

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-2-142-147>



Влияние силиконового масла на анатомические и функциональные параметры сетчатки при хирургии регматогенной отслойки сетчатки

В.В. Нероев^{1, 2}, О.В. Зайцева^{1, 2}, А.И. Ушаков¹ ✉

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Витрэктомия с последующей эндотампонадой витреальной полости силиконовым маслом (СМ) является одним из основных методов лечения тяжелых форм регматогенной отслойки сетчатки (РОС). Тампонада СМ, обладая многими преимуществами и огромным потенциалом, несет в себе риск целого ряда осложнений, возникающих в различные сроки ее применения. В обзоре литературы анализируются публикации, посвященные влиянию эндотампонады СМ при хирургии РОС на сетчатку и функции центрального зрения — остроту зрения, показатели световой и цветовой чувствительности, данные электрофизиологических исследований. Обсуждаются возможные причины снижения функций центрального зрения, напрямую или косвенно связанные с тампонадой СМ: изменение толщины и структуры сетчатки или отдельных ее слоев по данным оптической когерентной томографии (ОКТ), нарушение микроциркуляции по данным ОКТ-ангиографии, флюоресцентной ангиографии, доплеровского лазерного сканирования, а также патогистологические находки, связанные с миграцией СМ в ткани глазного дна.

Ключевые слова: сетчатка; витрэктомия; силиконовое масло; тампонада силиконовым маслом; отслойка сетчатки; осложнения силиконовой тампонады

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Нероев В.В., Зайцева О.В., Ушаков А.И. Влияние силиконового масла на анатомические и функциональные параметры сетчатки при хирургии регматогенной отслойки сетчатки. Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (2): 142–7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-2-142-147>

The effect of silicone oil on the anatomical and functional parameters of the retina during surgery of regmatogenic retinal detachment

Vladimir V. Neroev^{1, 2}, Olga V. Zaytseva^{1, 2}, Alexander I. Ushakov¹ ✉

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, Bldg.1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia
winter215@yandex.ru

Vitrectomy followed by endotamponade of the vitreal cavity with silicone oil (SO) is one of the main techniques of treating severe forms of regmatogenic retinal detachment (RRD). Endotamponade with SO, having numerous advantages and a huge potential, carries the risk of a number of complications arising at various times of application. The literature review analyzes the published data on the effect of tamponade SO on the retina and the function of central vision in RRD surgery: visual acuity, indicators of light and color

sensitivity, data of electrophysiological test results. Possible causes of deteriorated central vision functions directly or indirectly related to tamponade with SO are discussed: changes in the thickness and structure of the retina or its individual layers as shown by optical coherence tomography (OCT) data, microcirculation disorders according to OCT angiography, fluorescein angiography, Doppler laser scanning, as well as pathohistological findings related to SO migration into the fundus of eye tissues.

Keywords: retina; vitrectomy; silicone oil; silicone oil tamponade; retinal detachment; complications of silicone oil tamponade

Conflict of interest: there is no conflict of interest.

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

For citation: Neroev V.V., Zaytseva O.V., Ushakov A.I. The effect of silicone oil on the anatomical and functional parameters of the retina during surgery of regmatogenic retinal detachment. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (2): 142-7 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-2-142-147>

Отслойка сетчатки достаточно распространенная патология заднего отдела глаза. Чаще встречается регматогенная отслойка сетчатки (РОС), ее распространенность в странах Европы составляет в среднем 13,3 случая на 100 тыс. жителей [1]. По данным федерального статистического наблюдения Российской Федерации за 2022 г., распространенность данного заболевания в российской популяции несколько превосходит данные европейских коллег и составляет 25,5 случая на 100 тыс. совокупного населения (37 507 случаев в 2022 г.).

Одним из основных методов лечения РОС является микроинвазивная витрэктомия (МВЭ) с последующей эндотампонадой. В современной офтальмохирургии для тампонады витреальной полости (ВП) преимущественно используется силиконовое масло (СМ). Практика применения СМ с целью эндотампонады ВП насчитывает уже более 60 лет [2].

СМ — это кремнийсодержащий органический продукт, основную часть которого составляет полидиметилсилоксан, который является химически инертным гидрофобным полимером [3, 4].

Основными показаниями к применению СМ считаются РОС, осложненная пролиферативной витреоретинопатией (ПВР) [5, 6], а также тяжелые формы пролиферативной диабетической ретинопатии (ПДР) [7]. Кроме того, СМ используют в отдельных случаях при хирургии макулярного разрыва, тракционной миопической макулопатии [8] и других тяжелых заболеваниях и состояниях, требующих долгосрочной тампонады. Благодаря высокой вязкости и поверхностному натяжению СМ способно поддерживать сетчатку в правильном анатомическом положении, а также уменьшать риск послеоперационного кровотечения, что особенно важно у пациентов с ПДР [7]. СМ сочетает в себе такие важные свойства, как прозрачность, химическая и биологическая инертность, гидрофобность и высокое поверхностное натяжение по отношению к водной среде [4].

СМ обладает рядом преимуществ в сравнении с другими тампонирующими агентами: обеспечивает надежную фиксацию сетчатки на длительный срок, позволяет хорошо визуализировать глазное дно, обеспечивает возможность проведения лазерной коагуляции сетчатки в раннем послеоперационном периоде, устраняет необходимость строгого позиционирования пациента в зависимости от локализации разрыва, позволяет получить высокую остроту зрения.

Безопасность и эффективность применения СМ продемонстрирована во многих исследованиях [5–8]. В то же время известно, что тампонада СМ может приводить к ряду осложнений, включая стойкое повышение внутриглазного давления (ВГД), вплоть до развития вторичной глаукомы, вызывать формирование катаракты, эпиретинальных мембран (ЭРМ), кератопатии, нередко случаи эмульгации СМ,

описано проникновение СМ в субретинальное, супрахориоидальное и субарахноидальное пространство, а также случаи необъяснимого снижения остроты зрения [9–19].

Патогенез ряда возникающих осложнений дискутабелен. Наиболее интересно изменение структуры и функций сетчатки на фоне тампонады СМ, как наименее изученный аспект влияния эндотампонады на внутриглазные структуры, потенциально приводящий к значимым и необратимым изменениям со стороны нейроэпителия и зрительных функций.

В данном обзоре мы остановимся подробно на анализе публикаций до 2023 г., посвященных оценке влияния СМ на сетчатку и функции центрального зрения при хирургии РОС. С помощью базы PubMed произведен поиск публикаций по заданной теме при помощи ключевых слов: СМ, тампонада СМ, отслойка сетчатки, осложнения силиконовой тампонады.

Средняя продолжительность тампонады СМ в публикациях варьировала от 101 ± 42 дней [11] до $8,5 \pm 1,9$ мес [12].

Сравнение результатов хирургии с эндотампонадой СМ вязкостью 1000 и 5000 cSt в ретроспективном исследовании 325 глаз, оперированных по поводу осложненной РОС, не выявило статистически значимой разницы между группами в отношении анатомического успеха, остроты зрения и осложнений, связанных с тампонадой СМ [20].

Сравнение результатов лечения нижних РОС, сочетающихся с ПВР, и первичных РОС с нижними разрывами с использованием тяжелого силикона (Densiron 68) и традиционного СМ с вязкостью 1000 cSt статистически также не обнаружило значимой разницы в отношении анатомических и функциональных показателей [21].

В другом исследовании авторы отметили статистически значимое повышение частоты рецидивов отслойки сетчатки после удаления СМ при использовании СМ 5000 cSt по сравнению с СМ 1000 cSt. Однако возможной причиной этому может быть использование СМ 5000 cSt в исходно более тяжелых клинических случаях [22].

В аспекте обсуждения влияния СМ на нейроэпителий наиболее важным представляется вопрос функционального результата хирургии. Многие факторы могут внести вклад в результирующую максимальную корригированную остроту зрения (МКОЗ): исходное вовлечение в процесс макулярной области (macula-on или macula-off), давность и распространенность отслойки, уровень ВГД, количество офтальмологических операций у пациента, опыт хирурга и другие [13].

Однако помимо очевидных причин, приводящих к зрительному дефекту, в литературе описаны случаи труднообъяснимого снижения зрения у пациентов, перенесших МВЭ с тампонадой СМ. Данное осложнение может возникать как на фоне тампонады, так и после удаления СМ,

несмотря на анатомическое прилегание сетчатки, и, наиболее вероятно, связано с негативным влиянием СМ на элементы нервной ткани [13–15, 17, 18].

R. Newsom и соавт. [14] опубликовали серию случаев, где сообщалось о необъяснимом ухудшении центрального зрения после операции удаления СМ. Срок тампонады СМ составлял от 105 до 220 дней. Пациенты отмечали центральное темное пятно в поле зрения. При проведении периметрии выявлена диффузная центральная скотома, также отмечено снижение фотопических и скотопических ответов при проведении электроретинографии (ЭРГ). На электроокулограмме зафиксирована дисфункция ретинального пигментного эпителия. В качестве причины снижения центральной остроты зрения авторы предполагают тяжелую макулярную дисфункцию.

Аналогичные наблюдения представили S. Cazabon и соавт. [15]. Они обнаружили угнетение показателей ЭРГ в центральной зоне у ряда пациентов через несколько дней после удаления СМ. Отмечалось снижение амплитуды P50 и N95. Мультифокальная ЭРГ показала снижение функциональной активности макулы. При этом данные оптической когерентной томографии (ОКТ) во всех случаях оставались в пределах нормы.

Описано снижение МКОЗ уже на фоне тампонады СМ [13, 17, 18]. Результаты последующего наблюдения динамики зрительных функций оказались различными.

Так, J. Tode и соавт. [13] описывают восстановление зрения у части пациентов в отдаленном периоде. Причем снижение зрения на более ранних сроках тампонады СМ (до 3 мес) имело лучший прогноз в отношении вероятности его восстановления после завершения тампонады. Обнаружена корреляция зрительного дефекта с истончением СНВС (слоя нервных волокон сетчатки), слоя ГКС (ганглиозных клеток сетчатки), ВПС (внутреннего плексиформного слоя).

Мультифокальная ЭРГ, проведенная на фоне тампонады СМ у части пациентов, выявила депрессию электрофизиологической активности всех зон стимуляции. Исследователи предположили вклад изолирующего эффекта СМ в снижение показателей, однако некоторое угнетение электрофизиологической активности центральных зон стимуляции сохранялось и через 6 нед после завершения тампонады. Постепенный рост показателей ЭРГ после удаления СМ, по мнению авторов, говорит о некотором восстановлении функциональной активности фоторецепторов после завершения тампонады, однако без полного восстановления ГКС, что доказывает их гибель под воздействием СМ при сохранности фоторецепторов [13].

В публикациях Z. Shalchi и соавт. [17] и Y. Ma и соавт. [18] отмечено необратимое снижение зрения как на фоне тампонады, так и после удаления СМ. У пациентов со снижением центрального зрения при проведении периметрии выявляли центральную скотому [14, 17]. Снижение центральной остроты зрения сопровождалось депрессией цветовой контрастной чувствительности. Тест Фарнsworthа — Манселла —100 показал значительное ухудшение цветовой дискриминации в пораженных глазах. Это имело место для всех длин волн видимого света, а не ограничивалось только одним цветовым рядом [17].

G. Nassar и соавт. [23] показали с помощью фундус-микрпериметрии, что светочувствительность центральной зоны возрастает спустя 1 мес после удаления СМ. Авторы также утверждают, что длительность тампонады не оказывает достоверного эффекта на светочувствительность сетчатки.

В то же время опубликовано немало наблюдений, в которых авторы не отмечали явного снижения функций

центрального зрения на фоне или вследствие тампонады СМ [23–27], не выявляли патологических отклонений стандартной ЭРГ из-за тампонады СМ [17].

G. Nassar и соавт. [23] и B. Takkar и соавт. [24] пришли к выводу, что после удаления СМ в большинстве случаев зрительные функции улучшаются по сравнению с дооперационными показателями.

В некоторых работах авторы сравнили влияние силиконовой и газовой тампонады ВП на МКОЗ в сопоставимых по исходной остроте зрения и тяжести РОС группах [11, 16, 28]. Во всех публикациях авторы отметили достоверное снижение послеоперационной остроты зрения в группе с тампонадой СМ по сравнению с газовой. При этом авторы не обнаружили корреляции между длительностью тампонады СМ и конечной МКОЗ [16].

Немало работ посвящено поиску возможных причин снижения функций центрального зрения, напрямую или косвенно связанных с тампонадой СМ.

Благодаря совершенствованию технологий ОКТ появилась возможность оценить в динамике влияние тампонады СМ не только на толщину сетчатки, но и детально проанализировать изменения каждого из ее слоев. Однако подборка публикаций на эту тему показала различные, подчас противоречивые данные. Результаты изучения влияния СМ на толщину сетчатки и ее отдельных слоев, а также ее структуру различаются как по количественным показателям, так и по топике локализации поражения нейроэпителия.

Так, J. Tode и соавт. [13] отметили достоверное снижение толщины внутренних слоев сетчатки прооперированного глаза по сравнению со здоровым, особенно в парафовеальной зоне: СНВС, слоя ГКС, ВПС ($p < 0,01$). Изменений остальных слоев сетчатки не зафиксировано. Толщина слоев сетчатки не восстановилась после удаления СМ за период наблюдения в течение 36 мес. Аналогичные результаты получили U. Christensen и соавт. [16], A. Caramou и соавт. [27], W. Xiang и соавт. [29]. Достоверных различий в толщине наружных слоев сетчатки не обнаружено.

Другие авторы отметили истончение центральной зоны сетчатки. В частности, J. Lee и соавт. [30] пришли к выводу, что средняя толщина центральной ямки была значительно ниже в оперированных глазах ($243,55 \pm 36,76$ мкм), чем в здоровых ($265,06 \pm 28,55$ мкм, $p = 0,015$). Средняя толщина комплекса ГКС-ВПС также была значительно снижена в глазах с тампонадой СМ.

P.P. Файзрахманов и соавт. [31] отмечали снижение внутренней, наружной и общей толщины сетчатки в зоне фовеа. В верхней полусфере парафовеа выявлено снижение внутренней, наружной и общей толщины сетчатки. В области нижней полусферы парафовеа показано истончение только внутренней и общей толщины сетчатки.

S. Lee и соавт. [11] наблюдали статистически значимое уменьшение толщины всех слоев сетчатки — не только внутренних, но частично и наружных — по сравнению с дооперационными показателями, за исключением фоторецепторного слоя.

Таким образом, большинство авторов сходятся во мнении, что СМ влияет на толщину всей сетчатки или ее отдельных слоев, однако локализация выявленных изменений существенно различается.

Точная причина истончения слоев нейроэпителия не ясна. Обсуждаются несколько версий. Одной из причин поражения нейроэпителия может быть изменение ионной среды. Возможно, СМ способствует активации каскада патологических реакций эксайтотоксичности. Клетки

Мюллера выступают в качестве буфера ионов K^+ [32]. Объем внутриглазной жидкости при тампонаде СМ недостаточен для клиренса ионов K^+ и других ионов клетками Мюллера в ВП. Увеличение концентрации ионов K^+ в ткани вызывает деполяризацию клеточной мембраны, запускающую порочный круг эксайтотоксичности, что приводит к дегенерации нервной ткани [33].

Отдельные авторы на фоне тампонады СМ обнаружили изменение толщины слоев нейроэпителия в парапапиллярной зоне. В. Таккаг и соавт. [24] выявили истончение СНВС парапапиллярно во всех квадрантах, наиболее выраженное в височном квадранте. Авторы пришли к выводу, что наиболее значительно при тампонаде СМ страдает височная зона СНВС (папилломакулярный пучок), как наиболее метаболически активная зона, в большей степени уязвимая по отношению к изменениям, связанным с тампонадой СМ. Аналогичные результаты получили J. Tode и соавт. [13] и Z. Shalchi и соавт. [17].

Иные результаты опубликовали Y. Ma и соавт. [18], которые не нашли разницы в толщине СНВС, а также в средней толщине слоя ГКС, однако объем фокальных и глобальных потерь комплекса ГКС был достоверно выше в пораженных глазах ($p < 0,001$).

Противоположные результаты получили M. Zoric Geber и соавт. [25]. Средняя толщина СНВС в оперированных глазах была значительно выше, чем в контрольных при каждом посещении. На 7-й день после операции отмечена наибольшая толщина СНВС в оперированных глазах, что может быть вызвано хирургическими манипуляциями и ранними послеоперационными изменениями сетчатки. Несмотря на клинически полностью восстановленную сетчатку, СНВС все еще оставался утолщенным в течение 6 мес наблюдения.

Увеличенную толщину перипапиллярного СНВС на фоне тампонады и после удаления СМ отметили также D. Juris'ic и соавт. [26]. Средняя толщина перипапиллярного СНВС на фоне тампонады и после удаления СМ была достоверно выше в оперированных глазах, чем в контрольных, вне зависимости от уровня ВГД. В прооперированных глазах с повышенным ВГД перипапиллярная толщина СНВС была ниже, чем в глазах с нормальным ВГД в течение наблюдения.

Не менее важным представляется анализ качественных изменений томограмм. В слоях нейроэпителия зафиксировано появление гипорефлективных кист. Так, J. Tode и соавт. [13] обнаружили их во внутреннем плексиформном и внутреннем ядерном слоях. Во внутреннем ядерном слое, преимущественно с носовой стороны, кисты выявили Z. Shalchi и соавт. [17]. Первые признаки микрокистозных изменений появились спустя 18 нед после удаления СМ, которые достигали максимума спустя 36 нед. Авторы утверждают, что данные кисты имеют дегенеративное происхождение либо представляют собой микропузырьки СМ.

Гиперрефлективные точки в структуре диска зрительного нерва (ДЗН) и на уровне фоторецепторов сетчатки отмечали M. Zoric Geber и соавт. [25], авторы связывают их с миграцией СМ.

Интересна работа Е.П. Соловьевой [34], в которой морфологически исследованы 6 энуклеированных глаз пациентов, которым проводилась витрэктомия с последующей тампонадой СМ. Срок нахождения СМ в ВП составлял от 1,5 мес до 2 лет. Обнаружены капли СМ во внутренних слоях сетчатки, во внутриглазной части зрительного нерва, в субконъюнктивальном пространстве, строме цилиарного тела и радужной оболочке.

М. Еггега и соавт. [19] с помощью ОКТ продемонстрировали капли СМ под ЭРМ, интратетинально и субретинально в глазах, перенесших тампонаду СМ. В исследовании U. Christensen и M. La Cour [16] отмечено появление небольших вакуолей в СНВС. Однако не выявлено связи данных находок со снижением МКОЗ.

Современные технологии визуализации позволяют обнаружить микрососудистые изменения ДЗН и макулярной зоны сетчатки. В настоящее время одной из наиболее перспективных технологий является ОКТ с функцией ангиографии (ОКТА), позволяющая оценить микроциркуляцию глазного дна без применения контрастного вещества [35].

Благодаря ОКТА у офтальмологов появилась возможность качественной и количественной оценки площади васкуляризированных и аваскулярных участков сетчатки и хориоидеи, плотности сосудистых сплетений, а также плотности сосудов фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ). Считается, что ФАЗ изменяется при различных патологиях сетчатки и может коррелировать со зрительными функциями [36].

Очевидно, что нарушение адгезии нейросенсорной сетчатки и пигментного эпителия в макулярной зоне приводит к метаболическим изменениям, это затрудняет точную оценку вклада тампонады СМ в перфузию макулы. В связи с этим информативен сравнительный анализ пациентов с ROC macula on и macula off.

Отмечено, что под воздействием СМ толщина и микроциркуляция сетчатки изменяются как у пациентов с macula on, так и macula off [18, 24, 28]. Тем не менее отслойка нейроэпителия, обусловленная скоплением субретинальной жидкости, приводит к ишемии наружных слоев сетчатки, для которых сосудистая оболочка является единственным источником кровоснабжения. Ишемия сопровождается накоплением глутамата и аспартата, запускающих каскад патологических реакций, приводящих к эксайтотоксичности и апоптозу фоторецепторов.

W. Xiang и соавт. [29] ретроспективно оценили ФАЗ и плотность сосудов поверхностного (ПКС) и глубокого (ГЛКС) капиллярного сплетений на фоне тампонады СМ и после его удаления. Результаты показали, что площадь ФАЗ и плотность капиллярных сплетений оставались на стабильном уровне как у пациентов с СМ ($p > 0,05$), так и после его удаления ($p > 0,05$).

Иные данные получили Y. Ma и соавт. [18]. Отмечено достоверное снижение плотности сосудов ПКС в парафовеальной зоне и снижение плотности верхней части радиального перипапиллярного сплетения ($p = 0,007$) у пациентов с необъяснимым снижением остроты зрения на фоне тампонады СМ.

J. Lee и соавт. [30] отметили, что площадь ФАЗ в ГЛКС на фоне тампонады СМ была достоверно больше ($p < 0,001$), чем в группе контроля. При этом плотность сосудов ГЛКС оказалась достоверно сниженной ($p = 0,022$). Авторы пришли к выводу, что продолжительность тампонады СМ достоверно коррелировала с увеличением площади ФАЗ ($p = 0,034$) и снижением плотности сосудов глубоких капиллярных сплетений ($p = 0,015$). Эти изменения могут отражать сосудистую недостаточность в глазах с тампонадой СМ и объяснять истончение сетчатки и случаи необъяснимой потери зрения у пациентов с тампонадой СМ.

Поиск вероятных нарушений ретинального кровотока под воздействием СМ с помощью флуоресцентной ангиографии (ФАГ) у части авторов не привел к результату [13, 14, 17]. Однако R. Effert и соавт. [33] при сравнении микроциркуляции сетчатки пациентов с тампонадой

СМ и здорового контралатерального глаза методом ФАГ пришли к выводу, что СМ отрицательно влияет на микроциркуляцию в сетчатке, а именно уже через 3–5 дней после операции увеличивается время артериовенозного прохождения.

А. Kubicka-Trzaska и соавт. [37] оценили микроциркуляторный кровоток в макуле с помощью доплеровского лазерного сканирования. Они выяснили, что СМ негативно влияет на микроциркуляцию сетчатки уже через 1 мес после операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СМ является одним из основных видов тампонады ВП. Альтернативы ему при определенных клинических ситуациях нет. На данный момент его использование считается относительно безопасным. Анализ публикаций показал, что у части пациентов на фоне тампонады СМ снижается толщина сетчатки, гибнут ганглиозные клетки и нарушается кровоток макулярной области, описаны случаи потери зрения, связанные с СМ. Однако почему эти осложнения происходят лишь у части пациентов — вопрос, на который еще предстоит ответить. На данный момент нет точных сроков относительно оптимальной продолжительности тампонады СМ. Большинство хирургов удаляют СМ из ВП настолько рано, насколько позволяет стабилизация ситуации по достижению прилегания сетчатки. Очевидно, что сокращение сроков тампонады СМ уменьшает вероятность развития представленных осложнений. Каждый хирург должен руководствоваться правилом: польза от удаления СМ должна превышать риски продолжения тампонады и возможного рецидива заболевания, требующего повторной операции. Длительность тампонады СМ должна быть достаточной для надежной 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 витреальной полости.

Литература/References

- Li JQ, Welchowski T, Schmid M, Holz FG, Finger RP. Incidence of rhegmatogenous retinal detachment in Europe — a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmologica*. 2019; 242 (2): 81–6. doi: 10.1159/000499489
- Cibis PA, Becker B, Okun E, Canaan S. The use of liquid silicone in retinal detachment surgery. *Arch Ophthalmol*. 1962; 68: 590–9. doi: 10.1001/archophth.1962.00960030594005
- 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. [Yablokov M.M., Fabrikantov O.L., Yablokova N.V. Silicone oil tamponade in surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment. *Russian ophthalmological journal*. 2022; 15 (4): 173–7 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177>
- Barca F, Caporossi T, Rizzo S. Silicone oil: different physical properties and clinical applications. *Biomed Res Int*. 2014; 2014: 502143. doi: 10.1155/2014/502143
- Schwartz SG, Flynn HW Jr, Wang X, et al. Tamponade in surgery for retinal detachment associated with proliferative vitreoretinopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 May 13; 5 (5): CD006126. doi: 10.1002/14651858.CD006126
- Gonvers M. Temporary silicone oil tamponade in the management of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol*. 1985 Aug 15; 100 (2): 239–45. doi: 10.1016/0002-9394(85)90788-3
- Shen YD, Yang CM. Extended silicone oil tamponade in primary vitrectomy for complex retinal detachment in proliferative diabetic retinopathy: a long-term follow-up study. *Eur J Ophthalmol*. 2007 Nov-Dec; 17 (6): 954–60. doi: 10.1177/112067210701700614
- Nadal J, Verdager P, Canut MI. Treatment of retinal detachment secondary to macular hole in high myopia: vitrectomy with dissection of the inner

- limiting membrane to the edge of the staphyloma and long-term tamponade. *Retina*. 2012 Sep; 32 (8): 1525–30. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182411cb8
- Federman JL, Schubert HD. Complications associated with the use of silicone oil in 150 eyes after retina-vitreous surgery. *Ophthalmology*. 1988 Jul; 95 (7): 870–6. doi: 10.1016/s0161-6420(88)33080-0. PMID: 3174036
- Chen JX, Nidecker AE, Aygun N, Gujar SK, 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>
- Lee SH, Han JW, Byeon SH, et al. Retinal Layer Segmentation after silicone oil or gas tamponade for macula-on retinal detachment using optical coherence tomography. *Retina*. 2018; 38: 310–9. doi: 10.1097/IAE.0000000000001533
- Karacorlu M, Hocaoglu M, Sayman Muslubas I, et al. Primary vitrectomy with short-term silicone oil tamponade for uncomplicated rhegmatogenous retinal detachment. *Int Ophthalmol*. 2019 Jan; 39 (1): 117–24. doi: 10.1007/s10792-017-0787-9. Erratum in: *Int Ophthalmol*. 2018 Aug 1; PMID: 29256168
- Tode J, Purtskhvanidze K, Oppermann T, et al. Vision loss under silicone oil tamponade. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016 Aug; 254 (8): 1465–71. doi: 10.1007/s00417-016-3405-z
- Newsom RS, Johnston R, Sullivan PM, et al. Sudden visual loss after removal of silicone oil. *Retina*. 2004 Dec; 24 (6): 871–7. doi: 10.1097/00006982-200412000-00005
- Cazabon S, Groenewald C, Pearce IA, Wong D. Visual loss following removal of intraocular silicone oil. *Br J Ophthalmol*. 2005 Jul; 89 (7): 799–802. doi: 10.1136/bjo.2004.053561
- Christensen UC, La Cour M. Visual loss after use of intraocular silicone oil associated with thinning of inner retinal layers. *Acta Ophthalmol*. 2012 Dec; 90 (8): 733–7. doi:10.1111/j.1755-3768.2011.02248.x
- Shalchi Z, Mahroo OA, Shunmugam M, et al. Spectral domain optical coherence tomography findings in long-term silicone oil-related visual loss. *Retina*. 2015; 35 (3): 555–63. <https://doi.org/10.1097/iae.0000000000000325>
- Ma Y, Zhu XQ, Peng XY. Macular perfusion changes and ganglion cell complex loss in patients with silicone oil-related visual loss. *Biomed Environ Sci*. 2020 Mar 20; 33 (3): 151–7. doi: 10.3967/bes2020.021
- Errera MH, Liyanage SE, Elgohary M, et al. Using spectral-domain optical coherence tomography imaging to identify the presence of retinal silicone oil emulsification after silicone oil tamponade. *Retina*. 2013 Sep; 33 (8): 1567–73. doi: 10.1097/IAE.0b013e318287d9ea
- Scott IU, Flynn HW Jr, Murray TG, et al. Outcomes of complex retinal detachment repair using 1000- vs 5000-centistoke silicone oil. *Arch Ophthalmol*. 2005 Apr; 123 (4): 473–8. doi: 10.1001/archophth.123.4.473
- 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
- Soheilian M, Mazareei M, Mohammadpour M, Rahmani B. Comparison of silicon oil removal with various viscosities after complex retinal detachment surgery. *BMC Ophthalmol*. 2006 May 31; 6:21. doi: 10.1186/1471-2415-6-21
- Nassar GA, Youssef MM, Hassan LM, Makled HS. Retinal sensitivity before and after silicone oil removal using micropertimetry. *J Ophthalmol*. 2019 Apr 11; 2019: 2723491. doi: 10.1155/2019/2723491
- Takkar B, Azad R, Kamble N, Azad S. Retinal nerve fiber layer changes following primary retinal detachment repair with silicone oil tamponade and subsequent oil removal. *J Ophthalmic Vis Res*. 2018 Apr-Jun; 13 (2): 124–9. doi: 10.4103/jovr.jovr_134_16
- Zoric Geber M, Bencic G, Vatauv Z, Ivekovic R, Friberg TR. Retinal nerve fibre layer thickness measurements after successful retinal detachment repair with silicone oil endotamponade. *Br J Ophthalmol*. 2015 Jun; 99 (6): 853–8. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305839
- Juris'ic' D, Geber MZ, C'avar I, Utrobie'ic' DK. Retinal layers measurements following silicone oil tamponade for retinal detachment surgery. *Semin Ophthalmol*. 2018; 33 (5): 711–8. doi: 10.1080/08820538.2017.1417452
- Caramoy A, Droge KM, Kirchhof B, Fauser S. Retinal layers measurements in healthy eyes and in eyes receiving silicone oil-based endotamponade. *Acta Ophthalmol*. 2014 Jun; 92 (4): e292–7. doi: 10.1111/aos.12307
- Raczyn'ska D, Mitrosz K, Raczyn'ska 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. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180813115438>
- Xiang W, Wei Y, Chi W, et al. Effect of silicone oil on macular capillary vessel density and thickness. *Exp Ther Med*. 2020; 19 (1): 729–34. doi: 10.3892/etm.2019.8243
- Lee JY, Kim JY, Lee SY, et al. Foveal microvascular structures in eyes with silicone oil tamponade for rhegmatogenous retinal detachment: a swept-source optical coherence tomography angiography study. *Sci Rep*. 2020; 10 (1): 2555. doi: 10.1038/s41598-020-59504-3
- Файзрахманов Р.Р., Суханова А.В., Павловский О.А., Ларина Е.А., Чехонин Е.С. Изменение толщины центральной зоны сетчатки после

- вitrektомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки с использованием силиконовой тампонады. *Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова*. 2020; 15 (2): 89–91. [Fajzrahmanov R.R., Suhanova A.V., Pavlovskij O.A., Larina E.A., Chekhonin E.S. The change in the thickness of the central zone of the retina after vitrectomy due to rhegmatogenous detachment of the retina using silicone tamponade. *Vestnik Pirogovskogo natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo centra*. 2020; 15 (2): 89–91 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.32.27.015>
32. Newman EA. Distribution of potassium conductance in mammalian Müller (glial) cells: a comparative study. *J Neurosci*. 1987 Aug; 7 (8): 2423–32. PMID: 2441009.
33. Effert R, Wolf S, Arend O, Schulte K, Reim M. Retinal hemodynamics after pars plana vitrectomy with silicone oil tamponade. *Ger J Ophthalmol*. 1994 Mar; 3 (2): 65–7. PMID: 8193573
34. Соловьева Е.П. Распределение силикона в тканях глаза после витректотомии 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 ведомosti*. 2012; 5 (1): 18–21 (In Russ.)].
35. Кривошеева М.С., Иойлева Е.Э. Оптическая когерентная томография — ангиография как метод неинвазивной диагностики патологии микроциркуляторного русла зрительного нерва и макулярной зоны сетчатки. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (2): 90–5. [Krivosheeva M.S., Ioyleva E.E. Optical coherence tomography-angiography as a non-invasive method of pathology diagnosis of the microcirculatory bed of the optic nerve and macula. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (2): 90–5 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-90-95>
36. Mihailovic N, Eter N, Alnawaiseh M. Foveal avascular zone and OCT angiography. An overview of current knowledge. *Ophthalmologie*. 2019; 116 (7): 610–16. doi: 10.1007/s00347-018-0838-2
37. Kubicka-Trzaska A, Kobylarz J, Romanowska-Dixon B. Macular microcirculation blood flow after pars plana vitrectomy with silicone oil tamponade. *Klin Oczna*. 2011; 113 (4–6): 146–8. PMID: 21913444

Вклад авторов в работу: В.В. Нероев — формулировка идеи обзора, окончательное редактирование и утверждение публикуемой версии обзора; О.В. Зайцева — концепция, дизайн и научное редактирование обзора; А.И. Ушаков — сбор и анализ литературы, написание обзора.

Author's contribution: V.V. Neroev — formulation of the idea of the review, final editing and approval of the published version of the review; O.V. Zaytseva — concept, design and editing of the review; A.I. Ushakov — literature collection and analysis, writing of the review.

Поступила: 05.12.2023. Переработана: 12.01.2024. Принята к печати: 14.01.2024
Originally received: 05.12.2023. Final revision: 12.01.2024. Accepted: 14.01.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Владимир Владимирович Нероев — академик РАН, д-р мед. наук, профессор, директор¹, заведующий кафедрой глазных болезней факультета дополнительного профессионального образования², ORCID 0000-0002-8480-0894

Ольга Владимировна Зайцева — канд. мед. наук, заместитель директора, ведущий научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва¹, доцент кафедры глазных болезней², ORCID 0000-0003-4530-553X

Александр Игоревич Ушаков — младший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва¹, ORCID 0000-0003-0556-0149

Для контактов: Александр Игоревич Ушаков,
winter215@yandex.ru

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, Bldg. 1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

Vladimir V. Neroev — academician of RAS, Dr. of Med. Sci., professor, director¹, head of eye diseases chair of the faculty of additional professional education², ORCID 0000-0002-8480-0894

Olga V. Zaytseva — Cand. of Med. Sci., deputy director, leading researcher of the department of retina and optic nerve pathology¹, assistant professor of eye diseases chair of the faculty of additional professional education², ORCID 0000-0003-4530-553X

Alexander I. Ushakov — junior researcher of the department of retina and optic nerve pathology¹, ORCID 0000-0003-0556-0149

For contacts: Alexander I. Ushakov,
winter215@yandex.ru