

Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического распределения у пациентов с длительной тампонадой витреальной полости и силикон-индуцированной глаукомой

Т.Н. Юрьева^{1,2,3}Ю.М. Коняева⁴
Т.Н. Евдокевич⁴И.М. Михалевич²

¹ Иркутский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Лермонтова, 337, Иркутск, 664043, Российская Федерация

² Филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
м-н Юбилейный, 100, Иркутск, 664049, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Красного Восстания, 1, Иркутск, 664003, Российская Федерация

⁴ АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза»»
ул. Академика Бардина, 4а, Екатеринбург, 620146, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):65–73

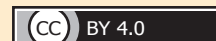
Актуальность. Вторичная силикон-индуцированная глаукома (СИГ) является одним из осложнений длительной тампонады витреальной полости силиконовым маслом. Своевременное выявление ранних признаков эмульгирования силикона является важным диагностическим инструментом офтальмолога. **Методы.** В этой статье представлены сравнение инструментальных способов обследования пациента для выявления признаков эмульгирования, сильные и слабые стороны различных методов, сформулированы и проиллюстрированы признаки, свидетельствующие об активном процессе эмульгирования в глазу, а также проанализирована возможная связь инструментальных находок с клиническими данными. **Результаты.** Наиболее информативными признаками, указывающими на высокий риск СИГ, являются гиперэхогенность структур цилиарного аппарата (плоской части и его отростков) и угла передней камеры (трабекулярный аппарат, шлеммов канал), а также «призрачные изображения». Гиперолеон является чувствительным, но, вероятно, поздним признаком эмульгирования. При проведении исследований следует учитывать естественную гиперэхогенность пигментного листа радужки. Гиперэхогенные включения в передней камере глаза не имеют прямой связи с риском возникновения СИГ, однако говорят о наличии процесса эмульгирования в целом. Среди инструментальных методов обследования наиболее универсальным стала ультразвуковая биомикроскопия. Диагностические возможности оптической когерентной томографии в контексте обнаружения эмульсии силиконового масла ограничены, применимы только к заднему отрезку глаза при сохранности прозрачных оптических сред. **Заключение.** Дальнейшее изучение способов раннего выявления эмульгирования силикона позволит оптимизировать ведение пациентов, снизить частоту развития вторичной глаукомы.

Ключевые слова: силиконовая тампонада, силикон-индуцированная глаукома, ультразвуковая биомикроскопия, оптическая когерентная томография, эмульгирование

Для цитирования: Юрьева Т.Н., Коняева Ю.М., Михалевич И.М., Евдокевич Т.Н. Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического распределения у пациентов с длительной тампонадой витреальной полости и силикон-индуцированной глаукомой. *Офтальмология*. 2026;23(1):65–73. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-65-73>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Instrumental Assessment of Silicone Oil Emulsification and its Topographic Distribution in Patients with Prolonged Tamponade of the Vitreous Cavity and Silicone-induced glaucoma

T.N. Yurieva^{1,2,3}, I.M. Honiaeva⁴, I.M. Mihalevich², T.N. Evdokevich⁴

¹ Irkutsk Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Lermontov str., 337, Irkutsk, 664033, Russian Federation

² Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education —
Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education
Yubileyny dstr., 100, Irkutsk, 664049, Russian Federation

³ Irkutsk State Medical University
Krasnogo Vosstaniya str., 1, Irkutsk, 664003, Russian Federation

⁴ Eye Microsurgery Ekaterinburg Center
Academician Bardin str., 4a, Ekaterinburg, 620149, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):65–73

Relevance. Secondary silicone-induced glaucoma (SIG) is one of the complications of prolonged tamponade of the vitreous cavity with silicone oil. Timely detection of early signs of silicone oil emulsification is a significant diagnostic tool for an ophthalmologist. **Methods.** This article represents a comparison of instrumental methods of patient's examination aimed to identify signs of emulsification, reveals the strengths and weaknesses of various methods, formulates and illustrates signs indicating an active emulsification process in the eye, and analyzes the possible relationship between instrumental findings and clinical data. **Results.** Ultrasound biomicroscopy has become the most universal among instrumental examination methods. Diagnostic capabilities of optical coherence tomography in the context of detecting a silicone oil emulsion are limited, applicable only to the posterior segment of the eye and only possible in conditions of transparent optical media. The most informative signs indicating a high risk of SIG are hyperechoicity of the structures of the ciliary apparatus (the flat part and its processes) and the angle of the anterior chamber (trabecular apparatus, Schlemm canal), as well as "ghost images". Hyperoleon is sensitive, but probably a late sign of emulsification. When conducting research, the natural hyperechogenicity of the pigment leaf of the iris should be taken into account. Hyperechoic inclusions in the anterior chamber of the eye are not directly related to the risk of SIG, however, they indicate the emulsification process in general. **Conclusion.** Further investigation of methods for early detection of silicone oil emulsification will optimize patient management and reduce the incidence of secondary glaucoma.

Keywords: silicone tamponade, silicone-induced glaucoma, ultrasound biomicroscopy, optical coherence tomography, emulsification

For citation: Yurieva T.N., Honiaeva I.M., Mihalevich I.M., Evdokevich T.N. Instrumental Assessment of Silicone Oil Emulsification and its Topographic Distribution in Patients with Prolonged Tamponade of the Vitreous Cavity and Silicone-induced glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):65–73. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-65-73>

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

There is no conflict of interests.

Выполнение трехпортовой витрэктомии с дальнейшей тампонадой силиконовым маслом (СМ) на сегодняшний день является золотым стандартом лечения сложной патологии заднего отрезка глаза. Несмотря на известные преимущества данной операции, существует и ряд недостатков, обусловленных возможностью возникновения осложнений. Одним из них является подъем внутриглазного давления (с вероятностью возникновения у 2,2–56 % пациентов по данным литературы [1, 2]), включая наиболее грозный его вариант в виде развития силикон-индуцированной глаукомы (СИГ).

Встречается большое количество работ, посвященных выявлению возможных причин развития СИГ, формированию потенциальных групп риска среди пациентов, которым предстоит витрэктомия с введением силиконо-

го масла. Так, например, часто встречаются упоминания о таких предикторах развития СИГ, как миопическая рефракция, увеличение переднезадней оси глаза [1, 3], мужской пол и молодой возраст, афакия и артификация [4, 5]. Ведутся дискуссии о роли соматических заболеваний (главным образом сахарного диабета [6, 7]), а также сопутствующих глазных заболеваний [8] и хирургических вмешательств в анамнезе. Наиболее же часто упоминаемым фактором риска на сегодняшний день является длительность силиконовой тампонады [9, 10]. Безусловно, последняя определяется хирургом исходя из патологии, послужившей причиной для витрэктомии. Пролиферативные изменения при диабете требуют большего срока нахождения масла, чем неосложненная отслойка сетчатки (ОС). Длительность силиконовой тампонады (СТ)

варьирует в зависимости от давности и распространенности патологического процесса. Так, субтотальная и секторальная ОС требуют разного срока тампонады, могут учитываться возраст пациентов, острота зрения парного глаза и так далее.

И если такие факторы риска, как пол, возраст, соматический статус, состояние хрусталика и т. д., можно отнести к немодифицируемым или слабо контролируемым, то решение о сроках тампонады может не только планироваться индивидуально до операции, но и меняться в процессе послеоперационного наблюдения за пациентом как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения длительности нахождения СМ в глазу. Известно, что развитие любой формы глаукомы обуславливает возможность постепенной потери зрительных функций пациентом вследствие развития глаукомной оптической нейропатии. В соответствии с этим хирургу требуется дополнительный инструмент для оценки степени эмульгирования СМ и прогнозирования развития глаукомы.

Считается, что диспергирование, а затем и эмульгирование СМ начинаются в первые 1–3 месяца после операции [11], средние сроки нахождения масла в глазу, обуславливающие развитие СИГ, составляют 5 месяцев [7, 12, 13]. И этот параметр очень важен, когда мы говорим о длительной тампонаде.

Безусловно, существуют такие признаки эмульгирования, которые можно оценить в процессе проведения биомикроскопии, как гиперолеон (визуально видимый уровень эмульгированного СМ в передней камере глаза), пузырьки силикона на структурах угла передней камеры — например, на трабекулярной сети или шлеммовом канале, выявляемые при проведении гониоскопии, миграция пузырьков СМ под конъюнктиву или появление характерных участков скопления СМ на сетчатке. Однако, как правило, выявление указанных выше проявлений говорит не только о том, что процесс эмульгирования у пациента уже запущен, но и о том, что степень его выраженности достаточно значима. Размер капельки эмульгированного СМ крайне мал — менее 1 микрона — и неуловим невооруженным человеческим глазом. Очевидно, что все, что доктор видит при биомикроскопии, есть результат слияния большого количества таких частиц. С одной стороны, возможно автоматически отнести пациента в группу риска по СИГ (если вторичная глаукома у него еще не развилась), с другой — не требуется проведение дополнительных методов диагностики.

Более сложная ситуация возникает, когда речь идет о попытке обнаружить признаки эмульгирования у пациента без явных участков скопления измененного СМ. В этом случае требуется проведение дополнительных методов диагностики, к которым предъявляются стандартные требования современной медицины: минимальная инвазивность, безопасность, воспроизводимость, экономическая целесообразность, комфорт для пациента. На наш взгляд, этим требованиям отвечают оптиче-

ская когерентная томография переднего отрезка глаза (ОКТПО) и ультразвуковая биомикроскопия (УБМ).

Цель работы: оценить эмульгацию СМ и его топографическое распределение с помощью инструментальных методов исследования у пациентов после задней закрытой витрэктомии с длительной тампонадой витреальной полости силиконовым маслом, а также установить потенциальную взаимосвязь с клиническими данными.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование были включены пациенты, которым была выполнена трехпортовая витрэктомия с введением СМ в условиях Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза». Всем пациентам на этапе удаления силикона в предоперационном и послеоперационном периодах проводили оптическую когерентную томографию переднего отрезка глаза, оптическую когерентную томографию заднего отрезка глаза, ультразвуковую биомикроскопию с оценкой степени эмульгации силикона и его распределения на структурах переднего и заднего сегмента глазного яблока. Всего в исследование включены 18 человек в возрасте от 18 до 60 лет независимо от нозологии, которая стала причиной витрэктомии. В исследование не включали пациентов с наличием клеточной взвеси в передней камере. Основным критерием включения была длительность силиконовой тампонады, превышающая 5 месяцев. Наличие у пациента вторичной глаукомы не было критерием включения или невключения, данный показатель оценивался отдельно. В дальнейшем пациенты были разделены на две группы: с диагнозом СИГ (группа 1) и без СИГ (группа 2). Между группами был проведен сравнительный анализ полученных результатов. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Для структурно-функциональной оценки переднего отрезка глаза и визуализации эмульгированного СМ в переднем сегменте глаза, кроме биомикроскопии, всем пациентам была выполнена ОКТПО на приборе Casia 2 (Tomey, Япония) со скоростью сканирования 50 000 А-сканов в секунду, длиной волны 1310 нм, глубиной проникновения в ткани 13 мм. УБМ выполнена с использованием приборов Sonomed VuMAX HD (Sonomed Inc, США) с частотой 50 МГц, с разрешением 50 мкн, глубиной проникновения в ткани 5 мм и В-сканера Tomey UD-8000 с зондом для биомикроскопии (Tomey, Япония) с частотой 60 МГц. Оптическая когерентная томография (ОКТ) заднего отрезка выполнялась на приборе Optovue SOLIX (Optovue, США) со скоростью сканирования 120 000 А-сканов в секунду, длиной волны 3 мм, глубиной проникновения в ткани 3–16 мм.

В ходе исследования оценивали ряд структур глаза на наличие гиперэхогенных включений по данным УБМ, за которые принимались участки с повышенным отражением ультразвукового сигнала за счет их более высокой плотности. Наличие гиперэхогенных структур оценивали в передней камере глаза, в углу передней камеры глаза, на эндотелии роговицы, на передней поверхности

радужки, на плоской части цилиарного тела, на его отростках. Фиксировали наличие гиперолеона (феномен скопления большого количества эмульгированного СМ, названного аналогично гифеме и гипопиону), «призрачных изображений» (повторяющиеся дугообразные гиперэхогенные линии, формирующиеся при многократном повторении отражения сигнала ультразвука от крупных скоплений эмульгированных капелек СМ на эндотелии). СМ находили под конъюнктивой (рис. 1–4). При проведении ОКТ оценивали наличие гиперрефлективных включений на тех же структурах глаза.

УБМ выполняли в положении пациента лежа на спине, ОКТПО и ОКТЗО — в положении сидя, одним врачом. При УБМ было проведено аксиальное сканирование по вертикальной и горизонтальной осям и меридианальные сканирования в восьми направлениях по часовой стрелке (12:00, 1:30, 3:00, 4:30, 6:00, 7:30, 9:00 и 10:30). ОКТПО оценивали по протоколам Pre-Op Cataract и Post-Op Cataract. ОКТЗО выполняли в режиме Radial Lines в 12 направлениях, соответствующих 12 часовым отметкам с фиксацией в центре фовеа.

При оценке патологических изменений заднего отрезка глаза учитывали наличие линейных или отдельных гиперрефлективных включений на поверхности сетчатки.

Таблица 1. Распределение пациентов по полу, возрасту и заболеванию

Table 1. Distribution of patients by gender, age and disease

		Кол-во глаз общее Number of eyes, total (n = 18)	Кол-во глаз с СИГ Number of eyes with SIG (n = 13)	Кол-во глаз без СИГ Number of eyes without SIG (n = 5)
Мужчины / Male		9 (50 %)	9 (69,23 %)	0
Женщины / Female		9 (50 %)	4 (30,77 %)	5 (100 %)
Клинический диагноз Clinical diagnosis	Пролиферативная диабетическая ретинопатия Proliferative diabetic retinopathy	6 (33,33 %)	5 (38,46 %)	1 (20 %)
	Отслойка сетчатки Retinal detachment	12 (66,67 %)	8 (61,54 %)	4 (80 %)

Таблица 2. Клиническая характеристика пациентов

Table 2. Clinical characteristics of patients

	Длительность тампонады Duration of tamponade	Острота зрения до витрэктомии Visual acuity before vitrectomy	Острота зрения на последнем осмотре Visual acuity at the last examination	ВГД до витрэктомии, мм рт. ст. IOP before vitrectomy, mm Hg	ВГД на последнем осмотре, мм рт. ст. IOP at the last examination, mm Hg	Количество гипотензивных препаратов до витрэктомии Antihypertensive eye drops before Vitrectomy	Количество гипотензивных препаратов на последнем осмотре Antihypertensive eye drops at the last examination
Кол-во глаз с СИГ Number of eyes with SIG (n = 13)	34,00 ± 13,67	0,13 ± 0,06	0,15 ± 0,06	18,08 ± 2,93	32,85 ± 4,55*	0	2,54 ± 0,37**
Кол-во глаз без СИГ Number of eyes without SIG (n = 5)	10,40 ± 2,54	0,10 ± 0,03	0,22 ± 0,04	15,40 ± 0,50	17,20 ± 0,86*	0	0**
Кол-во глаз общее Number of eyes, total (n = 18)	28,89 ± 10,81	0,10 ± 0,03	0,17 ± 0,04	17,33 ± 2,12	28,50 ± 3,67	0,1 ± 0,03	1,83 ± 0,38

Примечание. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.
Note. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.

Показатели оценивали по бинарной системе: «0» — отсутствие признака, «1» — наличие признака независимо от его количественной характеристики. Оценка проводилась двумя исследователями независимо друг от друга. Результаты вносили в таблицы и анализировали при согласованности полученных данных.

Помимо этого, всем пациентам выполнялось стандартное офтальмологическое обследование, включавшее определение максимально скорректированной остроты зрения, тонометрию, рефрактометрию, оптическую биометрию.

Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica. Нормальность распределения количественных признаков определялась по программе Statistica. Сравнение групп по количественному признаку производилось при помощи критерия Хи-квадрат, по качественному признаку — с помощью U-критерия Манна — Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез — $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего было обследовано 18 пациентов (9 мужчин, 9 женщин). На момент исследования срок тампонады варьировал от 5 до 192 месяцев, составив в среднем $28,89 \pm 10,81$ месяца. Из 18 глаз диагноз «вторичная силикон-индуцированная глаукома» был поставлен в 13 случаях. Средние значения максимальной скорректированной остроты зрения, ВГД, количество гипотензивных препаратов до и после удаления СМ представлены в таблицах 1 и 2.

Установлено, что при значительной длительности тампонады витреальной полости силиконом вторичная силикон-индуцированная глаукома развилась у большинства пациентов — в 72,2 % случаев. Несмотря на использование максимальной медикаментозной терапии у пациентов в этой группе, уровень ВГД превышал значение в группе сравнения.

При сравнительном анализе полученных результатов было установлено улучшение остроты зрения, максимально выраженное у пациентов без СИГ ($p < 0,005$). Уровень ВГД и количество используемых гипотензивных препаратов предсказуемо было достоверно выше в группе пациентов с СИГ ($p < 0,005$ в обоих случаях). Изменения остальных параметров были статистически незначимы.

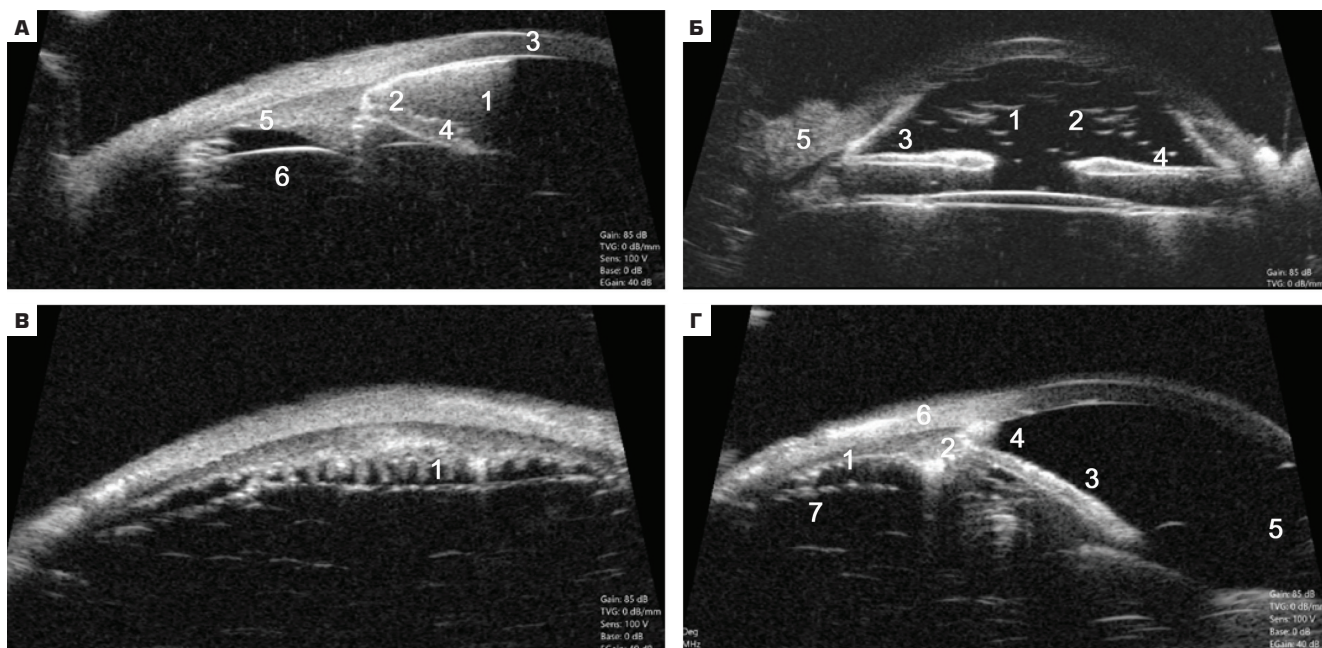


Рис. 1. УБМ переднего сегмента глаза пациента с эмульгацией силиконового масла. А: 1 — гиперолеон, 2 — гиперэхогенные включения в УПК, 3 — гиперэхогенные включения на эндотелии роговицы, 4 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 5 — гиперэхогенные включения на плоской части ЦТ, 6 — мениск силиконового масла; Б: 1 — «призрачные изображения», 2 — гиперэхогенные включения в ПК, 3 — гиперэхогенные включения в УПК, 4 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 5 — СМ под конъюнктивой; В: 1 — гиперэхогенные включения на отростках ЦТ, 3 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 4 — гиперэхогенные включения в УПК, 5 — гиперэхогенные включения в ПК, 6 — СМ под конъюнктивой, 7 — мениск пузыря СМ

Fig. 1. UBM of the anterior segment of the patient's eye with emulsification of silicone oil. A: 1 — hyperoleon, 2 — impregnation of the anterior chamber angle, 3 — Impregnation on the endothelium, 4 — impregnation on the anterior iris surface, 5 — impregnation on the pars plana of the ciliary body, 6 — meniscus of the silicone oil; Б: 1 — ghost images, 2 — impregnation in the anterior chamber, 3 — impregnation of the anterior chamber angle, 4 — impregnation on the anterior iris surface, 5 — silicone oil under the conjunctiva; В: 1 — impregnation on the pars plicata of the ciliary body; Г: 1 — impregnation on the pars plana of the ciliary body, 2 — impregnation on the pars plicata of the ciliary body, 3 — impregnation on the anterior iris surface, 4 — impregnation of the anterior chamber angle, 5 — impregnation in the anterior chamber, 6 — silicone oil under the conjunctiva, 7 — meniscus of the silicone oil

Таблица 3. Характеристика распространения эмульгированного силикона в переднем сегменте глаза по данным УБМ

Table 3. Characteristics of the distribution of emulsified silicone in the eye anterior segment according to UBM data

Признак Sign	Кол-во пациентов всего Total number of patients (n = 18)	Группа 1. Пациенты с СИГ Group 1. Patients with SIG (n = 13)	Группа 2. Пациенты без СИГ Group 2. Patients without SIG (n = 5)
Включения в ПК Impregnation in the anterior chamber	16 (88,88 %)	13 (100 %)	3 (60 %)
Включения в УПК Impregnation of the anterior chamber angle	14 (66,67 %)	11 (84,62 %)*	1 (20 %)*
Включения на эндотелии Impregnation on the endothelium	13 (72,2 %)	10 (76,92 %)	2(40 %)
Включения на передней поверхности радужки Impregnation on the anterior iris surface	12 (66,67 %)	11 (84,62 %)*	0*
Гиперолеон Hyperoleon	4 (22,22 %)	4 (30,77 %)	0
«Призрачные изображения» Ghost images	8 (44,44 %)	8 (61,54 %)*	0*
СМ под конъюнктивой Silicone oil under the conjunctiva	10 (55,56 %)	9 (69,23 %)	2 (40 %)
Включения на плоской части ЦТ Impregnation on the pars plana of the ciliary body	10 (55,56 %)	10 (76,92 %)*	0*
Включения на отростках ЦТ Impregnation on the pars plicata of the ciliary body	14 (77,78 %)	13 (100 %)*	1 (20 %)*

Примечание. * p < 0,05.
Note. * p < 0.05.

У всех пациентов с длительным сроком тампонады и СИГ, а также в 40 % случаев у больных с нормальными показателями ВГД эмульгированный силикон в передней камере глаза можно было видеть не только на сканах УБМ, но и при проведении стандартной биомикроскопии и гониоскопии. Отдельно стоит выделить признаки, которые встречаются только у пациентов с СИГ, — это гиперэхогенные включения на передней поверхности

радужки, на плоской части ЦТ, гиперолеон, «призрачные изображения» (в 84,62, 76,92, 30,77 и 61,54 % соответственно) (табл. 3). У всех 13 пациентов с СИГ СМ было обнаружено на отростках цилиарного тела (у 1 пациента — 20 % в группе без глаукомы) и в виде гиперрефлективных включений в ПК глаза, у каждого третьего пациента отмечен большой объем эмульгированного силикона в передней камере в виде уровня гиперолеона. СМ на структурах УПК встречалось в 84,62 % среди пациентов с глаукомой, только у одного пациента (20 %) — без нее. В 69,23 % случаев в группе с СИГ и в 40 % случаев в группе сравнения установлена диффузия эмульгата под конъюнктиву. СМ на эндотелии обнаруживалось в обеих группах сравнения (в 76,92 % в группе пациентов с СИГ, в 40 % — у пациентов без глаукомы).

Значимость различий исходов (формирование СИГ либо сохранение нормального уровня ВГД) в зависимости от воздействия факторов риска рассчитывалась с помощью критерия Пирсона. Группы сравнения были независимы друг от друга, в анализ были включены наиболее репрезентативные критерии, такие как гиперэхогенные включения в различных топографических зонах переднего сегмента глаза, длительность тампонады.

При сравнении результатов, полученных при проведении УБМ и ОКТПО, были установлены явные преимущества ультразвукового сканирования из-за большей информативности данного метода исследования. Ниже представлен пример проведенных последовательно УБМ и ОКТПО одного и того же пациента с установленным диагнозом СИГ, при этом на ОКТ, в отличие от УБМ, не обнаруживались признаки эмульгирования (рис. 2, 3).

В 8 случаях из 18 при наличии прозрачных оптических сред по данным ОКТЗО были выявлены признаки, свидетельствующие о наличии эмульгированного СМ — линейные гиперрефлективные включения на поверхности сетчатки, гиперрефлективные включения в преретинальном пространстве, интравитреальные гиперрефлективные очаги (рис. 3). Однако вследствие того, что части пациентов было невозможно провести ОКТЗА из-за непрозрачных оптических сред, данные ОКТЗА не учитывались в статистическом анализе.

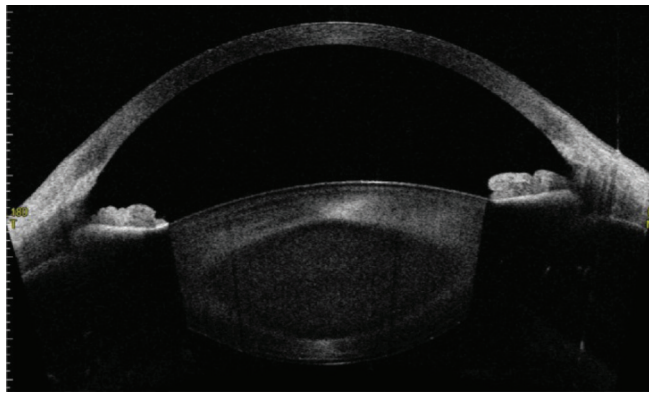


Рис. 2. ОКТ пациента с СИГ без явных признаков эмульгирования

Fig 2. OCT of a patient with SIG without obvious signs of emulsification

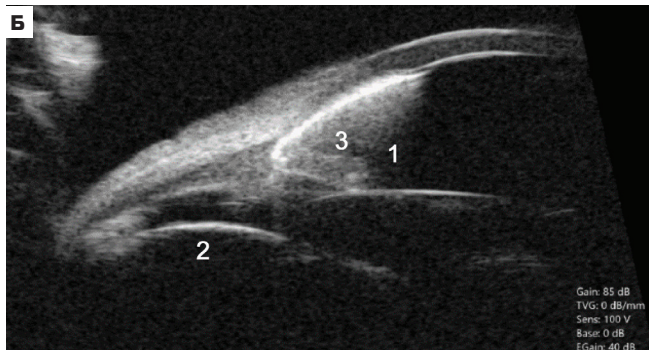
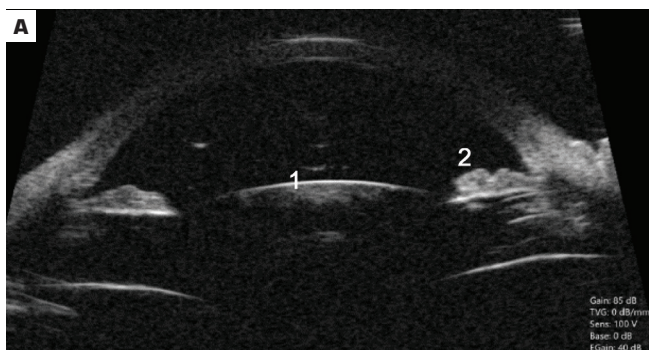


Рис. 3. УБМ того же пациента с СИГ. А: 1 — гиперэхогенные включения в ПК, 2 — «призрачные изображения»; Б: 1 — гиперолеон, 2 — мениск пузыря СМ, 3 — гиперэхогенные включения в УПК

Fig. 3. UBM of the same patient with SIG. А: 1 — impregnation in the anterior chamber, 2 — ghost images; Б: 1 — hyperoleon, 2 — meniscus of the silicone oil, 3 — impregnation of the anterior chamber angle

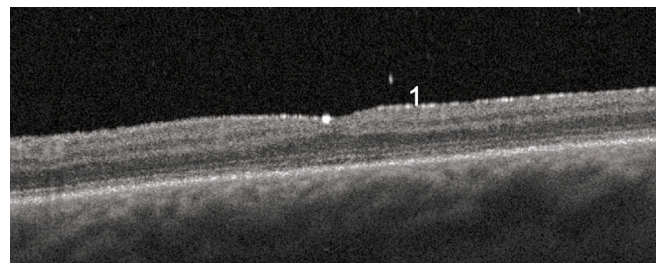


Рис. 4. ОКТ заднего отрезка глаза. 1 — гиперрефлективные включения на поверхности сетчатки

Fig. 4. OCT of the posterior segment of the eye. 1 — hyperreflective inclusions on the surface of the retina

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучению эмульгирования силиконового масла в последнее время посвящено большое количество научных работ в мире. Связано это прежде всего с осложнениями, ассоциированными с длительным нахождением силикона в глазу. Формирование катаракты [14], которое является наиболее частым осложнением, может быть полностью устранено путем замены хрусталика. Более редкими осложнениями являются такие, как кератопатия, обусловленная контактом эндотелия роговицы с силиконом [15], инфекционные осложнения, которые могут сопутствовать любому хирургическому вмешательству на глазах. Однако одной из наиболее значимых проблем, которую следует принимать во внимание при планировании витреоретинальных операций, является вероятность формирования различных вариантов послеоперационной офтальмогипертензии. Как было указано выше, частота подъема внутриглазного давления значимо варьирует по данным разных авторов [1, 2]. При этом необходимо различать офтальмогипертензию раннего послеоперационного периода, обусловленную избыточным объемом вводимого в витреальную полость СМ [1, 3], реакцией глаз на топические стероиды, входящие в стандартную схему ведения после операции, реакцией тканей глаза со стороны трабекулы или цилиарного тела на периоперационный стресс, и прямой контакт с СМ. Более значимым в плане необратимой потери зрительных функций является подъем ВГД в поздний послеоперационный период на фоне эмульгации силиконового масла, его диффузии в передние сегменты глазного яблока.

Механизмы эмульгации силикона до конца не изучены, но считается, что в результате взаимного движения относительно друг друга пузырька СМ, внутриглазной жидкости с остатками стекловидного тела, тканей глаза происходит преодоление сил поверхностного натяжения на границе раздела фаз «пузырек СМ — вода». Это вызывает диспергирование силикона (формирование более мелких частиц вещества), а затем при участии поверхностно-активных веществ (сурфактантов) начинается смешивание пузырьков СМ с водянистой влагой — эмульгирование [11]. Причем наличие сурфактантов является обязательным условием для данного процесса, что было доказано в ходе научных исследований [16]. Логично предположить, что чем длительнее тампонада витреальной полости СМ, тем больше вероятность его эмульгирования. С учетом того, что капли эмульгированного СМ имеют размер менее 1 микрона, они, с одной стороны, легко проникают в трабекулярную сеть, нарушая отток водянистой влаги, с другой стороны, полное их удаление из структур глаза представляется невозможным. Таким образом, при длительной тампонаде силиконом витреальной полости все пациенты находятся в группе риска развития СИГ либо уже имеют развитую стадию заболевания. Безусловно, витреоретинальные хирурги хорошо осведомлены о возможных «подводных

камнях» силиконовой тампонады и при возможности стремятся минимизировать длительность нахождения СМ в глазу. Однако при тяжелом диабетическом поражении глаза или рецидивирующей отслойке сетчатки возникает необходимость в пролонгировании тампонады, тогда любой дополнительный инструмент может быть полезен для правильного принятия решения.

Для детальной оценки степени эмульгации силикона и его диффузии в передний сегмент глазного яблока на существующем этапе развития офтальмологии успешно применяются такие инструментальные методы, как ОКТ и УБМ. Преимущества их очевидны: скорость и точность обследования, малая инвазивность.

Обзор литературных данных, посвященных этой проблеме, показал, что оценка степени эмульгации в большинстве работ проводилась с использованием ультразвуковых методов диагностики [17–19], что объясняется принципом работы этих приборов. Прохождение волн ультразвука через структуры глаза, их отражение и возвращение к источнику излучения происходят независимо от оптической плотности и от размеров объекта. Поэтому капли СМ даже в несколько микрон, взвешенные во влаге передней камеры глаза, могут быть обнаружены. В отличие от этого, при проведении ОКТ пузырьки силикона будут визуализироваться за счет отраженного сигнала в виде гиперрефлективных границ только в случае контакта масла со структурами переднего сегмента глаза (радужка, роговица) либо в виде гиперрефлективных отражений — призрачных картинок (по аналогии с ультразвуковыми методами исследования). В случаях, когда свободные капли СМ плавают в водянистой влаге, их обнаружение с помощью ОКТ затруднено, так как, во-первых, свет проходит через пузырьки силикона с минимальными искажениями, а во-вторых, в оптических когерентных томографах при обработке сигналов для подавления проекционных артефактов и улучшения изображений используются алгоритмы усреднения данных [20].

Важным результатом проведенного исследования можно считать выявление признаков эмульгирования силикона, присущих только пациентам с СИГ. Это гиперэхогенность границ угла передней камеры глаза, передней поверхности радужки, наличие гиперэхогенных включений на плоской части и на отростках ЦТ. Присутствие эмульгированного силикона на отростках цилиарного тела было установлено в 100 % случаев у пациентов с СИГ и лишь у одного пациента группы сравнения. Это позволяет предположить, что данный диагностический критерий может являться предвестником формирования силиконовой глаукомы. Для подтверждения данного тезиса требуется проведение большего количества исследований.

В то же время формирование гиперолеона можно рассматривать как наиболее достоверный и информативный показатель уже сформировавшейся претрабекулярной ретенции и СИГ.

Наиболее часто встречаемым показателем у пациентов обеих групп исследования были включения в ПК, представляющие собой мелкие фракции пузырьков силикона, плавающих во влаге ПК. Это говорит о том, что по истечении 5 месяцев процесс эмульгации в той или иной мере запускается у подавляющего числа пациентов с тампонадой СМ.

Наличие эмульгирования силикона в витреальной полости не влияет на изменение гидродинамики глаза, но играет важную роль в прогнозировании зрительных функций. Известно, что стойкие преретинальные капли, обнаруженные с помощью оптической когерентной томографии, статистически связаны с микрокистозными изменениями сетчатки, кистозным макулярным отеком и экссудативной отслойкой сетчатки [21].

С учетом патогенетических механизмов развития силикон-индуцированной глаукомы радикально решить проблему офтальмогипертензии использованием топической гипотензивной терапии либо проведением фистулизирующих антиглаукомных операций в подавляющем большинстве случаев не представляется возможным. В связи с этим ранняя диагностика силиконового эмульгации и, соответственно, своевременное удаление или замена силикона являются актуальными в плане превентивных мероприятий, позволяющих предупредить или отсрочить развитие глаукомы.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование проведено на небольшой выборке, что ставит под сомнение полученные статистические данные. Это обусловлено таким критерием включения, как длительность тампонады более 5 месяцев, которая применяется крайне редко у пациентов с высоким риском развития рецидива отслойки сетчатки и пролиферативной витреоретинопатией. Тем не менее

в работе получены важные первоначальные данные для будущих, более широких исследований.

В работе не рассматривался такой диагностический критерий, как гиперэхогенность задней поверхности радужки, в связи с разноречивыми значениями двух исследователей, которые оценивали протоколы УБМ. Возможно, это явилось следствием сложной дифференциации с естественной гиперэхогенностью этой структуры глаза.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее информативными признаками, свидетельствующими о высоком риске СИГ, являются гиперэхогенность структур цилиарного аппарата (плоской части и его отростков) и угла передней камеры (трабекулярный аппарат, шлеммов канал), а также «призрачные изображения».

2. Гиперолеон является чувствительным, но, вероятно, поздним признаком эмульгирования.

3. При проведении исследований следует учитывать естественную гиперэхогенность пигментного листка радужки.

4. Гиперэхогенные включения в передней камере глаза не имеют прямой связи с риском возникновения СИГ, однако указывают на процесс эмульгирования в целом.

5. Среди инструментальных методов обследования наиболее универсальным стала ультразвуковая биомикроскопия. Диагностические возможности оптической когерентной томографии в контексте обнаружения эмульсии силиконового масла ограничены, применимы только к заднему отрезку глаза при наличии прозрачных оптических сред.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Юрьева Т.Н. — концепция и дизайн работы, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
 Коняева Ю.М. — концепция и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста;
 Михалевиц И.М. — анализ и обработка материала, статистический анализ;
 Евдокевич Т.Н. — сбор, анализ и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kumar H, Talwar D, Thulasidas M, Taneja S. A New Mechanism of Silicone Oil-Induced Glaucoma and Its Management. *Case Reports in Ophthalmological Medicine*. 2022;2022:2343139. doi: 10.1155/2022/2343139.
- Khodeiry MM, Liu X, Sheheithi H, Sayed MS, Lee RK. Slow Coagulation Transscleral Cyclophotocoagulation for Postvitrectomy Patients With Silicone Oil-Induced Glaucoma. *Journal of Glaucoma*. 2021 Sep;30(9):789–794. doi: 10.1097/jgg.0000000000001893.
- Rossi T, Ripandelli G. Pars Plana Vitrectomy and the Risk of Ocular Hypertension and Glaucoma: Where Are We? *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(12):E3994. doi: 10.3390/jcm9123994.
- Branisteanu DC, Moraru AD, Maranduca MA. Intraocular pressure changes during and after silicone oil endotamponade (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2020 Dec;20(6):204. doi: 10.3892/etm.2020.9334.
- Allen C, Dawson E, Aulakh M, Haas CJ. Migration of silicone oil for retinal detachment. *Radiology Case Reports*. 2022 Jun;17(6):1968–1972. doi: 10.1016/j.radcr.2022.03.027.
- De Corral LR, Cohen SB, Peyman GA. Effect of intravitreal silicone oil on intraocular pressure. *Ophthalmic Surg*. 1987 Jun;18(6):446–449.
- Al-Jazzaf AM, Netland PA, Charles S. Incidence and management of elevated intraocular pressure after silicone oil injection. *Journal of Glaucoma*. 2005 Feb;14(1):40–46. doi: 10.1097/01.jgg.0000145811.62095.fa.
- Costarides AP, Alabata P, Bergstrom C. Elevated intraocular pressure following vitreoretinal surgery. *Ophthalmol Clin North Am*. 2004 Dec;17(4):507–512. doi: 10.1016/j.ohc.2004.06.007.
- Ratanapakorn T, Thongmee W, Meethongkam K. Emulsification of Different Viscosity Silicone Oil in Complicated Retinal Detachment Surgery: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. 2020;14:359–367. doi: 10.2147/oph.s242804.
- Marti M, Walton R, Böni C, Zweifel SA, Stahel M, Barthelmes D. Increased intraocular pressure is a risk factor for unexplained visual loss during silicone oil endotamponade. *Retina*. 2017 Dec;37(12):2334–2340. doi: 10.1097/IAE.0000000000001492.
- Kandarakis SA, Petrou P, Doumazos S, Chronopoulou K, Doumazos L, Halkiadakis I, Georgalas I. Combining Perfluorobutylpentane (F4H5) with Glaucoma Drainage Device Implantation for Silicone Oil-Induced Glaucoma: A Pilot Study. *Turk J Ophthalmol*. 2023 Oct 19;53(5):281–288. doi: 10.4274/tjo.galenos.2023.95825.
- Nicolai M, Lassandro N, Franceschi A. Intraocular Pressure Rise Linked to Silicone Oil in Retinal Surgery: A Review. *Vision (Basel, Switzerland)*. 2020 Aug;4(3):E36. doi: 10.3390/vision4030036.
- Mangouritsas G, Mourtzoukos S, Portaliou DM. Glaucoma associated with the management of rhegmatogenous retinal detachment. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. 2013;7:727–734. doi: 10.2147/oph.s42792.
- Coman Cernat CC, Munteanu M, Patoni Popescu SI, Muşat O. Silicone oil complications in vitreoretinal surgery. *Romanian Journal of Ophthalmology*. 2022 Oct-Dec;66(4):299–303. doi: 10.22336/rjo.2022.55.
- Ferrara M, Cocco G, Sorrentino T, Jasani KM, Moussa G, Morescalchi F, Dhawahir-Scala F, Semeraro F, Steel DHW, Romano V, Romano MR. Retinal and Corneal Changes Associated with Intraocular Silicone Oil Tamponade. *J Clin Med*. 2022 Sep 5;11(17):5234. doi: 10.3390/jcm11175234.
- Crisp A, de Juan E Jr, Tiedeman J. Effect of silicone oil viscosity on emulsification. *Arch Ophthalmol*. 1987 Apr;105(4):546–550. doi: 10.1001/archoph.1987.01060040116047.
- Zhao H, Yu J, Zong Y, Jiang C, Zhu H, Xu G. Characteristics of Silicone Oil Emulsification After Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment: An Ultrasound Biomicroscopy Study. *Front Med (Lausanne)*. 2022 Jan 13;8:794786. doi: 10.3389/fmed.2021.794786.

Т.Н.Юрьева, Ю.М. Коняева, И.М. Михалевиц, Т.Н. Евдокевич

Контактная информация: Коняева Юлия Михайловна konyayevayuliya@yandex.ru

Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического...

18. Zhao H, Wu K, Zong Y, Chen Q, Jiang C. Quantitative signs on ultrasound biomicroscopy images associated with the status of silicone oil emulsification within the eye. *Sci Prog.* 2024 Jul-Sep;107(3):368504241281255. doi: 10.1177/00368504241281255.
19. Wu N, Zhang H. Ultrasound biomicroscopy of hyperpressurized eyes following pars plana vitrectomy. *Exp Ther Med.* 2013 Sep;6(3):769–772. doi: 10.3892/etm.2013.1206.
20. Szkulmowski M, Wojtkowski M. Averaging techniques for OCT imaging. *Opt Express.* 2013 Apr 22;21(8):9757–9773. doi: 10.1364/OE.21.009757.
21. Valentin-Bravo FJ, Stanga PE, Reinstein UI, Stanga SEF, Martinez-Tapia SA, Pastor-Idoate S. Silicone oil emulsification: A literature review and role of widefield imaging and ultra-widefield imaging with navigated central and peripheral optical coherence tomography technology. *Saudi J Ophthalmol.* 2024 Jan 6;38(2):112–122. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_193_23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрьева Татьяна Николаевна
доктор медицинских наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Коняева Юлия Михайловна
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0005-2938-4575>

Михалевич Исай Моисеевич
кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой педагогических и информационных технологий
<https://orcid.org/0000-0003-4854-3277>

Евдокевич Татьяна Николаевна
врач-офтальмолог

ABOUT THE AUTHORS

Yurieva Tatiana N.
MD, Professor
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Koniaeva Iuliia M.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0005-2938-4575>

Mihalevich Isai M.
PhD, head of the Department
<https://orcid.org/0000-0003-4854-3277>

Evdokovich Tatiana N.
ophthalmologist