

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177>



Силиконовая тампонада в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки

М.М. Яблоков¹ ✉, О.Л. Фабрикантов^{1, 2}, Н.В. Яблокова¹

¹ Тамбовский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России, Рассказовское шоссе, д. 1, Тамбов, 392000, Россия

² ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Медицинский институт, ул. Интернациональная, д. 33, Тамбов, 392000, Россия

Обзор литературы посвящен использованию силиконовой тампонады в лечении регматогенной отслойки сетчатки (РОС). Витрэктомия, позволяющая получать стойкий анатомический результат у большинства пациентов, на сегодняшний день признана одним из основных методов лечения РОС. При осложненных отслойках сетчатки витрэктомия выполняется с последующей тампонадой витреальной полости силиконовым маслом (СМ). Обладая большим потенциалом и множеством преимуществ, силиконовая тампонада несет в себе риск целого ряда осложнений, возникающих в разные сроки после операции. Длительность пребывания СМ в витреальной полости при лечении РОС варьируется в широком диапазоне. Представлены осложнения силиконовой тампонады, в том числе неожиданное и необъяснимое снижение зрения после удаления СМ, и их зависимость от используемых сроков нахождения СМ в витреальной полости.

Ключевые слова: витрэктомия; регматогенная отслойка сетчатки; силиконовое масло; витреальная полость

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Яблоков М.М., Фабрикантов О.Л., Яблокова Н.В. Силиконовая тампонада в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (4): 173-7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177>

Silicone oil tamponade in surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment

Maksim M. Yablokov¹ ✉, Oleg L. Fabrikantov^{1, 2}, Natalya V. Yablokova¹

¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Tambov branch, 1, Rasskazovskoe Highway, Tambov, 392000, Russia

² Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, 33, Internatsionalnaya St., Tambov, 392000, Russia
naukatmb@mail.ru

The article presents a literature review regarding the use of silicone oil tamponade (ST) in rhegmatogenous retinal detachment (RRD) treatment. Vitrectomy, which produces a stable anatomical result in most patients, is currently recognized as one of the main methods of treating RRD. In complicated retinal detachments, vitrectomy is followed by ST tamponade of the vitreous cavity (VC). Despite the many benefits of ST, it carries the risk of a number of complications arising at different times after surgery. The duration of ST presence in the vitreous cavity during RRD treatment may vary substantially. The review presents ST complications, including an unexpected and hard to explain vision deterioration after silicone oil removal, and the correlation between the complications and the duration of ST presence in the vitreous cavity.

Keywords: vitrectomy; rhegmatogenous retinal detachment; silicone oil; vitreous cavity

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

Целью хирургического лечения отслойки сетчатки (ОС) является ее полное и устойчивое прилегание. На сегодняшний день одним из основных методов лечения регматогенной отслойки сетчатки (РОС) признана витрэктомия, которая позволяет получать стойкий анатомический результат у большинства пациентов [1, 2]. При лечении осложненных ОС витрэктомия выполняется с последующей тампонадой витреальной полости (ВП) силиконовым маслом (СМ), что дает возможность хорошо визуализировать глазное дно, устраняет необходимость строгого позиционирования пациента в зависимости от локализации разрыва, позволяет получить высокую остроту зрения в раннем послеоперационном периоде [3]. СМ обладает рядом преимуществ в сравнении с другими тампонирующими агентами, осуществляет длительную и контролируемую тампонаду ВП.

Показания к замене стекловидного тела были сформулированы еще в 1947 г., среди них восстановление нормального объема и давления в глазу после хирургического лечения ОС [4]. В.В. Волков и соавт. в 1958 г. в ВП кроликов вводили СМ различной вязкости и в течение 2 лет не обнаружили морфологических изменений тканей глаза, вызванных токсическим действием СМ [5]. В 1962 г. было предложено использовать СМ с целью тампонирующей ВП при операциях по поводу ОС [6]. В нашей стране пионерами применения силиконовой тампонады (СТ) стали С.Н. Федоров и соавт. [7].

СМ — это кремнийорганический продукт, в основе которого лежит кремний (Silicium), откуда и название «силикон». СМ, основную часть которого составляет полидиметилсилоксан, является химически инертным гидрофобным полимером, не смешивающимся с воздухом и не обладающим канцерогенными свойствами. СМ химически стабильно, его удельный вес равен $0,97 \text{ г/см}^3$, вязкость составляет от 1000 до 12 500 сСт, рефракционный индекс — 1,4, поверхностное натяжение по отношению к воздуху — 21 дин/см, к воде — 40 дин/см.

СМ имеет много достоинств, которые изучены и продолжают изучаться [8]. Особое место оно занимает при лечении осложненной РОС. СМ оказывает воздействие на сетчатку за счет противодавления, объемного вытеснения и поверхностного натяжения. Решающей воздействующей силой, позволяющей блокировать разрывы сетчатки, является поверхностное натяжение, которое на границе воздух — вода приблизительно в 3 раза выше, чем на границе масло — вода. Исходя из этого, обмен жидкость — воздух является наиболее эффективным методом разглаживания сетчатки. После этого выполняется фиксация сетчатки при помощи СТ и, соответственно, блокирование разрыва [9].

Обладая большим потенциалом и множеством преимуществ, СТ несет в себе также риск целого ряда осложнений, возникающих в различные сроки ее использования: стойкое повышение внутриглазного давления (ВГД), развитие вторичной глаукомы, катаракты, кератопатии, эмульгация СМ, проникновение СМ в субретинальное, супрахориоидальное и субарахноидальное пространство, образование эпиретинальных мембран, необъяснимое снижение остроты зрения после удаления СМ, токсическое влияние СМ на клетки сетчатки, «смещение» сетчатки, определяемое при аутофлюоресценции, развитие воспалительного ответа с повышением С-реактивного белка в

сыворотке крови [10–25].

Редкими осложнениями являются тяжелая оптическая нейропатия вследствие ретроламинарной миграции СМ и его интракраниальная миграция. Описаны несколько случаев такой миграции СМ, в том числе у пациентов с аномалиями диска зрительного нерва и наличием глаукомы в анамнезе [26–28].

Одним из существенных недостатков тампонады СМ является его эмульгация, которая может приводить к развитию катаракты в 34,5–100% случаев, к вторичной гипертензии — в 1,5–27,7% случаев, к кератопатии — в 4,5–63% случаев, к гипотонии — в 5–51% случаев [29]. В одном из исследований авторы обнаружили, что эмульгация СМ в ВП в течение месяца произошла в 1% случаев, через 3 мес — в 11%, через 6 мес — в 85% и в течение года — в 100% случаев [30].

В литературе отмечены разные причины эмульгации СМ:

- механическое разделение на части пузыря СМ дифильными молекулами без последующего объединения мелких капель в основной пузырь [31, 32];
- эмульгация за счет испарения летучих компонентов СМ [31];
- поглощение СМ макрофагами, которые при этом погибают, оставляя свободными капельки силикона [33, 34];
- каталитические остатки, сохраняющиеся в СМ при его производстве [35];
- соединение поверхностно-активных компонентов [33, 36];
- разница давлений: внутриглазного и внутреннего давления в силиконовом пузыре [36];
- возникновение кровоизлияний [37].

Вопрос о том, почему у одних пациентов это осложнение возникает, а у других нет, а также о сроках начала эмульгации СМ остается неясным. При введении СМ в ВП образуется четкая граница раздела между пузырем силикона и внутриглазной жидкостью с определенным индексом поверхностного натяжения. При более высоком индексе меньше риск эмульгации СМ, а для изменения (уменьшения) поверхностного натяжения необходимо присутствие какого-либо активного агента [37]. Природа и характеристики этого агента остаются неясными [38]. В 1992 г. учеными были проведены экспериментальные исследования, на основе которых они выдвинули гипотезу о возможном влиянии на эмульгацию силикона состояния системы крови: повышение концентрации эритроцитов и лимфоцитов увеличивает эмульгацию СМ [37].

Природа возникающих осложнений СТ продолжает быть предметом изучения. Патоморфологические исследования энуклеированных глаз человека после витрэктомии с СТ свидетельствуют о патологических изменениях в тканях глазного яблока. СМ вызывает макрофагальную реакцию с незавершенным фагоцитозом и хроническим воспалением, ведущим в последующем к развитию пролиферации [39, 40].

Удаление стекловидного тела и замещение его СМ приводят к нарушению метаболизма в структурах глаза, что вызывает длительный период гипоксии, обуславливающей развитие в сетчатке дистрофических изменений, дезорганизацию ее слоев и разрастание глиальной ткани [41]. При длительном нахождении СМ в ВП происходит его проникно-

вление почти во все оболочки глаза, что вызывает хроническое воспаление с последующими дистрофическими изменениями [42], поэтому многие авторы рекомендуют удаление СМ из ВП настолько рано, насколько позволяет стабилизация ситуации по достижению прилегания сетчатки.

Длительность пребывания СМ в ВП при лечении РОС варьируется в широком диапазоне. При этом эффективность тампонады определяется возможностью пролонгирования ее сроков для получения стабильного результата с минимальным риском осложнений. В разных исследованиях сроки СТ оцениваются от месяца до перманентного состояния. Анализ современных публикаций показывает, что средние сроки СТ при лечении РОС нельзя назвать короткими: $5,12 \pm 2,37$ мес [43]; $8,5 \pm 1,9$ мес [44]; 275 ± 265 дней [45]. В обзоре публикаций о лечении рецидивов РОС за последние 15 лет указывают на средний срок СТ в 3 мес (в случае полного прилегания сетчатки) как оптимальный [46]. По мнению большинства авторов, срок СТ не оказывает значительного влияния на частоту рецидивов ОС после удаления СМ. Так, в одном из этих исследований количество рецидивов ОС составило 3,46% при сроке СТ 70 ± 48 нед [47]. В другой работе авторы описывают такие факторы риска рецидива ОС, как этиология ОС, недостаточное удаление базиса стекловидного тела, витреальные геморрагии в первую неделю после удаления СМ, тогда как длительность СТ, по их мнению, не оказывает значительного влияния на этот процесс [48]. Еще в одной работе обследовано 112 пациентов, после удаления СМ рецидивы ОС выявлены в 16,1% случаев. Средняя продолжительность СТ в группе с рецидивом ОС была 185 дней, в группе без рецидива — 319 дней. По мнению авторов этой работы, помимо других факторов риска, снижение продолжительности СТ повышает вероятность рецидива после ее завершения [49]. Другие авторы считают, что оптимальные сроки СТ должны определяться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от имеющихся факторов риска, предпочтений хирурга и особенностей пациента [50].

Таким образом, данные современных исследований в плане сроков СТ весьма различны. Понятно, что сокращение сроков СТ уменьшает вероятность развития осложнений, но на практике выдержать «идеальные» сроки невозможно во всех случаях по различным причинам. Необходимо оценивать степень тяжести осложнений СТ и удаления СМ. Польза от удаления СМ должна превышать риски продолжения СТ и возможности рецидива ОС, требующего повторного хирургического вмешательства. Длительность СТ должна быть достаточной для стабильной фиксации сетчатки к подлежащим оболочкам с формированием надежной хориоретинальной спайки, и вместе с тем она не должна превышать срок, когда начинают развиваться осложнения от присутствия СМ в ВП.

Сравнение стандартно используемого СМ вязкостью 1000 и 5000 cSt в ретроспективном исследовании 325 глаз, пролеченных по поводу осложненной ОС с применением СТ, не выявило статистически значимой разницы в отношении анатомического успеха и остроты зрения [51]. В другом исследовании авторы отметили значимое повышение частоты рецидивов ОС после завершения СТ при использовании СМ вязкостью 5000 cSt [52]. При сравнении результатов лечения нижних ОС, сочетающихся с пролиферативной ретинопатией, и первичных ОС с нижними разрывами с использованием тяжелого силикона (Densiron 68) и традиционного силикона вязкостью 1000 cSt статистически значимых различий в анатомических и зрительных показателях не обнаружено [53].

Сравнение осложнений силиконовой и газовой тампонады показало значимое увеличение частоты случаев повышения ВГД при СТ и значимое увеличение случаев гипотонии

при газовой тампонаде [54]. Анализ влияния вида тампонады на состояние роговицы в течение двухлетнего наблюдения не выявил значимой разницы между силиконовой и газовой тампонадами [55]. Развитие катаракты при обеих тампонадах было сопоставимо и достигало 100% [56]. Характерные для СТ осложнения включали рецидив отслойки после удаления СМ, эмульгацию силикона и субконъюнктивальную миграцию СМ [57, 58].

Анализ работ российских и зарубежных исследователей демонстрирует тенденцию к использованию СТ в течение 1–3 мес со склонностью к увеличению ее продолжительности в основном в зарубежных работах. И несмотря на хорошо известные и описанные осложнения, присутствие СТ в ВП в большинстве случаев переносится достаточно хорошо. Вместе с тем, кроме видимых и объяснимых осложнений, существует такое описанное некоторыми авторами осложнение, как неожиданное и необъяснимое снижение зрения после удаления СМ [59, 60]. При периметрии определяется устойчивая центральная скотома, тогда как послеоперационные обследования методами оптической когерентной томографии и флюоресцентной ангиографии неинформативны. Среди потенциальных причин необъяснимого снижения зрения в одном исследовании указывается вероятность влияния хирургических манипуляций на сетчатку, ретинальный пигментный эпителий и зрительный нерв, токсическое влияние на сетчатку, сосудистые нарушения и оптическую нейропатию [61].

В ретроспективном анализе 59 пациентов с maculop РОС, пролеченных с использованием СМ, необъяснимое снижение зрения, ассоциированное с СТ ВП, расценивалось как серьезное и тяжелое осложнение хирургического лечения. В этом исследовании фактором риска развития этого осложнения считалась продолжительность СТ, поскольку в группе со снижением зрения она составила $161,0 \pm 38,8$ дня, тогда как в группе без этого осложнения — $104,6 \pm 43,6$ дня [62].

Еще одно большое исследование, связывающее длительность СТ со снижением зрения, необъяснимым другими причинами, провели у 324 пациентов, которым было выполнено удаление СМ из ВП, у 19 (5,9%) пациентов из них установлено такое снижение зрения. Продолжительность СТ в этой группе составила $14,8 \pm 4,4$ мес, среднее значение ВГД — $19,6 \pm 6,9$ мм рт. ст., тогда как при сроке СТ $9,3 \pm 10,9$ мес и среднем уровне ВГД $14,0 \pm 7,3$ мм рт. ст. этого осложнения не зафиксировали [63].

Таким образом, этиология внезапного снижения зрения остается неясной. Требуются дальнейшие исследования для выявления механизма потери центрального зрения после удаления СМ из ВП, изучения процессов, происходящих в глазах во время СТ разной ее продолжительности, которые могли бы помочь в объяснении этих осложнений.

Анализ публикаций, посвященных хирургическому лечению ОС методом витрэктомии с использованием СТ, выявил множество различных мнений, соответствующих полученным результатам. Основными критериями успеха в большинстве исследований названы частота успешного прилегания сетчатки, отсутствие рецидивов, показатели остроты зрения и ВГД, состояние хрусталика и роговицы. Патогенез многих осложнений остается неясным. Использование новых современных методов исследования, дающих возможность более глубокого проникновения в проблему, помогает продвигаться в понимании процессов, происходящих в глазах при лечении РОС с помощью витрэктомии с использованием СТ.

Литература/References

1. *Ho J.D., Liou S.W., Tsai C.Y., Tsai R.J.F., Lin H.C.* Trends and outcomes of treatment for primary rhegmatogenous retinal detachment: a 9-year nationwide population-based study. *Eye*. 2009; 23 (3): 669–75. doi: 10.1038/sj.eye.6703105
2. *Schwartz S.D., Flynn H.W.* Pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment. *Clin. Ophthalmol.* 2008; 2 (1): 57–63. doi:10.2147/oph.s1511
3. *Riemann C.D., Miller D.M., Foster R.E.* Outcomes of transconjunctival suture less 25 gauge vitrectomy with silicone oil infusion. *Retina*. 2007 Mar; 27 (3): 296–303. doi: 10.1097/01.iae.0000242761.74813.20
4. *Garther S., Priestley B.* Transplantation of the vitreous. *Arch. Ophthalmol.* 1947; 38 (4): 487–93. doi: 10.1001/archoph.1947.00900010500006
5. *Волков В.В., Бржеский В.В., Ушаков Н.А.* Офтальмохирургия с использованием полимеров. Санкт-Петербург: Гиппократ; 2003. [*Volkov V.V., Brzheskiy V.V., Ushakov N.A.* Polymer-assisted ophthalmosurgery. Sankt-Peterburg: Gippokrat; 2003 (in Russian)].
6. *Cibis P., Becher B., Okun E.* The use of liquid silicone in retinal detachment surgery. *Arch. Ophthalmol.* 1962; 68: 590–9. doi: 10.1001/archoph.1962.00960030594005
7. *Федоров С.Н., Бедило В.Я., Захаров В.Д.* Применение силиконовой жидкости при отслойках сетчатой оболочки глаза. Офтальмологический журнал. 1965; (1): 527–32. [*Fedorov S.N., Bedilo V.Ya., Zakharov V.D.* The use of silicone fluid in retinal detachment. *Oftal'mologicheskij zhurnal*. 1965; (1): 527–32 (in Russian)].
8. *Barca F., Caparossi T., Rizzo S.* Silicone oil: different physical proprieties and clinical application. *Biomed. Res. Int.* 2014; 2014: 502143. doi:10.1155/2014/502143
9. *Petersen J.* The physical and surgical aspects of silicone oil in the vitreous cavity. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 1987; 225 (6): 452–6. doi: 10.1007/BF02334175
10. *Захаров В.Д., Лыскин П.В., Згоба М.И.* Оценка индуцированного воспаления у пациентов после интравитреального вмешательства по поводу отслойки сетчатки. Офтальмохирургия. 2017; (1): 72–7. [*Zakharov V.D., Lyskin P.V., Zgoba M.I.* Assessment of induced inflammation in patients after retinal detachment intravitreal surgery. *Oftal'mokhirurgiya*. 2017; (1): 72–7 (in Russian)].
11. *Тахчиди Х.П., Казайкин В.Н., Рапопорт А.А.* Тампонада витреальной полости силиконовым маслом в хирургии отслойки сетчатки. Осложнения. Офтальмохирургия. 2004; (3): 4–7. [*Takhchidi Kh.P., Kazaykin V.N., Rapoport A.A.* Tamponade of the vitreal cavity with silicone oil in retinal detachment surgery. Complications. *Oftal'mokhirurgiya*. 2004; (3): 4–7 (in Russian)].
12. *Borislav D.* Cataract after silicone oil implantation. *Doc. Ophthalmology*. 1993; 83 (1): 79–82. doi: 10.1007/BF01203573
13. *Chan C., Okun E.* The question of ocular tolerance to intravitreal liquid silicone. A long-term analysis. *Ophthalmology*. 1986; 93 (5): 651–60. doi: 10.1016/s0161-6420(86)33685-6
14. *Chen J.X., Nidecker A.E., Aygun N., Gujar S.K., Gandhi D.* Intravitreal silicone oil migration into the subarachnoid space and ventricles: a case report and review of literature. *Eur. J. Radiol. Extra*. 2011; 78: e81–e88. <https://doi.org/10.1016/j.ejrex.2011.02.004>
15. *Dell'Omo R., Scupola A., Viggiano D., et al.* Incidence and factors influencing retinal displacement in eyes treated for rhegmatogenous retinal detachment with vitrectomy and gas or silicone oil. *Invest. Ophthalmol Vis. Sci.* 2017; 58: 191–9. doi.org/10.1167/iovs.17-21466
16. *Duan A., She H., Qi Y.* Complications after heavy silicone oil tamponade in complicated retinal detachment. *Retina*. 2011; 31 (3): 547–52. doi:10.1097/IAE.0b013e3181eef2fd
17. *Honavar S.G., Goyal M., Majji A.B.* Glaucoma after pars plana vitrectomy and silicone oil injection for complicated retinal detachment. *Ophthalmology*. 1999; 106 (1): 169–76. doi: 10.1016/S0161-6420(99)90017-9
18. *Ichhpujani P., Jindal A., Katz J.L.* Silicone oil induced glaucoma: a review. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2009; 247 (12): 1585–93. doi: 10.1007/s00417-009-1155-x
19. *Kamyar V., Schwartz S.G., Kishor K.S., Flynn H.W.Jr.* Tamponade in the surgical management of retinal detachment. *Clin. Ophthalmol.* 2016 Mar 16; 10: 471–6. doi: 10.2147/OPTH.S98529
20. *Lucke K.H., Foerster M.H., Laqua H.* Long-term results of vitrectomy and silicone oil in 500 cases of complicated retinal detachments. *Am. J. Ophthalmol.* 1987; 104 (6): 624–33. doi: 10.1016/0002-9394(87)90176-0
21. *Miller J.B., Papakostas T.D., Vavvas D.G.* Complications of emulsified silicone oil after retinal detachment repair. *Semin. Ophthalmol.* 2014; 29 (5–6): 312–8. doi: 10.3109/08820538.2014.962181
22. *Ober R.R., Blanks J.C., Ogden T.E., et al.* Experimental retinal tolerance to liquid silicone. *Retina*. 1983; 3 (2): 77–85. doi: 10.1097/00006982-198300320-00002
23. *Raczynska D., Mitrosz K., Raczynska K., Glasner L.* The influence of silicone oil on the ganglion cell complex after pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Curr. Pharm. Des.* 2018; 24 (29): 3476–93. doi:10.2174/1381612824666180813115438
24. *Riedel K.D., Gabel Y.P., Neubauer L., Kamoik A., Lund O.E.* Intravitreal silicone oil injection: complications and treatment of 415 consecutive patients. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 1990; 228 (1): 19–23. doi: 10.1007/BF02764284
25. *Scheerlinck L.M., Schellekens P.A., Liem A.T., et al.* Retinal sensitivity following intraocular silicone oil and gas tamponade for rhegmatogenous retinal detachment. *Acta Ophthalmologica*. 2018; 96 (6): 641–7. doi.org/10.1111/aos.13685
26. *Carneiro F., Vaz N.D.* Prone CT for diagnosis of silicone oil intravitreal migration after intraocular tamponade. *Radiol. Case Rep.* 2019; 14 (7): 864–7. doi:10.1016/j.radcr.2019.04.019
27. *Eller A.W., Friberg T.R., Mah F.* Migration of silicone oil into the brain: a complication of intraocular silicone oil for retinal tamponade. *Am. J. Ophthalmol.* 2000; 129 (5): 685–8. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00368-8
28. *Grzybowski A., Pieczynski J., Ascaso F.J.* Neuronal complications of intravitreal silicone oil: an updated review. *Acta Ophthalmol.* 2014; 92 (3): 201–4. doi:10.1111/aos.12212
29. *Тахчиди Х.П., Казайкин В.Н.* Силиконовая тампонада в современной хирургии отслоек сетчатки. Вестник офтальмологии. 2004; 2: 41–5. [*Takhchidi Kh.P., Kazaykin V.N.* Silicone oil tamponade in current retinal detachment surgery. *Vestnik oftal'mologii*. 2004; 2: 41–5 (in Russian)].
30. *Federmann J.L., Schubert H.D.* Complication associated with the use of silicone oil in 150 eyes after retina-vitreous surgery. *Ophthalmology*. 1988; 95 (7): 870–6. doi: 10.1016/s0161-6420(88)33080-0
31. *Тахчиди Х.П., Казайкин В.Н.* Проблемы и перспективы применения перфторуглеродов и силиконовых масел в лечении отслоек сетчатки. Новое в офтальмологии. 2000; (1): 50–3. [*Takhchidi Kh.P., Kazaykin V.N.* Problems and perspectives of using perfluorocarbons and silicone oils in treatment of retinal detachment. *Novoe v oftal'mologii*. 2000; (1): 50–3 (in Russian)].
32. *Crisp A., de Juan E., Tiedeman J.* Effect of silicone oil viscosity on emulsifications. *Arch. Ophthalmology*. 1987; 105 (4): 546–50. doi: 10.1001/archoph.1987.01060040116047
33. *Haut J., Larricart J.P., Effenterre G.V., Pinon-Pignero F.* Some of the most important properties of silicone oil to explain its action. *Ophthalmologica*. 1985; 191: 150–3. doi: 10.1159/000309578
34. *Wichham L., Asaria R.H., Effenterre G.V., Pinon-Pignero F.* Immunopathology of intraocular silicone oil: enucleated eyes. *Br. J. Ophthalmology*. 2007; 91: 253–7. doi:10.1136/bjo.2006.103564
35. *Tomlins P.J., Woodcock M.G., Spencer N., Kirkby G.R.* Nuclear magnetic resonance analysis of emulsified silicone oil RMN-3 (Oxan HD). *Br. J. Ophthalmology*. 2007 Oct; 91 (10): 1379–81. doi: 10.1136/bjo.2006.110346
36. *Krepler K., Mozaffarich M., Biowsky R., Nepp J., Wedrich A.* Cataract surgery and silicone oil removal: visual outcome and complication in a combined vs. two step surgical approach. *Retina*. 2003; 23 (5): 647–53. doi: 10.1097/00006982-200310000-00007
37. *Bartov E., Pennarola F., Savion N., Naveh N., Treister G.* A quantitative in vitro model for silicone oil emulsification. *Retina*. 1992; 12 (3 Suppl): 23–7. doi: 10.1097/00006982-199212031-00006
38. *Gungel H., Menceoglu Y., Yildiz B., Akbulut O.* Fourier transform infrared and +H nuclear magnetic resonance spectroscopic findings of silicone oil removed from eyes and the relationship of emulsification with retinotomy and glaucoma. *Retina*. 2005; 25 (3): 332–38. doi: 10.1097/00006982-200504000-00013
39. *Kralinger M.T., Stolba U., Velikay M., et al.* Safety and feasibility of a novel intravitreal tamponade using a silicone oil / acetyl-salicylic acid suspension for proliferative vitreoretinopathy: first results of the Austrian Clinical Multicenter Study. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2010; 248 (8): 1193–8. doi: 10.1007/s00417-010-1389-7
40. *Wolfram D., Rainer C., Niederegger H., Piza H., Wick G.* Cellular and molecular composition of fibrosis capsules formed around silicone breast implants with special focus on local immune reactions. *Journal of Autoimmunity*. 2004; 23 (1): 81–91. doi: 10.1016/j.jaut.2004.03.005
41. *Нероев В.В., Зуева М.В., Цепенко И.В. и др.* Ишемические аспекты патогенеза заболеваний сетчатки. Российский офтальмологический журнал. 2010; 3 (1): 42–49. [*Neroev V.V., Zueva M.V., Tsепенко I.V., et al.* Ischemic aspects in pathogenesis of retinal detachment. *Russian Ophthalmological Journal*. 2010; 3 (1): 42–9 (in Russian)].
42. *Соловьева Е.П.* Распределение силикона в тканях глаза после витрэктомии с замещением силиконовым маслом. Офтальмологические ведомости. 2012; 5 (1): 18–21. [*Solov'eva E.P.* Distribution of silicone oil in eye tissues after vitrectomy with silicone oil exchange. *Oftal'mologicheskie vedomosti*. 2012; 5 (1): 18–21 (in Russian)].
43. *Antoun J., Azar G., Jabbour E., et al.* Vitreoretinal surgery with silicone oil tamponade in primary uncomplicated rhegmatogenous retinal detachment: Clinical outcomes and complications. *Retina*. 2016; 36 (10): 1906–12. doi: 10.1097/IAE.0000000000001008
44. *Karacorlu M., Hocaoglu M., Muslubas S.I., et al.* Primary vitrectomy with short-term silicone oil tamponade for uncomplicated rhegmatogenous retinal

- detachment. *Int. Ophthalmol.* 2019; 39: 117–24. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0787-9>
45. *Tavares R.L.D., Nóbrega M.J., Nóbrega F.A.J., et al.* Timing and outcomes after silicone oil removal in proliferative vitreoretinopathy: a retrospective clinical series. *Int. J. Retin. Vitre.* 2015; 1: 2. <https://doi.org/10.1186/s40942-015-0002-y>
 46. *Nagpal M., Chaudhary P., Wachasundar S., Eltayib A., Raihan A.* Management of recurrent rhegmatogenous retinal detachment. *Indian J. Ophthalmol.* 2018 Dec; 66 (12): 1763–71. doi: 10.4103/ijo.IJO_1212_18
 47. *Choudhary M.M., Saeed M.U., Ali A.* Removal of silicone oil: prognostic factors and incidence of retinal redetachment. *Retina.* 2012; 32 (10): 2034–8. doi:10.1097/IAE.0b013e3182562045
 48. *Teke M.Y., Balikoglu-Yilmaz M., et al.* Surgical outcomes and incidence of retinal redetachment in cases with complicated retinal detachment after silicone oil removal: univariate and multiple risk factors analysis. *Retina.* 2014; 34 (10): 1926–38. doi:10.1097/IAE.0000000000000204
 49. *Scholda C., Egger S., Lakits A., et al.* Retinal detachment after silicone oil removal. *Acta Ophthalmol. Scand.* 2000; 78 (2): 182–6. doi: 10.1034/j.1600-0420.2000.078002182.x
 50. *Rhatigan M., McElnea E., Murtagh P., et al.* Final anatomic and visual outcomes appear independent of duration of silicone oil intraocular tamponade in complex retinal detachment surgery. *Int. J. Ophthalmol.* 2018 Jan 18; 11 (1): 83–8. doi: 10.18240/ijo.2018.01.15
 51. *Scott I.U., Flinn H.W.Jr., Murray T.G. et al.* Outcomes of complex retinal detachment repair using 1000 vs 5000 centistoke silicone oil. *Arch. Ophthalmol.* 2005; 123 (4): 473–8. doi: 10.1001/archophth.123.4.473
 52. *Soheilian M., Mazareei M., Mohammadpour M. et al.* Comparison of silicon oil removal with various viscosities after complex retinal detachment surgery. *BMC Ophthalmol.* 2006; (6): 21. <https://doi.org/10.1186/1471-2415-6-21>
 53. *Kocak I., Koc H.* Comparison of Densiron 68 and 1000 cSt silicone oil in the management of rhegmatogenous retinal detachment with inferior breaks. *Int. J. Ophthalmol.* 2013; 6 (1): 81–4. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.01.17
 54. *Barr C.C., Lai M.Y., Lean J.S., et al.* Postoperative intraocular pressure abnormalities in the Silicone Study. *Silicone Study Report 4. Ophthalmology.* 1993; 100 (11): 1629–35. doi: 10.1016/s0161-6420(93)31425-9
 55. *Abrame G.W., Azen S.P., Barr C.C., et al.* The incidence of corneal abnormalities in the Silicone Study. *Silicone Study Report 7. Arch. Ophthalmol.* 1995; 113 (6): 764–9. doi: 10.1001/archophth.1995.01100060090039
 56. *Federmann J.L., Schubert H.D.* Complication associated with the use of silicone oil in 150 eyes after retina-vitreous surgery. *Ophthalmology.* 1988; 95 (7): 870–6. doi: 10.1016/s0161-6420(88)33080-0
 57. *Asarea R.H.Y., Kon C.H., Bunce C., et al.* Silicone oil concentrates fibrogenetic growth factors in the retro-oil fluid. *Br. J. Ophthalmol.* 2004; 88 (11): 1439–42. doi: 10.1136/bjo.2003.040402
 58. *Toklu Y., Cacak H.B., Ergun S.B., Yorgun M.A., Simsek S.* Time course of silicone oil emulsification. *Retina.* 2012; 32: 2039–44. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182561f98
 59. *Cazabon S., Groenewald C., Pearce I.A., et al.* Visual loss following removal of intraocular silicone oil. *Br. J. Ophthalmol.* 2005; 89: 799–802. doi:10.1136/bjo.2004.053561
 60. *Newsom R.S., Johnston R., Sullivan P.M., et al.* Sudden visual loss after removal of silicone oil. *Retina.* 2004; 24: 871–7. doi:10.1097/00006982-200412000-00005
 61. *Jain N., McCuen B.W., Mruthyunjaya P.* Unanticipated vision loss after pars plana vitrectomy. *Surv. Ophthalmol.* 2012; 57 (2): 91–104. doi:10.1016/j.survophthal.1011.09.001
 62. *Marti M., Walton R., Boni C., et al.* Increased intraocular pressure is a risk factor for unexplained visual loss during silicone oil endotamponade. *Retina.* 2017; 37 (12): 2334–40. doi: 10.1097/IAE.0000000000001492
 63. *Roca J.A., Wu L., Berrocal M., et al.* Un-explained visual loss following silicone oil removal: results of the Pan American Collaborative Retina Study (PACORES) Group. *Int. J. Retina Vitreous.* 2017; 3: 26. doi:10.1186/s40942-017-0079-6

Вклад авторов в работу: М.М. Яблоков, Н.В. Яблокова — сбор и анализ данных литературы, написание обзора; О.Л. Фабрикантов — концепция и дизайн обзора, редактирование.

Authors' contribution: M.M. Yablokov, N.V. Yablokova — literature data collection and analysis, writing of the article; O.L. Fabrikantov — concept and design of the review, editing of the article.

Поступила: 07.04.2021. Переработана: 18.04.2021. Принята к печати: 21.04.2021
Originally received: 07.04.2021. Final revision: 18.04.2021. Accepted: 21.04.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ Тамбовский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России, Рассказовское шоссе, д. 1, Тамбов, 392000, Россия

² ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.П. Державина», Медицинский институт, ул. Интернациональная, д. 33, Тамбов, 392000, Россия

Максим Михайлович Яблоков — врач-офтальмолог¹

Олег Львович Фабрикантов — д-р мед. наук, профессор, директор¹, заведующий кафедрой офтальмологии²

Наталья Валентиновна Яблокова — заведующая отделением¹

Для контактов: Максим Михайлович Яблоков,
 naukatmb@mail.ru

¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Tambov branch, 1, Rasskazovskoe Highway, Tambov, 392000, Russia

² Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, 33, Internatsionalnaya St., Tambov, 392000, Russia

Maksim M. Yablokov — ophthalmologist¹

Oleg L. Fabrikantov — Dr. of Med. Sci., professor, director¹, head of chair of ophthalmology²

Natalya V. Yablokova — head of the department¹

Contact information: Maksim M. Yablokov,
 naukatmb@mail.ru