. Дога, А.В. Лазерная ретинотомия с использованием установки Ultra Q Reflex в профилактике регматогенной отслойки при осложненных клапанных разрывах сетчатки / А.В. Дога [и соавт.] // Офтальмология. –

2018. – Т.15, №1. – С. 24-31.
9. Дога, А.В. Анализ отдаленных результатов применения технологии комбинированного микроинвазивного лазер-хирургического лечения локальной регматогенной отслойки сетчатки / А.В. Дога [и соавт.] // Клиническая офтальмология. - 2021. – Т.21, №2. – С. 63–68.
 10. Дога, А.В. Регматогенная отслойка сетчатки: современные подходы к лечению / А.В. Дога [и соавт.] // Клиническая офтальмология. – 2020. – Т.20, №2. – С. 72–77.
 11. Дога, А.В. Оценка эффективности и безопасности технологии комбинированного микроинвазивного лазер-хирургического лечения локальной регматогенной отслойки сетчатки / А.В. Дога [и соавт.] // Вестник Авиценны. – 2020. – Т.22, №4. – С. 535-541.
 12. Ильюхин, О.Е. Функциональные результаты хирургического лечения отслойки сетчатки / О.Е. Ильюхин, М.А. Фролов, К.В. Игнатенко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. - 2020. - Т. 24. - №2. - С. 156-162.
 13. Краснов, М.М. Электронно-микроскопическое изучение тканей глазного дна при лазеркоагуляции / М.М. Краснов [и соавт.] // Вестник офтальмологии. – 1973. - №2. – С. 9-12.
 14. Куликов, А.Н. Оптическая биометрия до и после хирургического лечения витреоретинальной патологии с использованием силиконового масла / А.Н. Куликов, Е.В. Даниленко, А.Р. Кузнецов // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. – 2021. – Т.16, №1. – С. 115-117.
 15. Лейтин, В.Л. Взаимодействие тромбоцитов с иммобилизованными коллагенами сосудистой стенки / В.Л. Лейтин [и соавт.] // Кардиология. – 1989. – Т.29, №9. – С. 74-77.
 16. Либман, Е.С. Состояние и динамика инвалидности вследствие нарушения зрения в России / Е.С. Либман // Материалы IX съезда офтальмологов. М. – 2010. - С.73.
 17. Либман, Е.С. Дистантные изменения тканей глаза при лазерной

- (рубиновой) коагуляции / Е.С. Либман, А.А. Хорасанян // Офтальмологический журнал. – 1975. – Т. 30, №8. – С. 610-616.
18. Линник, Л.А. Оптимизация параметров изучения криптонового лазера на ткани глазного дна в эксперименте / Л.А. Линник [и соавт.] // Офтальмологический журнал. – 1986. - №4. – С. 216-219.
 19. Пат. 2260412 Российская Федерация, А61F 9/007. Способ лечение отслойки сетчатки / Лыскин П.В.; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение "Межотраслевой научно-технический комплекс "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова Министерства здравоохранения Российской Федерации" – № 2004109539/14; заявл. 31.03.04; опубл. 20.09.05, Бюл. № 26 – 3 с.
 20. Сдобникова, С.В. Влияние витрэктомии на гидродинамические показатели глаза при пролиферативной диабетической ретинопатии и патологии, не связанной с сосудистыми нарушениями / С.В. Сдобникова [и соавт.] // Вестник офтальмологии. - 2013. - Т. 129, № 1. - С. 46-48.
 21. Стебнев, В.С. Трансконъюнктивальная бесшовная витрэктомия 25 GAUGE с клапанными портами в лечении пациентов с макулярными разрывами / В.С. Стебнев, В.М. Малов // Медицинский альманах. - 2013. - № 2 (26). - С. 206-208.
 22. Струкова, С.М. Морфологические и молекулярные аспекты взаимодействия тромбоцитов с элементами сосудистой стенки / С.М. Струкова, А.И. Струков // Архив патологии. – 1989. – Т.51, № 6. – С. 74-77.
 23. Трайдомед Инвест: Некоторые аспекты использования расширяющихся газов в офтальмохирургии <http://www.tradomed-invest.ru/text/>;
 24. Фабрикантов, О.Л. Лечение регматогенной отслойки сетчатки, осложненной пролиферативной витреоретинопатией (обзор литературы) / О.Л. Фабрикантов, Д.А. Коняев, Р.Э. Османов // Сибирский научный медицинский журнал. – 2018. – Т.38, №1. – С.69-76.
 25. Файзрахманов, Р.Р. Изменение толщины центральной зоны сетчатки

- после витректомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки с использованием силиконовой тампонады / Р.Р. Файзрахманов [и соавт.] // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. – 2020. - №2(15). – С. 89-91.
26. Файзрахманов, Р.Р. Динамика перфузионных и морфологических параметров макулярной зоны при силиконовой тампонаде витреальной полости / Р.Р. Файзрахманов [и соавт.] // Вестник офтальмологии. – 2020. – Т.136, №5. – С. 46–51.
27. Чупров, А.Д. Лечение артефактных отслоек сетчатки методами эндовитреальной хирургии с тампонадой витреальной полости силиконовым маслом и газовой смесью / А.Д. Чупров, Л.В. Демакова // Современные технологии в медицине. – 2016. – Т.8. – С. 153-158.
28. Чурашов, С.В. Функциональные и анатомические исходы лечения «нижних» рецидивов отслоек сетчатки в зависимости от объема хирургического вмешательства / С.В. Чурашов, А.Н. Куликов, Т.Н. Шевалова // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. – 2021. - №1(16). – С. 99-102.
29. Шаимова, В.А. Первый опыт бесконтактной навигационной лазерной ретинопексии периферических разрывов и регматогенных дегенераций сетчатки / В.А. Шаимова [и соавт.] // Вестник офтальмологии. – 2021. – Т.137, №1. – С. 46-52.
30. Шацких, А.В. Морфологические изменения после лазеркоагуляции, обеспечивающие адгезию отслоенной сетчатки / А.В. Шацких [и соавт.] // Офтальмохирургия. – 2020. - №2. – С. 52-57.
31. Щукин, А.Д. О функциональных результатах лечения рецидивов регматогенной отслойки сетчатки после многократных эндовитреальных вмешательств / А.Д. Щукин // Офтальмологические ведомости. – 2019. – Т. 12. – № 2. – С. 5–10.
32. Щукин, А.Д. Современная экстрасклеральная хирургия в лечении регматогенной отслойки сетчатки: оценка эффективности применения и

- функциональные результаты / А.Д. Щукин // Офтальмологические ведомости. - 2019. - Т. 12. - №4. - С. 23-28.
33. Щукин, А.Д. Предварительные результаты экстрасклеральных и витреоретинальных вмешательств по поводу рехматогенной отслойки сетчатки / А.Д. Щукин, Е.А. Сайгина, Е.А. Литвинова // Офтальмологические ведомости. – 2018. – Т. 11. – № 2. – С. 36–40
34. Abrams, G.W. Dynamics of intravitreal sulfur hexafluoride gas / G.W. Abrams [et al] // Invest Ophthalmol. - 1974. – Vol.13. – P. 863–868.
35. Adelman, R.A. Retinal Detachment Study Group Strategy for the management of uncomplicated retinal detachments: the European vitreo-retinal society retinal detachment study report 1. / R.A. Adelman [et al] // Ophthalmology. 2013. – Vol.120. – P.1804–1808.
36. Ai, E. Current patterns of intraocular gas use in North America / E. Ai, T.W. Gardner // Arch Ophthalmol. – 1993. – Vol.111. – P. 331–332.
37. Ajlan, R. Primary rhegmatogenous retinal detachment with inferior retinal breaks postoperative prone positioning results: 1 day versus 7 days / R. Ajlan [et al] // Int J Retina Vitreous. – 2017. – Vol.3. – P.47.
38. Ambiya, V. Outcomes of Recurrent Retinal Detachment Surgery following Pars Plana Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment / V. Ambiya [et al] // Semin Ophthalmol. – 2018. – Vol.33. - P. 657-663.
39. Amini, R. Computational simulation of altitude change-induced intraocular pressure alteration in patients with intravitreal gas bubbles / R. Amini [et al] // Retina. – 2011. – Vol.31. – P.1656–1663.
40. Angunawela, R.I. Intraocular fluid dynamics and retinal shear stress after vitrectomy and gas tamponade / R.I. Angunawela // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2011. – Vol.52. – P. 7046–7051.
41. Arjmand, P. Combined Pars Plana Vitrectomy and Segmental Scleral Buckle for Rhegmatogenous Retinal Detachment with Inferior Retinal Breaks / P. Arjmand, T. Felfeli, E.D. Mandelcorn // Clin Ophthalmol. – 2021. – Vol.15. – P. 3515-3519.

42. Banerjee, P.J. Silicone oil versus gas tamponade for giant retinal tear-associated fovea-sparing retinal detachment: a comparison of outcome / P.J. Banerjee [et al] // *Eye (Lond)*. – 2017. – Vol.31. – P. 1302-1307.
43. Boscia, F. Oxane HD vs silicone oil and scleral buckle in retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy and inferior retinal breaks / F. Boscia [et al] // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. – 2008. – Vol.246. – P. 943-8.
44. Brancafo, R. Histopathology of Diode and Argon Laser Lesions in Rabbit Retina. A Comparative Study / R. Brancafo [et al] // *Invest Ophthalmol & Vis Sci*. – 1989. – Vol.30. – P. 1504-1510.
45. Briggs, M. The effect of anaesthesia on the intraocular volume of the C3F8 gas bubble / M. Briggs [et al] // *Eye (Lond)*. – 1997. – Vol.11. – P. 47–52.
46. Casswell, A.J. Silicone oil removal. II. Operative and postoperative complications / A.J. Casswell, Z.J. Gregor // *Br J Ophthalmol* – 1987. – Vol.71. – P. 898-890.
47. Chang, S. Perfluoropropane gas in the management of proliferative vitreoretinopathy / S. Chang [et al] // *Am J Ophthalmol*. – 1984. – Vol.98. – P. 180–188.
48. Chang, S. Perfluorocarbon gases in vitreous surgery / S. Chang [et al] // *Ophthalmology*. – 1985. – Vol.92. – P. 651–656.
49. Chang, S. *Intraocular Gases* / S. Chang // *Retina*. St. Lois, MO: CV Mosby Co. – 1989. – P. 245–257.
50. Chatziralli, I. Predictive Factors for Long-Term Postoperative Visual Outcome in Patients with Macula-Off Rhegmatogenous Retinal Detachment Treated with Vitrectomy / I. Chatziralli [et al] // *Ophthalmologica*. – 2021. – Vol.244. – P. 213-217.
51. Chawla, H.B. Intravitreal air in retinal detachment surgery / H.B. Chawla, C.H. Birchhall // *Br J Ophthalmol*. -1973. – Vol.57. – P. 60–70.
52. Chrapek, O. Anatomical results of cryosurgical procedures in rhegmatogenous retinal detachment - our experience / O. Chrapek [et al] // *Cesk Slov Oftalmol*.

- 2013. – Vol.69. – P.164-168.
53. Cibis, P.A. The use of liquid silicone in retinal detachment surgery / P.A. Cibis [et al] // Arch Ophthalmol. – 1962. – Vol.68. – P. 590-599.
 54. Colligris, B. An update on dry eye disease molecular treatment: advances in drug pipelines / B. Colligris [et al] // Expert Opinion on Pharmacotherapy. – 2014. – Vol.15. – P. 1371–1390.,
 55. Coppola, M. Macular optical coherence tomography findings after vitreoretinal surgery for rhegmatogenous retinal detachment / M. Coppola [et al] // Eur J Ophthalmol. – 2020. – Vol.30. – P. 805-816.
 56. Costarides, A.P. Elevated intraocular pressure following vitreoretinal surgery / A.P. Costarides, P. Alabata, C. Bergstrom // Ophthalmol Clin North Am.–2004. – Vol.17. – P. 507–512.
 57. de Juan, E. Jr. Intraocular tamponade and surface tension / E. de Juan Jr, B. McCuen, J. Tiedeman // Surv Ophthalmol. – 1985. – Vol.30. – P.47–51.
 58. Dell'Omo, R. Pars plana vitrectomy for the repair of primary, inferior rhegmatogenous retinal detachment associated to inferior breaks. A comparison of a 25-gauge versus a 20-gauge system / R. Dell`Omo [et al] // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2013. – Vol.251. – P. 485-90.
 59. Dooley, I.J. Long term heavy intraocular silicone oil tamponade / I.J. Dooley, E.S. Duignan, D.J. Kilmartin // Int Ophthalmol. – 2015. – Vol.36. – P.3-7.
 60. Duvdevan, N. 25-gauge pars plana vitrectomy and SF6 gas for the repair of primary inferior rhegmatogenous retinal detachment / N. Duvdevan [et al] // Retina. – 2016. – Vol. 36 – P. 1064-1069.
 61. Eames, I. A theoretical model for predicting interfacial relationships of retinal tamponades / I. Eames [et al] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2010. – Vol.51. – P. 2243–2247.
 62. Fawcett, I.M. Contact angles of substances use for internal tamponade in retinal detachment surgery / I.M. Fawcett, R.L. Williams, D. Wong // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 1994. – Vol.232. – P. 438–444.
 63. Feltgen, N. Rhegmatogenous retinal detachment--an ophthalmologic emergency

- / N. Feltgen, P. Walter // *Dtsch Arztebl Int.* – 2014. – Vol.111. – P.12-21.
64. Fineberg, E. Sulfur hexafluoride in owl monkey vitreous cavity / E. Fineberg [et al] // *Am J Ophthalmol.* – 1975. – Vol.79. – P. 67–76.
65. Folk, J.C. Sodium hyaluronate (Healon) in closed vitrectomy / J.C. Folk [et al] // *Ophthalmic Surg.* – 1986. – Vol.17. – P. 299-306.
66. Folk, J.C. Early retinal adhesion from laser photocoagulation / J.C. Folk [et al] // *Ophthalmology.* – 1989. – Vol.96. – P.1523-1525.
67. Freund, K.B. *The Retinal Atlas E-Book* / K.B. Freund [et al] // 2nd ed. Philadelphia, PA: Elsevier. – P. 2017.
68. Frumar ,K.D. Electrophysiological responses after vitrectomy and intraocular tamponade / K.D. Frumar [et al] // *Trans Ophthalmol Soc UK.* – 1985. – Vol.104. – P. 129–132.
69. Fu, A.D. Complications of general anesthesia using nitrous oxide in eyes with pre-existing gas bubbles / A.D. Fu [et al] // *Retina.* – 2002. – Vol.22. – P.569–574.
70. García-Arumí, J. Rhegmatogenous retinal detachment treatment guidelines / J. García-Arumí [et al] // *Arch Soc Esp Oftalmol.* – 2013. – Vol.88. – P. 11-35.
71. Ghoraba, H.H. Long-term follow-up of vitrectomy, with or without 360° encircling buckle, for rhegmatogenous retinal detachment due to inferior retinal breaks / H.H. Ghoraba, A.G. Zaky, A.F. Ellakwa // *Clin Ophthalmol.* – 2016. – Vol.10. – P. 1145–1151.
72. Gsellman, L. Patients with intravitreal gas bubbles at risk of high intraocular pressure without exceeding elevation of surgery: theoretical analysis / L. Gsellman, R. Amini // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2016. – Vol.57. – P. 3340–3347.
73. Gupta, B. Trends and emerging patterns of practice in vitreoretinal surgery / B. Gupta, J.E. Neffendorf, T.H. Williamson // *Acta Ophthalmol.* –2018. – Vol.96. – P. 889-890.
74. Han, D.P. Perfluoropropane 12% versus 20%. Effect on intraocular pressure and gas tamponade after pars plana vitrectomy / D.P. Ham [et al] // *Retina.* - 1993. –

- Vol.13. -P. 302–306.
75. Haugstad, M. Primary rhegmatogenous retinal detachment - surgical methods and anatomical outcome / M. Haugstad, S. Moosmayer, R. Bragadottir // *Acta Ophthalmol.* – 2017. – Vol.95. – P. 247–251.
 76. Hejsek, L. Scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment / L. Hejsek [et al] // *Cesk Slov Oftalmol.* – 2014. – Vol.70. – P. 110-113.
 77. Hilton, G. The classification of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy / G. Hilton [et al] // *Ophthalmology.* – 1983. – Vol. 90. – P. 121-125.
 78. Hutter, J. A biological model of tamponade gases following pneumatic retinopexy / J. Hutter, H. Luu, L. Schroeder // *Curr Eye Res.* - 2002. – Vol.25. – P. 197–206.
 79. Hwang, J.C. Regional practice patterns for retinal detachment repair in the United States / J.C. Hwang // *Am J Ophthalmol.* – 2012. – Vol.153. – P. 1125-28.
 80. Jackman, S.V. Effects of hyperbaric exposure on eyes with intraocular gas bubbles / S.V. Jackman, J.T. Thompson // *Retina.* – 1995. – Vol.15. – P.160–166.
 81. Jacobs, P.M. Intraocular gas measurement using A-scan ultrasound / P.M. Jacobs // *Curr Eye Res.* – 1986. – Vol.5. – P. 575–578.
 82. Jain, N. Unanticipated vision loss after pars plana vitrectomy/ N. Jain, B.W. McCuen, P. Mruthyunjaya // *Surv Ophthalmol.* – 2012. – Vol.57. – P. 91-104.
 83. James, M. The prognostic influence of chronicity of rhegmatogenous retinal detachment on success after redetachment surgery / M. James, M. O'Doherty, S. Beatty // *Am J Ophthalmol.* – 2007. – Vol.143. – P. 032-1034.
 84. Juzoji, H. Histological study of intraocular changes in rabbits after intravitreal gas injection / H. Juzoji [et al] // *Jpn JOphthalmol.* – 1997. – Vol.41. – P. 278–283.
 85. Kain, H.L. Retinal adhesion / H.L. Kain // *Trans Ophthalmol Soc U K.* - 1983. – Vol. 103. – P. 486-493.

86. Khan, M.A. Clinical management of vitreomacular traction / M.A. Khan, J.A. Haller // *Curr Opin Ophthalmol* – 2015. – Vol.26. – P.143–148.
87. Kirchhof, B. Use of perfluorohexyloctane as a long-term internal tamponade agent in complicated retinal detachment surgery / B. Kirchhof [et al] // *Am J Ophthalmol*. – 2002. – Vol.133. – P. 95–101.
88. Kita, M. Photothermal, cryogenic, and diathermic effects of retinal adhesive force in vivo / M. Kita [et al] // *Retina*. – 1991. – Vol.11. – P. 441–444.
89. Koinzer, S. Correlation with OCT and histology of photocoagulation lesions in patients and rabbits / S. Koinzer [et al] // *Acta Ophthalmol*. – 2013. – Vol. 91. – P. 603-611.
90. Kontos, A. Duration of intraocular gases following vitreoretinal surgery / A. Kontos [et al] // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. – 2016. – Vol.255. – P. 231–236.
91. Kreiger, A.E. The results of retinal detachment surgery. Analysis of 268 operations with a broad scleral buckle / A.E. Kreiger [et al] // *Arch Ophthalmol*. – 1971. – Vol.86. – P.385–394.
92. Kreissig, I. Surgical techniques for repair of primary retinal detachment: Part II. Comparison of present techniques in relation to morbidity / I. Kressig // *Folia Med (Plovdiv)*. – 2010. – Vol.52. – P. 5–11.
93. Kreissig, I. Treatment of primary retinal detachment. Minimal extraocular or intraocular? / I. Kressig // *Ophthalmologe*. – 2002. – Vol.99. – P. 474–484.
94. Krusius, P.D. Zur Frage der Behandlung der Netzhautablösung durch Luftinjektion in den Glaskörper [in German] / P.D. Krusius // *Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. – 1912. – Vol.80. – P. 395.
95. Kuhn, F. Rhegmatogenous retinal detachment: a reappraisal of its pathophysiology and treatment / F. Kuhn, B. Aylward // *Ophthalmic Res*. – 2014. – Vol.51. – P. 15-31.
96. Kunikata, H. Historical, Current and Future Approaches to Surgery for Rhegmatogenous Retinal Detachment / H. Kunikata, T. Abe, T. Nakazawa // *Tohoku J Exp Med*. – 2019. – Vol.248. – P. 159-168.

97. Kwon, O.W. Changes in adhesive force between the retina and the retinal pigment epithelium by laser photocoagulation in rabbits / O.W. Kwon, S.Y. Kim // *Yonsei Med J.* – 1995. – Vol.36. – P. 243–250.
98. Lam, R.F. Retinal redetachment after silicone oil removal in proliferative vitreoretinopathy: a prognostic factor analysis / R.F. Lam [et al] // *Am J Ophthalmol.* – 2008. – Vol.145. – P. 527-533.
99. Lavinsky, D. Restoration of retinal morphology and residual scarring after photocoagulation / D. Lavinsky [et al] // *Acta Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 91. – P. 315-323.
100. Lee, E. An analysis of the outcomes for patients with failed primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment / E. Lee [et al] // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* – 2014. – Vol.252. – P. 1711-1716.
101. Lee, M.S. The effect of aqueous humor suppressants on intravitreal gas bubble duration in rabbits / M.S. Lee, M. Pasha, M. Weitzman // *Am J Ophthalmol.* – 1998. – Vol.125. – P. 701–702.
102. Lewis, S.A. Comparison of 20-, 23-, and 25-gauge pars plana vitrectomy in pseudophakic rhegmatogenous retinal detachment repair / S.A. Lewis [et al] // *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* – 2011. – Vol.42. – P. 107-113.
103. Liao, L. Advances in the treatment of rhegmatogenous retinal detachment / L. Liao, X.H. Zhu // *Int J Ophthalmol.* – 2019. – Vol.12. – P. 660–667.
104. Lincoff A. Intravitreal expansion of perfluorocarbon bubbles / A. Lincoff [et al] // *Arch Ophthalmol.* – 1980. – Vol.98. – P.1646.
105. Lincoff, H. The perfluorocarbon gases in the treatment of retinal detachment / H. Lincoff [et al] // *Ophthalmology.* – 1983. – Vol.90. – P. 546–551.
106. Lincoff, H. Intravitreal gas injection diminishes hyaluronic acid / H. Lincoff [et al] // *Klin Monbl Augenheilkd.*–1999. – Vol. 214. – P. 100–102.
107. Lincoff, H. Extraocular repeat surgery of retinal detachment. A minimal approach / H. Lincoff, I. Kreissig // *Ophthalmology.* -1996. – Vol.103. – P. 1586–1592.

108. Lincoff, H. Intravitreal disappearance rates of four perfluorocarbon gases / H. Lincoff [et al] // Arch Ophthalmol. – 1984. – Vol.102. – P. 928–929.
109. Lincoff, H. Intravitreal longevity of three perfluorocarbon gases / H. Lincoff [et al] // Arch Ophthalmol. – 1980. – Vol.98. – P.1610–1611.
110. Lincoff, H. Air travel with intraocular gas. I. the mechanisms for compensation / H. Lincoff [et al] // Arch Ophthalmol. – 1989. – Vol.107. – P. 902–906.
111. Lincoff, H. Air travel with intraocular gas II. Clinical considerations / H. Lincoff, D. Weinberger, P. Stergiu // Arch Ophthalmol. – 1989. – Vol.107. – P. 907–910.
112. Machemer, R. Vitrectomy:a pars plana approach / R. Machemer [et al] // Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol. – 1971. – Vol.75. – P. 813–820.
113. Mancino, R. Anatomical and functional results of macular hole retinal detachment surgery in patients with high myopia and posterior staphyloma treated with perfluoropropane gas or silicone oil / R. Mancino [et al] // Retina. – 2013. – Vol. 33. – P. 586-592.
114. Mané, V. Preoperative Optical Coherence Tomography Findings of Foveal-Splitting Rhegmatogenous Retinal Detachment / V. Mane [et al] // Ophthalmologica. – 2021. – Vol.244. – P.127-132.
115. Marshall, J. Histology of the formation of retinal laser lesions / J. Marshall, J. Mellerio // Exp Eye Res. – 1967. – Vol.6. – P. 4-9
116. Martínez-Castillo, V.J. Pars Plana Vitrectomy Alone for the Management of Pseudophakic Rhegmatogenous Retinal Detachment with Only Inferior Breaks / V.J. Martínez-Castillo, J. García-Arumí, A. Boixadera // Ophthalmology. – 2016. – Vol.123. – P. 1563-1569.
117. McCuen, B.W. Vitrectomy with silicone oil or perfluoropropane gas in eyes with severe proliferative vitreoretinopathy. Silicone Study Report 3 / B.W. McCuen [et al] // Retina. – 1993. – Vol.13. – P. 279-84.
118. Mitry, D. The epidemiology of rhegmatogenous retinal detachment: geographical variation and clinical associations / D. Mitry [et al] // Br J Ophthalmol. -2010. – Vol.94. – P. 678-684.
119. Mitry, D. Pathogenesis of rhegmatogenous retinal detachment: predisposing

- anatomy and cell biology / D. Mitry [et al] // *Retina*. - 2010. – Vol. 30. – P.1561–1572.
120. Moisseiev, E. Optic disc pit maculopathy: when and how to treat? A review of the pathogenesis and treatment options / E. Moisseiev, J. Moisseiev, A. Loewenstein // *Int J Retina Vitreous*. – 2015. – Vol.1. – P.13.
121. Mostafa, S.M. Nitrous oxide and internal tamponade during vitrectomy / S.M. Mostafa [et al] // *Br J Ophthalmol*. – 1991. – Vol.75. – P. 726–728.
122. Murtagh, P.J. Rhegmatogenous retinal detachments: primary reattachment rates and visual outcomes over a 4-year period / P.J. Murtagh [et al] // *Ir J Med Sci*. – 2020. – Vol.189. – P. 355-363.
123. Nagpal, M.P. Factors having implications on re-retinal detachments after silicone oil removal / M.P. Nagpal, R.P. Videkar, K.M. Nagpal // *Indian J Ophthalmol*. – 2012. – Vol.60. – P. 517-520.
124. Neffendorf, J.E. The role of intraocular gas tamponade in rhegmatogenous retinal detachment: a synthesis of the literature / J. E. Neffendorf, B. Gupta, T.H. Williamson // *Retina*. – 2018. – Vol. 38. – P. 65-72.
125. Nemetz, I.D. Ergebnisse Init der Luftinjektion in den Glaskorper nach diatherlnischer Operation gegen Netzhautablosung [in German] / I.D. Nemetz, A. Pillat // *Verh Osterr Ophthalmol Ges*. – 1957. – Vol.3. – P. 57.
126. Noble, J. Evaluating the safety of air travel for patients with scleral buckles and small volumes of intraocular gas / J. Noble [et al] // *Br J Ophthalmol*. – 2014. – Vol.98. – P. 1226–1229.
127. *Ocular Surgery News U.S. Edition*, 2012.
128. Ogura, Y. Integrity of the blood-ocular barrier after intravitreal gas injection / Y. Ogura [et al] // *Retina*. – 1989. – Vol.9. – P. 199–202.
129. Ohm, J. Uber die Behandlung der Netzhautablosung durch operative Entleerung der subretinalen Flussigkeit und Einsprit-zung von Luft in den Glaskorper [in German] / J. Ohm // *Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. - 1911. – Vol. 79. – P. 442–450.
130. Parver, L.M. Mechanics of intraocular gas / L.M. Parver, H. Lincoff // *Invest*

- Ophthalmol Vis Sci. – 1978. – Vol.17. – P. 77–79.
131. Paulus, Y.M. Healing of Retinal Photocoagulation Lesions / Y.M. Paulus [et al] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2008. – Vol. 49. – P. 5540-5545.
 132. Peters, M.A. The nonexpansile, equilibrated concentration of perfluoropropane gas in the eye / M.A. Peters [et al] // Am J Ophthalmol. - 1985. – Vol.100. – P. 831–839.
 133. Peyman, G.A. Intraocular photocoagulation with the argon-krypton laser / G.A. Peyman, J.M. Grisolano, M.N. Palacio // Arch Ophthalmol. – 1980. – Vol.98. – P. 2062-2064.
 134. Peyman, G.A. Fundus photocoagulation with the argon and krypton lasers: a comparative study / G.A. Peyman [et al] // Ophthalmic Surg. – 1981. – Vol.12. – P. 481-490.
 135. Prost, M. Use of sodium hyaluronate in the treatment of retinal detachment with poor prognosis / M. Prost, M. Gerkowicz // Klin Oczna. - 1990. – Vol.92. – P. 25-27.
 136. Purtskhvanidze, K. Thinning of Inner Retinal Layers after Vitrectomy with Silicone Oil versus Gas Endotamponade in Eyes with Macula-Off Retinal Detachment / K. Purtskhvanidze [et al] // J. Ophthalmologica. - 2017. – Vol.238. – P. 124-132.
 137. Ren, X.J. Patching retinal breaks with Healaflow in 27-gauge vitrectomy for the treatment of rhegmatogenous retinal detachment / X.J. Ren [et al] // Retina. – 2020. – Vol.40. – P. 1900-1908.
 138. Rhatigan, M. Final anatomic and visual outcomes appear independent of duration of silicone oil intraocular tamponade in complex retinal detachment surgery / M. Rhatigan [et al] // Int J Ophthalmol. - Vol. 11. – P. 84-88.
 139. Rizzo, S. The combined use of perfluorohexyloctane (F6H8) and silicone oil as an intraocular tamponade in the treatment of severe retinal detachment / S. Rizzo, F. Genovesi-Ebert, C. Belting // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2006. – Vol. 244. – P. 709–716.
 140. Rizzo, S. Surgical results of heavy silicone oil HWS-45 3000 as internal

- tamponade for inferior retinal detachment with PVR: a pilot study / S. Rizzo [et al] // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 249. – P. 361-367.
141. Rohmer, P. Effets des injections d'air sterilise dans le vitre eontre le decollement de la retine [in French] / P. Rohmer // *Archive Ophthalmol.* – 1912. – Vol.32. – P. 257.
142. Rosengren, B. Results of treatment of detachment of the retina with diathermy and injection of air into the vitreous / B. Rosengren // *Acta Ophthalmologica.* – 1938. – Vol.16. – P. 573–579.
143. Sabates, W.I. The use of intraocular gases. The results of sulfur hexafluoride gas in retinal detachment surgery / W.I. Sabates [et al] // *Ophthalmology.* – 1981. – Vol.88. – P. 447–454.
144. Scheerlinck, L.M. Retinal sensitivity following intraocular silicone oil and gas tamponade for rhegmatogenous retinal detachment / L.M. Scheerlinck [et al] // *Acta Ophthalmologica.* – 2018. – Vol.96. – P. 641-647.
145. Shanmugam, P.M. Sutureless scleral buckle in the management of rhegmatogenous retinal detachment / P.M. Shanmugam [et al] // *Indian J Ophthalmol.* – 2015. – Vol.63. – P. 645-648.
146. Sharma, A. Management of primary rhegmatogenous retinal detachment with inferior breaks / A. Sharma, V. Grigoropoulos, T.H. Williamson // *Br J Ophthalmol.* – 2004. – Vol.88. – P. 1372-1375.
147. Sheng, Y. Non-buckled vitrectomy for retinal detachment with inferior breaks and proliferative vitreoretinopathy / Y. Sheng [et al] // *Int J Ophthalmol.* – 2012. – Vol.5. – P. 591-595.
148. Shiraki N. Vitrectomy without prone positioning for rhegmatogenous retinal detachments in eyes with inferior retinal breaks / N. Shiraki [et al] // *PLoS One.* – 2018. – Vol.13. – P. e0191531.
149. Shunmugam, M. Air-gas exchange reevaluated: clinically important results of a computer simulation / M. Shunmugam [et al] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2011. – Vol.52. – P. 8262–8265.
150. Sigler, E.J. Intravitreal fluorinated gas preference and occurrence of rare

- ischemic postoperative complications after pars plana vitrectomy: a survey of the American Society of retina specialists / E.J. Sigler [et al] // *J Ophthalmol.* - 2012. – 2012. – P. 230596.
151. Silvanus, M.T. Visual loss following intraocular gas injection / M.T. Silvanus [et al] // *Dtsch. Arztebl. Int.* - 2008. – Vol.105. – P.108–112.
152. Snead, M.P. Results of primary retinal detachment surgery: a prospective audit / M.P. Snead, J.D. Scott // *Eye(Lond).* – 1998. – Vol.12. – P. 750–751.
153. Sodhi, A. Recent Trends in the Management of Rhegmatogenous Retinal Detachment / A. Sodhi [et al] // *Surv. Ophthalmol.* –2008. –Vol. 53. –P. 50–57.
154. Stanescu-Segall, D. Submacular hemorrhage in neovascular age-related macular degeneration: a synthesis of the literature / D. Stanesu-Segall, F. Balta, T.L. Jackson // *Surv Ophthalmol.* – 2016. – Vol.61. – P. 18–32.
155. Stavarakas, P. Anatomical and Functional Results Following 23-Gauge Primary Pars Plana Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment: Superior versus Inferior Breaks / P. Stavarakas [et al] // *J Ophthalmol.* – 2017. – 2017. – P. 2565249.
156. Tabandeh, H. Suprachoroidal hemorrhage during pars plana vitrectomy. Risk factors and outcomes / H. Tabandeh [et al] // *Ophthalmology.* – 1999. – Vol.106. – P. 236-42.
157. Tan, H.S. Air versus gas tamponade in retinal detachment surgery / H.S. Tan [et al] // *Br J Ophthalmol.* – 2013. – Vol.97. – P. 80-82.
158. Tang, Y. Outcomes of 25-gauge pars plana vitrectomy alone with air tamponade for the management of rhegmatogenous retinal detachment with inferior breaks / Y. Tang [et al] // *BMC Ophthalmol.* – 2022. – Vol.22 – P. 213.
159. Tanner, V. Management of inferior retinal breaks during pars plana vitrectomy for retinal detachment / V. Tanner, M. Minihan, T.H. Williamson // *Br J Ophthalmol.* – 2001. – Vol. 85. – P. 480–482.
160. Tavares, R.L.P. Timing and outcomes after silicone oil removal: a retrospective clinical series / R.L.P. Tavares [et al] // *Int J Retina Vitreous.* - 2015. – Vol.1.

– P.2.

161. Teke, M.Y. Surgical outcomes and incidence of retinal redetachment in cases with complicated retinal detachment after silicone oil removal: univariate and multiple risk factors analysis / M.Y. Teke [et al] // *Retina*. – 2014. – Vol. 34. – P. 1926-1938.
162. Teke, M.Y. Early effects of pars plana vitrectomy combined with intravitreal gas tamponade on corneal biomechanics / M.Y. Teke [et al] // *Ophthalmologica*. – 2013. – Vol. 229. – P. 137–141.
163. Tetsumoto, A. The comparison of the surgical outcome of 27-gauge pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment between air and SF6 gas tamponade / A. Tetsumoto [et al] // *Eye (Lond)*. – 2020. – Vol.34. – P. 299-306.
164. Thompson, J.T. Effects of intraocular bubble duration in the treatment of macular holes by vitrectomy and transforming growth factor-beta 2 / J.T. Thompson [et al] // *Ophthalmology*. – 1994. – Vol.101. – P. 1195–1200.
165. Thompson, J.T. Kinetics of intraocular gases. Disappearance of air, sulfur hexafluoride, and perfluoropropane after pars plana vitrectomy / J.T. Thompson // *Arch Ophthalmol*. – 1989. – Vol.107. – P. 687–691.
166. Thompson, J.T. The role of patient age and intraocular gases in cataract progression following vitrectomy for macular holes and epiretinal membranes / J.T. Thompson // *Trans Am Ophthalmol Soc*. – 2003. – Vol.101. – P.485–498.
167. Tosi, G.M. Management of severe hypotony with intravitreal injection of viscoelastic / G.M. Tosi [et al] // *Am J Ophthalmol*. – 2005. – Vol.145, №5. – P. 952-954.
168. Uji, A. Suprachoroidal gas injection as a complication of pars plana vitrectomy confirmed by computed tomography / A. Uji // *Clin Ophthalmol*. – 2012. – Vol.6. – P. 533–536.
169. Umanets, N. High-frequency electric welding: a novel method for improved immediate chorioretinal adhesion in vitreoretinal surgery / N. Umanets [et al]

- // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2014. – Vol.252. – P. 1697-1703.
170. Ullrich, M. Incidence of rhegmatogenous retinal detachment in myopic phakic eyes / M. Ullrich, H. Zwickl, O. Findl // J Cataract Refract Surg. – 2021. – Vol.47. – P. 533-541.
171. Uzel, M.M. The impact of duration on the recurrence of rhegmatogenous retinal detachment: optimal cutoff value / M.M. Uzel [et al] // Int Ophthalmol. – 2019. – Vol.39. – P. 2089-2095.
172. Vaziri, K. Rates of Reoperation and Retinal Detachment after Macular Hole Surgery / K. Vaziri [et al] // Ophthalmology. – 2016. – Vol.123. – P.26-31.
173. Veith, M. 25-gauge vitrectomy and gas for the management of rhegmatogenous retinal detachment / M. Veith [et al] // Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. – 2019. – Vol. 163. – P. 80-84.
174. Vygantas, C.M. Octafluor- ocylobutane and other gases for vitreous replacement / C.M. Vygantas [et al] // Arch Ophthalmol. -1973. – Vol.90. – P. 235–236.
175. Wetterqvist, C. Tamponade efficiency of perfluorohexyloctane and silicone oil solutions in a model eye chamber / C. Wetterqvist [et al] // Br J Ophthalmol. – 2004. – Vol.88. – P. 692–696.
176. Williamson, T.H. Characteristics of rhegmatogenous retinal detachment and their relationship to success rates of surgery / T.H. Williamson, E.J. Lee, M. Shunmugam // Retina. – 2014. – Vol.34. – P. 1421-7.
177. Wolf, G.L. Effect of nitrous oxide on gas bubble volume in the anterior chamber / G.L. Wolf, C. Capuano, J. Hartung // Arch Ophthalmol. – 1985. – Vol.103. – P. 418–419.
178. Wolf, S. Silicone oil-RMN3 mixture («heavy silicone oil») as internal tamponade for complicated retinal detachment / S. Wolf [et al] // Retina. – 2003. – Vol.23. – P. 335-342.
179. Wong, C.W. A prospective study of biometric stability after scleral buckling surgery / C.W Wong [et al] // Am J Ophthalmol. – 2016. – Vol.165. – P. 47-53.

180. Wong, D. Perfluorocarbons and semifluorinated alkanes / D. Wong, N. Lois // *Semin Ophthalmol.* – 2000. – Vol.15. – P. 25–35.
181. Wong, R.F. Prediction of the kinetics of disappearance of sulfur hexafluoride and perfluoropropane intraocular gas bubbles / R.F. Wong, J.T. Thompson // *Ophthalmology.* – 1988. – Vol.96. – P. 609–613.
182. Wu, T.E. Severe strabismus after scleral buckling: multiple mechanisms revealed by high-resolution magnetic resonance imaging / T.E. Wu, A.L. Rosenbaum, J.L. Demer // *Ophthalmology.* – 2005. – Vol.112. – P. 327–336.
183. Xu, H. Clinical experience of external-route retinal detachment surgery under a surgical microscope / H. Xu // *Eye Sci.* – 2014. – Vol.29. – P. 43–46.
184. Yoon, Y.H. Rapid enhancement of retinal adhesion by laser photocoagulation / Y.H. Yoon, M.F. Marmor // *Ophthalmol.* – 1988. – Vol.95. – P. 1385–1388.
185. Yu, Y. Anatomic Outcomes and Prognostic Factors of Vitrectomy in Patients with Primary Rhegmatogenous Retinal Detachment Associated with Choroidal Detachment / Y. Yu [et al] // *Curr Eye Res.* – 2019. – Vol.44. – P. 329-333.
186. Zhang, Z. Pars plana vitrectomy with partial tamponade of filtered air in Rhegmatogenous retinal detachment caused by superior retinal breaks / Z. Zhang [et al] // *BMC Ophthalmol.* – 2017. – Vol.17. – P.64.
187. Zhou, C. Pneumatic retinopexy combined with scleral buckling in the management of relatively complicated cases of rhegmatogenous retinal detachment: A multicenter, retrospective, observational consecutive case series / C. Zhou [et al] // *J Int Med Res.* – 2018. – Vol.46. – P. 316-325.
188. Zhu, L. Correlative factors analysis of affecting anatomical reattachment and vision restoration after scleral buckling surgery / L. Zhu [et al] // *Recent Advances in Ophthalmology.* – 2017. – Vol. 37. – P. 167–171.
189. Zilis, J.D. Results of silicone oil removal in advanced proliferative vitreoretinopathy / J.D. Zilis [et al] // *Am J Ophthalmol.* – 1989. – Vol.108. – P. 15-21.
190. Zhang, Y. Efficacy of PPV Combined with Air Tamponade for Treatment of Inferior Retinal Breaks / Y. Zhang [et al] // *J Ophthalmol.* – 2021. – 2021. –

P.9597584.

191. Znaor, L. Pars plana vitrectomy versus scleral buckling for repairing simple rhegmatogenous retinal detachments / L, Znaor [et al] // Cochrane Database Syst Rev. – 2019. – Vol.3. – P. CD009562.