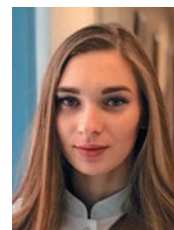


Сроки применения перфторорганических соединений для тампонады витреальной полости после витрэктомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки

Р.Р. Файзрахманов^{1,2}М.М. Шишкин^{1,2}Е.А. Ларина^{1,2}Е.Е. Ваганова²О.Л. Сехина²

¹ ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация

² Институт усовершенствования врачей ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2024;21(1):58–65

Перфторорганические соединения относятся к хирургически инвазивным медицинским изделиям и представляют собой жидкие фторсодержащие вещества, химически и биологически инертные и термодинамически стабильные из-за прочности химических связей между атомами углерода и фтора. Из-за плотности эти соединения способны оказывать давление на отслоенную сетчатку и вытеснять субретинальную жидкость. В настоящее время использование перфторорганических соединений ограничено интраоперационным применением из-за множественных тяжелых осложнений длительной тампонады. В проанализированных исследованиях применение перфторорганических соединений в качестве тампонирующего агента по длительности было разделено на краткосрочную и среднесрочную тампонаду витреальной полости. Авторы отдавали предпочтение именно такой тактике лечения в пользу восстановления анатомического прилегания и более высокой скорости созревания лазерноагулятов сетчатки, несмотря на доказанные послеоперационные осложнения. На основании анализа результатов представленных исследований можно сделать вывод о возможности безопасного применения перфторорганических соединений для краткосрочной тампонады витреальной полости. Однако среди проанализированных отечественных и зарубежных исследований не было обнаружено широкомасштабных статистически достоверных исследований, обосновывающих выбор тампонирующего агента при разной локализации разрывов сетчатки, сроках отслойки сетчатки и стадии пролиферативной витреоретинопатии. Все вышесказанное определяет актуальность более детального изучения, касающегося применения перфторорганических соединений для краткосрочной тампонады витреальной полости.

Ключевые слова: регматогенная отслойка сетчатки, перфторорганические соединения, тампонада витреальной полости

Для цитирования: Файзрахманов Р.Р., Шишкин М.М., Ларина Е.А., Ваганова Е.Е., Сехина О.Л. Сроки применения перфторорганических соединений для тампонады витреальной полости после витрэктомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки. *Офтальмология*. 2024;21(1):58–65. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-1-58-65>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



Terms of Use of Perfluoroorganic Compounds for Intraocular Tamponade after Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment

R.R. Fayzrakhmanov^{1,2}, M.M. Shishkin^{1,2}, E.A. Larina^{1,2}, E.E. Vaganova², O.L. Sekhina²

¹ N.I. Pirogov National Medical Surgical Center

Nizhnaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russian Federation

² Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National Medical Surgical Center

Nizhnaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2024;21(1):58–65

Perfluoroorganic compounds are surgically invasive medical devices, which are represent liquid fluorine-containing substances, chemically and biologically inert and thermodynamically stable due to the strength of chemical bonds between carbon and fluorine atoms. Due to their density, these compounds are able to exert pressure on the detached retina and expel the subretinal fluid. Currently, the use of perfluoroorganic compounds is limited to intraoperative use due to multiple severe complications of prolonged tamponade. In the analyzed studies, the use of perfluoroorganic compounds as a tamponade was divided into short-term and medium-term tamponade of the vitreal cavity. The authors preferred such tactic for restoring the anatomical fit and a higher rate of aging of retinal laser coagulates, despite proven postoperative complications. Based on the analysis of the results of the presented studies, it can be concluded that it is possible to safely use perfluoroorganic compounds for short-term tamponade of the vitreal cavity. However, among the analyzed domestic and foreign studies, no large-scale statistically significant studies were found to justify the choice of tamponade for retinal breaks different localization, terms of retinal detachment and stage of proliferative vitreoretinopathy. All of that determines the relevance of a more detailed study of the use of perfluoroorganic compounds for short-term tamponade of the vitreal cavity.

Keywords: rhegmatogenous retinal detachment, perfluoroorganic compounds, tamponade of the vitreal cavity

For citation: Fayzrakhmanov R.R., Shishkin M.M., Larina E.A., Vaganova E.E., Sekhina O.L. Terms of Use of Perfluoroorganic Compounds for Intraocular Tamponade after Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(1):58–65. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-1-58-65>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

Тампонирующие агенты, использующиеся в качестве заменителей стекловидного тела, по продолжительности нахождения в витреальной полости разделены на следующие группы: кратковременный — менее 1 часа, краткосрочный — до 30 дней, долгосрочный — более 30 дней [1]. В современной иностранной литературе при выборе срока тампонады встречаются определения «short-term» — «краткосрочная», до двух недель, и «medium-term» — «среднесрочная», 2–3 недели [2].

Перфторорганические соединения (ПФОС) относятся к хирургически инвазивным медицинским изделиям и представляют собой жидкие фторсодержащие вещества, химически и биологически инертные и термодинамически стабильные из-за прочности химических связей между атомами углерода и фтора [3–5]. Из-за плотности эти соединения способны оказывать давление на отслоенную сетчатку и вытеснять субретинальную жидкость [3]. Высокое межфазное натяжение ограничивает прохождение ПФОС через разрывы сетчатки, в то время как оптическая прозрачность обеспечивает достаточно четкую интраоперационную визуализацию для выполнения хирургических манипуляций, таких как лазерная коагуляция и мембранопилинг [6]. Наиболее часто используются перфтордекалин $C_{10}F_{18}$ и перфтор-п-октан C_8F_{18} .

Кратковременная тампонада ПФОС для лечения отслойки сетчатки (ОС) с гигантским ретинальным разрывом (ГРП) была впервые описана в 1994 г. F. Bottoni в исследовании, проведенном на 11 глазах, в 9 из которых (82 %) удалось достичь ее первичного прикрепления [7]. Автором было высказано предположение, что медиаторы клеточной пролиферации — пигментированные клетки, хемоаттрактанты и компоненты сыворотки — могут диффундировать в витреальную полость и концентрироваться в небольшом количестве внутриглазной жидкости. Теоретически ПФОС должен оттеснять эти факторы от поверхности сетчатки, предотвращая развитие пролиферативной витреоретинопатии (ПВР). Еще одним преимуществом перфтор-п-октана в качестве тампонирующего агента была названа легкость его удаления из-за меньшей вязкости — $0,58 \text{ мм}^2/\text{с}$ по сравнению с силиконовым маслом, которое имеет вязкость от 1000 до $5000 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Однако G.A. Lee описал клинический случай атрофии пигментного эпителия при нахождении перфтордекалина субретинально в макулярной области и доказал, что токсический эффект ПФОС ярко проявляется при его попадании под сетчатку [8]. Тогда же, в конце XX века, многочисленные эксперименты на животных

показали, что тампонада витреальной полости ПФОС в течение 7 дней может спровоцировать воспалительную реакцию в переднем и заднем отделах глаза [9–14]. В продолжении исследования S. Chang сообщил, что токсический эффект уступает по силе воздействия механическому, а изменения, связанные с механическим воздействием на сетчатку, были аналогичны изменениям при силиконовой тампонаде [15]. Через 1 неделю в глазах кролика было обнаружено истончение наружного плексиформного слоя, через 2 недели отмечались очаговые участки сужения наружного плексиформного слоя и ультраструктурные искажения наружных сегментов фоторецепторов в нижних отделах сетчатки.

В настоящее время использование ПФОС ограничено интраоперационным применением из-за множественных и тяжелых осложнений длительной тампонады, таких как структурное повреждение сетчатки из-за токсического эффекта, поражение роговицы, эмульгирование, развитие воспаления, образование эпиретинальной и ретрокорнеальной мембран [4]. Нарушение процесса синтеза или окисление в неподходящих условиях хранения может привести к образованию потенциально цитотоксических загрязняющих примесей [3, 16]. После серии тяжелых поражений глаз при использовании неочищенного ПФОС в 2017 году контроль безопасности на производстве был значительно усилен [16]. Однако в 2018 году опрос членов American Society of Retina Specialists показал, что 50 % хирургов не рассматривают возможность использования ПФОС в качестве тампонирующего вещества витреальной полости [17], а другие в то же время используют его для тампонады «off-label» [18].

КРАТКОСРОЧНАЯ ТАМПОНАДА ВИТРЕАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ ПФОС

В исследовании M. Sirimaharaj предлагалось тампонировать витреальную полость ПФОС в среднем на 7,5 дня, затем заменяя его газом или силиконовым маслом (СМ) [19]. Всего в исследование были включены 62 глаза 61 пациента. В течение периода наблюдения на 14 глазах (22,6 %) развился рецидив ОС в среднем через 26,7 дня. Восемь из них были связаны с прогрессированием ПВР, у трех пациентов обнаружили новые разрывы сетчатки и у одного произошло просачивание перфтордекалина в субретинальное пространство через уже существующий ГРР. Еще на двух глазах развился рецидив ОС через 3 месяца после проведенной операции из-за прогрессирования ПВР. При последнем посещении сетчатка в 58 глазах (93,5 %) прилежала, максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) улучшилась на 34 глазах (54,8 %), не изменилась — на 20 (32,2 %), на 8 — ухудшилась (12,9 %). Среди значимых послеоперационных осложнений было отмечено развитие глаукомы у трех пациентов и катаракты у 29 из 36 пациентов (80,5 %). Авторы исследования пришли

к выводу, что ПФОС безопасны не только при интраоперационном применении, но и в качестве тампонирующего агента при осложненной ОС с тяжелой ПВР.

В ходе исследования R. Rush и соавт. 39 пациентов были прооперированы с использованием такого способа тампонады [20]. У 9 пациентов (23 %) в анамнезе была миопия высокой степени. В 4 случаях было дополнительно проведено круговое эписклеральное пломбирование (КЭП). Средний срок тампонады ПФОС составил 11 дней, затем производилась замена на SF₆ в 4 (10,2 %) случаях, C₃F₈ — в 16 (41 %) и СМ — у 19 (48,7 %) пациентов. При средней продолжительности второго этапа тампонады длительностью 6 недель после введения SF₆ на 3 из 4 глаз развился рецидив ОС, что составило в целом анатомический показатель успеха в 92,4 %. МКОЗ повысилась от 2,07 ± 0,86 до 0,76 ± 0,79 logMAR среди пациентов с ОС без захвата макулярной зоны. В случаях ОС с захватом макулы МКОЗ изменилась от дооперационного с 0,11 ± 0,08 до 0,12 ± 0,09 logMAR, но снижение было статистически незначимым. Среди осложнений применения тампонады ПФОС авторы отметили образование клинически незначимой эпиретинальной мембраны с сохранением фовеального контура в 7 из 39 (17,9 %) глаз. У 4 пациентов из группы с миопией высокой степени и ОС с захватом макулы в послеоперационном периоде было выявлено истончение сетчатки в фовеальной зоне. В 3 глазах развились воспалительные осложнения с образованием фибринозного экссудата в передней камере, но их удалось купировать применением противовоспалительной топической терапии. Из 39 глаз в 28 случаях (71,8 %) наблюдались отложения на задней капсуле хрусталика, гистологически состоящие из макрофагов с фагоцитированным ПФОС без воспалительного компонента. Из 25 пациентов с факичными глазами 21 (84 %) в течение периода наблюдения перенес операцию факоэмульсификации катаракты. К преимуществам тампонады ПФОС авторы отнесли лучшую переносимость пациентами из-за отсутствия необходимости соблюдать в послеоперационном периоде положение лицом вниз и большую силу воздействия на сетчатку из-за высокого удельного веса и низкой вязкости по сравнению с СМ.

В исследовании R. Reza сравнивал эффективность трехдневной тампонады витреальной полости ПФОС с последующей заменой на СМ у 22 пациентов (1-я группа) по сравнению с первичной тампонадой СМ у 43 пациентов (2-я группа) [21]. Всем пациентам в ходе одной операции выполняли КЭП, витрэктомия, затем решался вопрос о выборе тампонирующего агента. Во время послеоперационного наблюдения были выявлены следующие осложнения: прогрессирование катаракты и воспалительные явления, не характерные для обычно выполняемых в этой клинике комбинированных операций, отложения на задней капсуле хрусталика, формирование эпиретинальной мембраны, развитие кистозного

макулярного отека, миграция ПФОС через разрывы под сетчатку, миграция ПФОС в переднюю камеру с декомпенсацией роговицы. Средняя предоперационная МКОЗ составила $2,02 \pm 0,58$ (LogMAR) в 1-й группе, $2,01 \pm 0,53$ во 2-й группе, через 6 месяцев улучшилась до $1,62 \pm 0,62$ в 1-й группе, до $1,90 \pm 0,72$ во 2-й группе. Рецидив ОС произошел у 6 пациентов (14 %) в 1-й группе и у 7 пациентов (31 %) во 2-й группе через 6 месяцев наблюдения. Статистически значимых различий выявлено не было. Несмотря на осложнения, авторы отметили, что отдают предпочтение тампонаде ПФОС при наличии множественных разрывов более чем в одном квадранте сетчатки и разрывах в нижних отделах.

В исследовании V.A. Mikhail и соавт. ретроспективно изучали результаты лечения 30 глаз 29 пациентов, прооперированных по поводу ОС с ГРП [22]. После витрэктомии ПФОС оставляли в глазу в среднем на 6,7 дня, а затем заменили на SF_6 в 4 (13,3 %) глазах, C_2F_6 в 1 (3,3 %) случае, C_3F_8 в 17 (56,6 %) глазах и в СМ в 7 (23,3 %). Рецидив ОС развился в 4 глазах в течение трех месяцев: у 3 пациентов из-за прогрессирования ПВР, у одного — вследствие образования нового разрыва сетчатки. При финальном осмотре в конце периода наблюдения анатомический успех составил 90 %: сетчатка прилежала, тампонирующее вещество было удалено. Для 3 глаз было принято решение оставить силиконовую тампонаду витреальной полости. У 70 % пациентов зрение улучшилось. Авторы не отметили наличия токсического влияния ПФОС на сетчатку, даже с учетом риска развития ПВР. У 54,1 % факичных пациентов во время последующего наблюдения развилась катаракта, у одного произошла миграция ПФОС в переднюю камеру. У одного из 7 пациентов с тампонадой витреальной полости СМ произошло ухудшение зрения, после удаления СМ развилась необъяснимая потеря зрения, но авторы не связывают этот случай с токсичностью ПФОС.

М. Eiger-Moscovich исследовал 13 пациентов с ОС и ГРП, которым была проведена витрэктомия с последующей кратковременной тампонадой ПФОС [23]. Продолжительность тампонады в среднем составила 10 дней. Затем была произведена замена тампонирующего агента на SF_6 у 9 пациентов, C_3F_8 — у 1, сбалансированным раствором соли — в 2 случаях. Интраоперационно первичное прилегание сетчатки было достигнуто у всех пациентов, но повторная ОС из-за прогрессирования ПВР возникла у 1 больного (8 %), поэтому было принято решение во время второй операции в качестве тампонирующего вещества выбрать СМ. МКОЗ улучшилась после операции по сравнению с дооперационной у 3 пациентов с ОС без захвата макулы (100 %) и была равна или превышала исходную МКОЗ у 6 (60 %) из 10 пациентов с ОС с захватом макулы. Осложнения включали повышение внутриглазного давления (ВГД), развитие катаракты и кистозный макулярный отек. Авторы сделали вывод о том, что ПФОС является безопасным

и эффективным материалом для кратковременной витреоретинальной тампонады.

В исследовании Z. Zhang и соавт. были включены 23 пациента, которым была проведена витрэктомия с тампонадой ПФОС в среднем на 8,4 дня [24]. Среднее предоперационное значение МКОЗ составило $1,59 \pm 0,58$ logMAR. Во всех случаях достигнуто первичное прилегание сетчатки. За период послеоперационного наблюдения пациента с тампонадой витреальной полости ПФОС были выявлены следующие осложнения: умеренная гиперемия конъюнктивы (5 глаз), преципитаты на эндотелии роговицы (3 глаза), диффузное распределение мелких отложений серо-белого цвета на поверхности сетчатки (3 глаза) и задней капсулы хрусталика. Отложения не резорбировались, и на артефакичных глазах потребовалось провести YAG-лазерную дисцизию задней капсулы. На 11 глазах (47,8 %) МКОЗ улучшилась через 3 месяца после первой операции, на 15 глазах (65,2 %) — через 6 месяцев. Окончательно МКОЗ составила $0,84 \pm 0,51$ logMAR, что определило статистически значимое улучшение. Авторы отметили, что при такой технике было достаточно 7–10 дней для созревания лазеркоагулятов сетчатки и формирования хориоретинальной адгезии.

В исследовании G. Bhardwaj были проанализированы результаты лечения 19 пациентов со свежими ГРП [25]. Всем пациентам проведена витрэктомия, трансклеральная диодная лазерная ретинопексия по краю разрыва сетчатки и кратковременная послеоперационная тампонада ПФОС. При проведении второго этапа оперативного вмешательства в среднем через 7,6 дня перфторп-октан заменяли гексафторидом серы, перфторпропаном или сбалансированным солевым раствором. У 3 пациентов (15,7 %) во время проведения ревизии витреальной полости было принято решение продлить срок тампонады ПФОС ввиду отсутствия полного прилегания сетчатки на 2-й и 3-й неделе, а затем заменить на сбалансированный солевой раствор. После всех этапов оперативных вмешательств было достигнуто полное прилегание сетчатки в 100 % наблюдений, МКОЗ при заключительном осмотре составила 20/40 и выше в 11 глазах (58 %), от 20/60 до 20/200 в 7 (37 %) и 20/400 в 1 (5 %). Среди осложнений было развитие задней субкапсулярной катаракты в 7 из 11 факичных глаз (64 %), образование эпиретинальной мембраны, значительно влияющей на остроту зрения и требующей проведения мембранопилинга в 2 случаях (11 %). В выводах авторы отметили, что при таком сроке тампонады не было выявлено токсическое влияние на сетчатку и воспалительные осложнения. В двух случаях были диагностированы белые хлопьевидные отложения макрофагов на задней капсуле хрусталика, которые самостоятельно резорбировались после второй операции.

J. Keller применял такой метод тампонады при лечении регматогенной ОС с разрывом протяженностью более

90 градусов и изучал эффективность в сравнении с использованием СМ [26]. Средняя продолжительность тампонады СМ составила 9,1 дня у 27 пациентов, ПФОС — 7,6 дня у 18 пациентов. Во время второй операции СМ было заменено на стерильный воздух в 16 случаях (69 %), на гексафторид серы в 9 (33 %), сбалансированный солевой раствор в 2 (7 %). ПФОС был заменен на стерильный воздух у 6 пациентов (32 %) и на гексафторид серы у 13 (68 %). Частота рецидивов ОС составила 22 % (6 из 27) в группе с тампонадой СМ, 6 % (1 из 18) в группе с тампонадой ПФОС. Все случаи рецидива ОС в группе с силиконовой тампонадой происходили непосредственно в ходе операции по удалению СМ, а один случай в группе с тампонадой ПФОС — в раннем послеоперационном периоде. Средняя послеоперационная МКОЗ составила 6/18 для глаз с силиконовой тампонадой витреальной полости и 6/12 для пациентов группы с тампонадой ПФОС. Авторы сделали вывод об отсутствии значимых статистических различий анатомического исхода и функционального результата при использовании двух методов, но в качестве преимущества тампонады с использованием ПФОС отметили высокую вероятность раннего восстановления прозрачности оптических сред и более короткий период послеоперационного наблюдения.

Таким образом можно отметить, что многие исследователи считают краткосрочную тампонаду витреальной полости ПФОС безопасной и эффективной, несмотря на такие осложнения, как изменение ВГД, развитие эпиретинального фиброза, катаракты, воспалительных явлений, отложение макрофагов на задней капсуле хрусталика, развитие кистозного макулярного отека, миграция ПФОС в переднюю камеру и под сетчатку. Некоторые хирурги, опасаясь токсичности тампонирующего агента, стремятся удалить его как можно быстрее. Другие считают возможным оставить ПФОС в витреальной полости на более длительный срок, но не считают обязательным дожидаться созревания лазеркоагулятов, а используют в качестве маркера достижение анатомического прилегания сетчатки.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРФТОР-1,3-ДИМЕТИЛЦИКЛОГЕКСАНА ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОЙ ТАМПОНАДЫ ВИТРЕАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ

Исследование эффективности применения ПФОС в ходе клинической апробации опубликовал Г.М. Арсланов [27]. Были проанализированы результаты лечения пациентов в 3 группах: 1-я группа (35 пациентов) — интраоперационная и послеоперационная краткосрочная тампонада витреальной полости перфтор-1,3-диметилциклогексаном на 14 дней, 2-я группа (17 пациентов, 24 глаза) — только интраоперационное применение перфтордекалина зарубежного производителя, 3-я группа (53 пациента, 54 глаза) — только интраоперационное применение перфтор-1,3-

диметилциклогексана. В ходе оперативного вмешательства хирурги отмечали, что по физическим свойствам ПФОС отечественного образца не отличается от зарубежного аналога, равномерно распределяется в витреальной полости, не эмульгирует, обладает полной оптической прозрачностью. В первой группе с краткосрочной тампонадой витреальной полости ПФОС анатомический результат был достигнут в 97,1 % случаев, также не было выявлено связи между длительностью тампонады и конечной МКОЗ. В 10 случаях (28,6 %) наблюдались мелкие белые хлопьевидные отложения на сетчатке или капсуле хрусталика, но они резорбировались через 3 недели. Число случаев прогрессирования катаракты на фоне тампонады витреальной полости ПФОС осталось статистически незначимым.

СРЕДНЕСРОЧНАЯ ТАМПОНАДА ВИТРЕАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ ПФОС

М. Rofail представил результаты лечения 16 пациентов с ГРР, у которых срок тампонады был в среднем 16,4 дня [28]. Максимальное время нахождения перфтор-п-октана составляло 50 дней. Во время второго этапа операции ПФОС заменяли на C_3F_8 . В конце периода наблюдения было диагностировано полное прилегание сетчатки во всех 16 случаях. Рецидив ОС произошел только у 1 (6,3 %) из 16 пациентов, ему потребовалась повторная витрэктомия. МКОЗ улучшилась в 11 (68,8 %) глазах, осталась прежней — в 2 (12,5 %) и снизилась у 3 (18,6 %) пациентов. Низкая послеоперационная МКОЗ встречалась в основном у пациентов с ОС с захватом макулы. У единственного пациента с рецидивом ОС после серии операций развилась субатрофия глазного яблока. В шести (54,5 %) из 11 факических глаз появилась катаракта, троим была произведена факоэмульсификация в период наблюдения. У 4 (25 %) пациентов развилась клинически незначимая эпиретинальная мембрана, у трех (18,6 %) больных после удаления ПФОС — гипотония. Авторы утверждают, что использование перфтор-п-октана для послеоперационной тампонады может снизить риск развития рецидива ОС. В данном исследовании также не были обнаружены побочные эффекты, непосредственно связанные с токсичностью ПФОС, а частота послеоперационных осложнений была эквивалентна данным, представленным в тех исследованиях, в которых ПФОС использовали только интраоперационно.

Е. J. Sigler описал лечение 157 пациентов с нижней ОС, которым была проведена первичная витрэктомия и послеоперационная тампонада перфтор-п-октаном в течение 2–3 недель [2]. За средний период наблюдения 32 месяца в 87,5 % случаев было достигнуто успешное прилегание сетчатки. Основными осложнениями после первой операции были стойкое повышение ВГД у 54 пациентов (34 %), воспалительные явления у 43 (27 %), миграция ПФОС в переднюю камеру в 34 (21 %) случаях. Осложнения, возникающие после удаления ПФОС,

включали развитие катаракты в 16 % факичных глаз, рецидив ОС в 13 % случаев и необходимость проведения антиглаукомной операции в 6 % ввиду стойкого некупируемого повышения ВГД. Значимыми факторами, более всего влияющими на функциональный результат, стали прилегание сетчатки в макулярной области и стабильный уровень ВГД. Автор сделал заключение об эффективности тампонады ПФОС для лечения нижней ОС у пациентов, которые не могут соблюдать послеоперационное положение лицом вниз. Было отмечено также, что характерная гранулематозная воспалительная реакция не оставила долговременных функциональных и анатомических негативных влияний.

В исследовании D. Barthelmes ПФОС применяли в качестве тампонады витреальной полости после витрэктомии по поводу регматогенной ОС ПВР С-D (девять глаз — 53 %) или ОС вследствие проникающей травмы глаза (восемь глаз — 47 %) [29]. Семь глаз с травмой были афакичными (41 %). Всем факичным пациентам во время первой операции была проведена фактоэмульсификация катаракты. Решение об использовании ПФОС в качестве первичной эндотампонады принимали, когда интраоперационно не удавалось добиться стабильного прилегания сетчатки путем разделения тракций и применения ретинотомии. Пациентам с травматической ОС дополнительно проводили КЭП. Через 14–23 дня после первой витреоретинальной операции была проведена вторая, в ходе которой ПФОС заменяли на СМ. Авторы запланировали удаление СМ и его замену на SF_6 через 3–4 месяца, но это удалось сделать только на 3 глазах с регматогенной ОС (33 %), в группе с травмой — у 5 (63 %). Предоперационная МКОЗ у больных с регматогенной ОС составляла 0,8–4,0 LogMAR, в травмированных глазах — 2,0–4,0 LogMAR.

За период наблюдения полное прилегание сетчатки было достигнуто в 16 из 17 глаз (94 %). На одном глазу из группы с травматической ОС на фоне силиконовой тампонады произошло прогрессирование ПВР с образованием субретинальных тяжей. Послеоперационная МКОЗ у всех пациентов составила 0,5–4,0 LogMAR, что является значительным увеличением по сравнению с предоперационным показателем. Достоверной разницы между анатомическим и функциональным исходом в двух группах выявлено не было. Из осложнений была отмечена гипотония у двух пациентов, воспалительные явления, такие как развитие задних синехий, у 5 пациентов. Авторы посчитали метод эффективным для лечения ОС с выраженной ПВР и тяжелых проникающих ранений глаза.

В исследование Chehade и соавт. было включено 85 пациентов [30]. Показаниями для среднесрочной тампонады ПФОС были нижняя регматогенная ОС (28 пациентов), регматогенная ОС ПВР С (19 пациентов), рецидив регматогенной ОС (9 пациентов), нижняя регматогенная ОС + ПВР С (6 пациентов), ГРР (6 пациентов), нижняя регматогенная ОС + ГРР (4 пациента),

тракционная ОС (4 пациента) и травматическая ОС (4 пациента). Во время второй операции через 14,5 дня произвели замену перфтордекалина на C_3F_8 (25 случаев, 29,4 %), SF_6 (47 случаев, 55,3 %), или СМ (13 случаев, 15,3 %). Анатомический успех был достигнут в 98,8 % случаев. Средняя МКОЗ в конце наблюдения составила $0,94 \pm 0,20 \log\text{MAR}$. Осложнения включали кистозный макулярный отек у 14 пациентов, миграцию ПФОС в переднюю камеру у 8 пациентов, стойкое повышение ВГД, требующее местной гипотензивной терапии или гипотонии у 3 больных, гранулематозное воспаление у 2 пациентов. Кроме того, 20 из 41 факичного пациента в отдаленном периоде нуждались в хирургическом лечении катаракты. Токсическое повреждение сетчатки при среднесрочной тампонаде не было отмечено ни в одном случае. Авторы сделали вывод об эффективности и безопасности среднесрочной тампонады витреальной полости ПФОС.

S. Rizzo, до этого проводивший исследования по применению тяжелого СМ, опубликовал результаты изучения безопасности и эффективности среднесрочной (15 дней) тампонады витреальной полости перфтордекалином при рецидиве нижней ОС с разрывами в нижних отделах у 13 пациентов [5]. Всем пациентам ранее было выполнено КЭП. После удаления ПФОС витреальную полость тампонируют стерильным воздухом (6 глаз), C_3F_8 (3 глаза), SF_6 (2 глаза), СМ 1300 (2 случая). В четырех случаях во время второй операции потребовалось дополнительное разделение пролиферативных тяжей, образовавшихся на фоне прогрессирования ПВР. Средняя дооперационная МКОЗ составляла 20/250 по Снеллену, тогда как через 1 неделю после удаления ПФОС в среднем МКОЗ повысилась до 20/400, а через 6 месяцев составляла 20/630. Различия между дооперационной и послеоперационной остротой зрения через 6 месяцев после второго этапа оперативного вмешательства были статистически значимы.

У трех пациентов после второй операции произошел рецидив ОС: у первого в ходе второй операции для тампонады витреальной полости был использован C_3F_8 , рецидив ОС был обнаружен через 2,5 месяца после полной резорбции газовой смеси; витреальная полость других пациентов была тампонирована стерильным воздухом в ходе выполнения второй операции, и рецидив ОС наблюдался через 1 и 3 месяца. Во всех этих 3 случаях было проведено третье оперативное вмешательство с использованием тампонады СМ, в конце периода наблюдения у всех пациентов диагностировано полное прилегание сетчатки. У 6 пациентов в послеоперационном периоде было выявлено повышение ВГД, но не было зарегистрировано других осложнений, как воспалительных, так и связанных с миграцией ПФОС. Токсичность перфтордекалина авторы исследовали с помощью мультифокальной электроретинографии и получили данные об отсутствии резких электрофизиологических изменений сетчатки за такой период тампонады.

В приведенных исследованиях авторы стремились продлить срок тампонады ПФОС в витреальной полости до полного созревания лазеркоагулятов и адгезии сетчатки, чтобы снизить риск развития рецидива ОС. Применение такой тактики лечения повысило процент развития воспалительных явлений и катаракты за период наблюдения, но токсическое повреждение сетчатки отмечено не было. При этом частота других осложнений была сопоставима с частотой осложнений при краткосрочной тампонаде.

ВЫВОДЫ

Основной целью лечения регматогенной ОС является повышение зрительных функций, которое невозможно без достижения полного анатомического прилегания сетчатки и восстановления прозрачности оптических сред. В настоящее время для решения этих задач широко применяется витрэктомия *pars plana* — высокотехнологичный микрохирургический метод, позволяющий за одно вмешательство достичь анатомического результата. Однако важным вопросом остается выбор тампонирующего агента, который будет обладать достаточной силой поверхностного натяжения в период созревания лазеркоагулятов. Тампонирующие вещества, имеющие удельный вес меньше воды, — CM , C_3F_8 , SF_6 , стерильный воздух оказывают воздействие преимущественно на верхние отделы сетчатки ввиду своих физических свойств и в послеоперационном периоде требуют от пациента соблюдения положения тела лицом вниз, что иногда бывает трудно выполнимо и не соблюдается пациентами из-за сопутствующей соматической патологии. При локализации разрывов сетчатки в нижних квадрантах такой способ тампонады не является высокоэффективным. За счет повышенного удельного веса ПФОС способен оказывать давление, направленное на нижние отделы, и обеспечивать прилегание сетчатки при более удобном для пациента положении тела, однако его применение ограничено из-за токсического воздействия.

В проанализированных исследованиях применение ПФОС в качестве тампонирующего агента по длительности было разделено на краткосрочную и среднесрочную тампонады витреальной полости. В этих исследованиях авторы отдавали предпочтение именно такой тактике лечения в пользу восстановления анатомического прилегания и более высокой скорости созревания лазеркоагулятов сетчатки, несмотря на доказанные послеоперационные осложнения (формирование эпиретинальной мембраны, развитие кистозного макулярного отека, миграция ПФОС под сетчатку и в переднюю камеру, развитие задних синехий и появление хлопьевидных отложений макрофагов на сетчатке или капсуле хрусталика). Однако перфтордекалин и перфтор-*n*-октан не зарегистрированы в качестве тампонирующих агентов и по законодательству могут применяться только интраоперационно, в то время как недавно зарегистрированный перфтор-1,3-диметилциклогексан C_8F_{16} отечественного производства разрешен для краткосрочной тампонады витреальной полости.

На основании анализа результатов представленных исследований можно сделать вывод о возможности безопасного применения ПФОС для краткосрочной тампонады витреальной полости. Однако среди проанализированных отечественных и зарубежных исследований не было обнаружено широкомасштабных статистически достоверных исследований, обосновывающих выбор тампонирующего агента при разной локализации разрывов сетчатки, сроках ОС и стадии ПВР. Все вышесказанное определяет актуальность более детального изучения применения ПФОС для краткосрочной тампонады витреальной полости.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Файзрахманов Р.Р. — разработка и дизайн исследования, научное редактирование, окончательное утверждение рукописи;
Шишкин М.М. — научное редактирование;
Ларина Е.А. — написание текста, редактирование текста;
Ваганова Е.Е. — написание текста, оформление библиографии;
Сехина О.Л. — техническое редактирование текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Протокол Council directive 93/42/EEC of 14 June 1993. EUR-Lex Access to European Union law [размещено 11.10.2007, процитировано 01.09.2022]. Доступно: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:en:PDF>
2. Sigler EJ, Randolph JC, Calzada JL, Charles S. Pars plana vitrectomy with medium-term postoperative perfluoro-*N*-octane for recurrent inferior retinal detachment complicated by advanced proliferative vitreoretinopathy. *Retina*. 2013;33(4):791–797. doi: 10.1097/IAE.0b013e31826a6978.
3. Wong D, Lois N. Perfluorocarbons and semifluorinated alkanes. *Semin Ophthalmol*. 2000;15(1):25–35. doi: 10.3109/08820530009037848.
4. Georgalas I, Ladas I, Tservakis I, Talantzi S, Gotzaris E, Papaconstantinou D, Koutsandrea C. Perfluorocarbon liquids in vitreoretinal surgery: a review of applications and toxicity. *Cutan Ocul Toxicol*. 2011;30:251–262. doi: 10.3109/15569527.2011.560915.
5. Rizzo S, Tartaro R, Finocchio L, Cinelli L, Biagini I, Barca B, Savastano A, Giannanti F, Virgili G, Caporossi T. Perfluorodecalin as medium-term tamponade in the case of retinal detachment recurrence with an inferior retinal break, which lies posteriorly to an encircling band. *Retina*. 2022;42(6):1203–1210. doi: 10.1097/IAE.0000000000002381.
6. Yu Q, Liu K, Su L, Xia X, Xu X. Perfluorocarbon liquid: its application in vitreoretinal surgery and related ocular inflammation. *Biomed Res Int*. 2014;2014:250–323. doi: 10.1155/2014/250323.
7. Bottoni F, Bailo G, Arpa P, Prussiani A, Monticelli M, de Molfetta V. Management of giant retinal tears using perfluorodecalin as a postoperative short-term vitreoretinal tamponade: a long-term follow-up study. *Ophthalmic Surg*. 1994;25(6):365–373.
8. Lee GA, Finnegan SJ, Bourke RD. Subretinal perfluorodecalin toxicity. *Aust N Z J Ophthalmol*. 1998;6(1):57–60. doi: 10.1046/j.1440-1606.1998.00083.x.
9. Chang S, Zimmerman NJ, Iwamoto T. Experimental vitreous replacement with perfluorotributylamine. *Am J Ophthalmol*. 1987;103:29–37. doi: 10.1016/s0002-9394(14)74165-0.
10. Eckardt C, Nicolai U, Winter M, Knop E. Experimental intraocular tolerance to liquid perfluorooctane and perfluoropolyether. *Retina*. 1991;11:375–384.
11. de Queiroz JM, Blanks JC, Ozler SA, Alfaro DV, Liggett PE. Subretinal perfluorocarbon liquids. An experimental study. *Retina*. 1992;12(3):S33–S39.
12. Conway M.D., Peyman G.A., Karacorlu M., Bhatt N., Soike K.F., Clark L.C.Jr, Hoffmann R.E. Perfluorooctylbromide (PFOB) as a vitreous substitute in non-human primates. *Int Ophthalmol*. 1993;17:259–264.
13. Velikay M., Wedrich A., Stolba U., Datlinger P., Li Y., Binder S. Experimental long-term vitreous replacement with purified and non-purified perfluorodecalin. *Am J Ophthalmol*. 1993; 116:565–570. doi: 10.1016/s0002-9394(14)73197-6
14. Kertes P.J., Wafapoor H., Peyman G.A., Calixto N., Thompson H., Vitreolab Collaborative Study Group. The management of giant retinal tears using perfluoropenthydropentane. *Ophthalmology*. 1997; 104:1159–1165. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30168-7
15. Chang S., Lincoff H., Zimmerman N.J., Fuchs W. Giant retinal tears: surgical techniques and results using perfluorocarbon liquid. *Arch Ophthalmol*. 1989; 107(5): 761–766. doi: 10.1001/archophth.1989.01070010779046

16. Pastor J.C., Coco R.M., Fernandez-Bueno I., Alonso-Alonso M.L., Medina J., Sanz-Arranz A. Acute retinal damage after using a toxic perfluoro-octane for 500 vitreo-retinal surgery. *Retina*. 2017; 37:1140–51. doi: 10.1097/IAE.0000000000001680
17. American Society of Retina Specialists. ASRS Extranet [размещено 11.06.2020, процитировано 01.09.2022]. Доступно: https://www.asrs.org/content/documents/_2018-asrs-pat-survey-results-for-website-1.pdf
18. Figueroa MS, Casas DR. Inflammation induced by perfluorocarbon liquid: intra- and postoperative use. *BioMed Res Int*. 2014;2014:907816. doi: 10.1155/2014/907816.
19. Sirimaharaj M, Balachandran C, Chan WC, Hunyor AP, Chang AA, Gregory-Roberts J, Hunyor AB, Playfair TJ. Vitrectomy with short term postoperative tamponade using perfluorocarbon liquid for giant retinal tears. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(9):1176–1179. doi: 10.1136/bjo.2004.065409.
20. Rush R, Sheth S, Surka S, Ho I, Gregory-Roberts J. Postoperative perfluoroN-octane tamponade for primary retinal detachment repair. *Retina*. 2012;32(6):1114–1120. doi: 10.1097/IAE.0b013e31822f56f6.
21. Reza AT. Postoperative Perfluoro-N-Octane tamponade for complex retinal detachment surgery. *Bangladesh Med Res Counc Bull*. 2014;40(2):63–69. doi: 10.3329/bmrcb.v40i2.25185.
22. Mikhail VA, Mangioris G, Best RM, McGimpsey S, Chan WC. Management of giant retinal tears with vitrectomy and perfluorocarbon liquid postoperatively as a short-term tamponade. *Eye (Lond)*. 2017;31(9):1290–1295. doi:10.1038/eye.2017.157.
23. Eiger-Moscovich M, Gershoni A, Axer-Siegel R, Weinberger D, Ehrlich R. Short-term vitreoretinal tamponade with heavy liquid following surgery for giant retinal tear. *Curr Eye Res*. 2017;42(7):1074–1078. doi: 10.1080/02713683.2016.1266664.
24. Zhang Z, Wei Y, Jiang X, Zhang S. Surgical outcomes of 27-gauge pars plana vitrectomy with short-term postoperative tamponade of perfluorocarbon liquid for repair of giant retinal tears. *Int Ophthalmol*. 2018;38(4):1505–1513. doi: 10.1007/s10792-017-0613-4.
25. Bhardwaj G, Connell PP, Campbel WG. Management of giant retinal tears using transscleral retinopexy and short-term postoperative tamponade with perfluoro-n-octane. *Retina*. 2020;40(3):546–551. doi: 10.1097/IAE.0000000000002424.
26. Keller J, Govetto A, Ramasamy P, Liyanage SE. Comparison of perfluorodecalin and silicone oil as initial tamponade for giant retinal tear-associated retinal detachment. *Ophthalmologica*. 2021;244(3):218–222. doi: 10.1159/000516520.
27. Арсланов ГМ, Азнабаев БМ, Мухаммадеев ТР, Дибеев ТИ. Обоснование безопасного периода тампонады полости стекловидного тела перфтордекалином в клинической практике. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(4):862–866.
28. Arslanov GM, Aznabaev BM, Mukhamadeev TR, Dibaev TI. Evidence of the safe period intravitreal tamponade by perfluorodecalin in clinical practice. *Saratov Journal of Medical Scientific Research = Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2018;14(4):862–866 (In Russ).
29. Rofail M, Lee LR. Perfluoro-n-octane as a postoperative vitreoretinal tamponade in the management of giant retinal tears. *Retina*. 2005;25(7):897–901. doi: 10.1097/00006982-200510000-00013.
30. Barthelmes D, Chandra J. Perfluoro-n-octane as a temporary intraocular tamponade in a staged approach to manage complex retinal detachments. *Clin Ophthalmol*. 2015;9:413–418. doi: 10.2147/OPHTH.S76947.
31. Chehade LK, Guo B, Chan W, Gilhotra J. Medium-term tamponade with vitrectomy and perfluorodecalin for the management of complex retinal detachments. *Eur J Ophthalmol*. 2021;31(5):2625–2630. doi: 10.1177/1120672120945108

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Институт усовершенствования врачей ФГБУ
«Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Файзрахманов Ринат Рустамович
доктор медицинских наук, профессор кафедры, заведующий кафедрой
глазных болезней института усовершенствования врачей;
заведующий Центром офтальмологии
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Институт усовершенствования врачей ФГБУ
«Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шishkin Михаил Михайлович
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры глазных болезней
института усовершенствования врачей; главный офтальмолог Центра
офтальмологии
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Институт усовершенствования врачей ФГБУ
«Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Ларина Евгения Артемовна
кандидат медицинских наук, ассистент кафедры глазных болезней института
усовершенствования врачей; врач-офтальмолог Центра офтальмологии
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация

Институт усовершенствования врачей ФГБУ
«Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Ваганова Елена Евгеньевна
аспирант кафедры глазных болезней
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0003-2234-0914>

Институт усовершенствования врачей ФГБУ
«Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Сехина Ольга Леонидовна
аспирант кафедры глазных болезней
ул. Нижняя Первомайская, 65, Москва, 105203, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

N.I. Pirogov National Medical Surgical Center
Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National
Medical Surgical Center
Fayzrakhmanov Rinat R.
MD, professor of the Eye Diseases Department, head of the Eye Diseases Department,
Institute of Advanced Training of Physicians, head of Center of Ophthalmology
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russian Federation
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation

N.I. Pirogov National Medical Surgical Center
Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National
Medical Surgical Center
Shishkin Michail M.
MD, professor, professor of the Eye Diseases Institute Department of Advanced
Training of Physicians, the main ophthalmologist of Center of Ophthalmology
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russian Federation
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation

N.I. Pirogov National Medical Surgical Center
Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National
Medical Surgical Center
Larina Evgenia A.
PhD, assistant of the Eye Diseases Institute Department of Advanced Training
of Physicians, ophthalmologist of Center of Ophthalmology
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russian Federation
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation

Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National
Medical Surgical Center
Vaganova Elena E.
postgraduate of department of Eye Diseases Institute of Advanced Training
of Physicians
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-2234-0914>

Institute of Advanced Training of Physicians of N.I. Pirogov National
Medical Surgical Center
Sekhina Olga L.
Postgraduate of department of Eye Diseases of Institute of Advanced Training
of Physicians
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 65, Moscow, 105203, Russian Federation