

Изучение взаимодействия заместителей стекловидного тела с поверхностью акриловых интраокулярных линз

М.А. Плехотный¹А.Г. Шичкова²О.С. Кузнецова²А.В. Терещенко^{1,3}И.Г. Трифаненкова^{1,3}Н.Н. Юдина¹, Н.М. Шилов¹

¹ Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

² ООО предприятие «Репер-НН»
ул. Баррикад, 1, литер БЯ, оф. 5, Нижний Новгород, 603003, Российская Федерация

³ Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»
ул. С. Разина, 26, Калуга, 248023, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(4):688–695

Цель исследования: *In vitro* изучить степень адгезии заместителей стекловидного тела, таких как силиконовое масло различной вязкости и перфтордекалин (ПФДС), к ИОЛ из гидрофобного акрилового полимера и оценить взаимодействие заместителей стекловидного тела с ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 в клинических условиях. **Материал и методы.** Для эксперимента были взяты ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23, входящие в наборы РПР-20, изготовленные методом фотополимеризации из биосовместимого пространственно-сшитого гидрофобного акрилового полимера на основе олигомеров и мономеров метакрилового ряда с фильтрами ультрафиолетовой области спектра от 19 до 23 D, и силиконовые масла разной вязкости: RS-OIL 2000 (Alchimia), SIL-5000-S (DORC), Oхane 5700 (Bausch&Lomb), ПФДС (перфтордекалин) Dk-line (Bausch&Lomb) и физиологический раствор — натрия хлорид 0,9 % (Солофарм). **Результаты.** Выявлено снижение степени адгезии силикона к поверхности акриловых гидрофобных ИОЛ по мере повышения температуры не менее чем на 1,5 %. Подтверждено отсутствие зависимости степени адгезии от степени вязкости силиконового масла, что соответствует данным литературы. Впервые получены данные по среднему проценту адгезии перфтордекалина к поверхности ИОЛ, в частности модели МИОЛ-Soft-23. Диапазон значений колебался от 0,7 до 7,2 %, средний процент покрытия $1,9 \pm 1,3$ % (выдержка при 37 ± 1 °C сроком до 14 дней) и $3,4 \pm 1,5$ % (выдержка при комнатной температуре сроком до 14 дней), что говорит о необходимости тщательного интраоперационного контроля полноты удаления капель ПФДС с поверхности ИОЛ. **Заключение.** Наличие риска адгезии остаточных капель силиконового масла и ПФДС к поверхности ИОЛ делает необходимым тщательный интраоперационный контроль полноты удаления заместителей стекловидного тела, а также дальнейший поиск наилучших способов устранения данного осложнения. Проведенный комплекс исследований позволяет рекомендовать применение ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 в осложненных случаях витреальной хирургии.

Ключевые слова: интраокулярная линза, гидрофобный акриловый полимер, силиконовое масло, перфтордекалин, адгезия

Для цитирования: Плехотный М.А., Шичкова А.Г., Кузнецова О.С., Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Юдина Н.Н., Шилов Н.М. Изучение взаимодействия заместителей стекловидного тела с поверхностью акриловых интраокулярных линз. *Офтальмология*. 2023;20(4):688–695. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-688-695>

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

Конфликт интересов отсутствует



Studying the Interaction of Vitreal Substitutes with the Surface of Acrylic Intraocular Lenses

M.A. Plakhotniy¹, A.G. Shichkova², O.S. Kuznetsova², A.V. Tereschenko^{1,3}, I.G. Trifanenkova^{1,3}, N.N. Yudina¹, N.M. Shilov¹

¹ The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation

² Reper-NN
Barricade str., 1, letter BYa, office 5, Nizhny Novgorod, 603003, Russian Federation

³ Kaluga state university named after K.E. Tsiolkovski
Stepan Razin str., 26, Kaluga, 248023, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(4):688–695

Purpose of the study: *In vitro* to study the degree of adhesion of vitreous substitutes, such as silicone oil of various viscosities and perfluorodecalin (PFOS), to hydrophobic acrylic polymer IOLs and evaluate the interaction of vitreous substitutes with the model MIOL-Soft-23 in the clinic. **Material and methods.** IOLs of the model MIOL-Soft-23 were taken for the experiment. MIOL-Soft-23 are included in the RPR-20 set. IOL of the model MIOL-Soft-23 is made by photopolymerization from a biocompatible spatially cross-linked hydrophobic acrylic polymer based on oligomers and monomers of the methacrylic series with filters in the ultraviolet region of the spectrum from 19 to 23 D. For the experiment, silicone oils of different viscosities were taken: RS-OIL 2000 (Alchimia), SIL-5000-S (DORC), Oxane 5700 (Bausch & Lomb), PFOS (perfluorodecalin) Dk-line (Bausch & Lomb). Also, saline sodium chloride 0.9 % (Solofarm) was used. **Results.** Revealed a decrease in the degree of silicone adhesion to the surface of acrylic hydrophobic IOLs as the temperature rises, not less than 1.5 %. The absence of dependence of the degree of adhesion on the degree of viscosity of silicone oil was confirmed, which corresponds to the literature data. For the first time, the average percentage of adhesion of perfluorodecalin to the IOL surface data were obtained, in particular, the MIOL-Soft-23 model. The range of values ranged from 0.7 to 7.2 %. The average coverage percentage is 1.9 ± 1.3 % (exposure at 37 ± 1 °C for up to 14 days) and 3.4 ± 1.5 % (exposure at room temperature for up to 14 days). This confirms the need for careful intraoperative monitoring of the completeness of removal of PFOS droplets from the IOL surface. **Conclusion.** The presence of the risk of adhesion of residual drops of silicone oil and PFOS to the surface of the IOL necessitates careful intraoperative control of the completeness of the removal of vitreous body substitutes, as well as further search for the best ways to eliminate this complication. The conducted complex of studies makes it possible to recommend the use of IOL model MIOL-Soft-23 in complicated cases of vitreal surgery.

Keywords: intraocular lens, hydrophobic acrylic polymer, silicone oil, perfluorodecalin, adhesion

For citation: Plakhotniy M.A., Shichkova A.G., Kuznetsova O.S., Tereschenko A.V., Trifanenkova I.G., Yudina N.N., Shilov N.M. Studying the Interaction of Vitreal Substitutes with the Surface of Acrylic Intraocular Lenses. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(4):688–695. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-688-695>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned
There is no conflict of interests

В настоящее время перфторорганические жидкости (ПФОС) и силиконовое масло достаточно часто используются для внутриглазной тампонады в витреоретинальной хирургии при лечении тяжелых форм отслойки сетчатки, пролиферативной диабетической ретинопатии, последствий тяжелых проникающих ранений и других патологических состояниях глаз. Причем в ряде случаев требуется тампонада витреальной полости в течение длительного времени: дни и недели для ПФОС и месяцы, а иногда и годы для силиконового масла.

Кроме того, в последние годы наблюдается увеличение случаев комбинированных хирургических вмешательств, при которых производятся реконструктивные вмешательства не только на заднем, но и на переднем отрезке глаза. В этих случаях одновременно производится факоэмульсификация либо лентэктомия, пластика радужки и имплантация различных моделей ИОЛ.

Вместе с тем выбор оптимальной модели ИОЛ достаточно труден в каждом конкретном случае, ведь хирургу приходится учитывать не только изменение рефракции глаза на фоне тампонады, но и возможное взаимодействие материалов, применяемых для тампонады витреальной

полости, с материалом ИОЛ. Одним из частных случаев такого взаимодействия является адгезия капель ПФОС и силиконового масла к поверхности ИОЛ, что приводит к ухудшению качества зрения пациентов [1–3].

Исследования, проведенные *in vitro*, показали, что степень адгезии силиконового масла зависит от свойств биоматериала ИОЛ, в первую очередь от гидрофобности материала. Было показано, что линзы из акрилового полимера имеют меньшую адгезию к силиковому маслу, чем модели на основе силикона, поскольку адгезия пропорциональна гидрофобности, а силикон является более гидрофобным, чем акриловый материал [4–8]. По мере разработки новых материалов для ИОЛ изучение степени адгезии силиконового масла *in vitro* помогает оценить возможность применения их в осложненных случаях, требующих использования заместителей стекловидного тела [9].

Учитывая также высокую потенциальную опасность оставления капель ПФОС в витреальной полости, нами был проведен ряд исследований по изучению степени адгезии капель ПФОС к поверхности ИОЛ. По нашему опыту и данным литературы, механически капли ПФОС

достаточно легко удаляются с поверхности ИОЛ струей BSS либо наконечником витреотома. Однако зачастую хирурги, не обратившие достаточного внимания на этот момент хирургии, особенно при условии сниженной визуализации, могут столкнуться с неприятным сюрпризом в послеоперационном периоде, так как наличие значительного количества ПФОС в витреальной полости может вести к повреждению клеток сетчатки и усилению воспалительных реакций [10].

Цель исследования: *In vitro* изучить степень адгезии заместителей стекловидного тела, таких как силиконовое масло различной вязкости и перфтордекалин (ПФОС), к ИОЛ из гидрофобного акрилового полимера и оценить взаимодействие заместителей стекловидного тела с ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 в клинике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Учитывая отсутствие стандартизированных подходов к проведению исследования материала ИОЛ с заместителями стекловидного тела, в своей работе мы опирались на данные литературы [9].

Материалы

Для эксперимента была взята ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23, входящая в наборы RPP-20, изготовленная методом фотополимеризации из биосовместимого пространственно-сшитого гидрофобного акрилового полимера на основе олигомеров и мономеров метакрилового ряда с фильтрами ультрафиолетовой области спектра от 19 до 23 D, и силиконовое масло разной вязкости: RS-OIL 2000(Alchimia), SIL-5000-S (DORC), Oхane 5700 (Bausch&Lomb), ПФОС (перфтордекалин) Dk-line (Bausch&Lomb) и физиологический раствор (Солофарм).

Методы

1) Методика проведения адгезии силиконового масла и ПФОС к поверхности ИОЛ

На первом этапе стерильные ИОЛ извлекали из контейнера и помещали на дно сухого чистого бюкса в горизонтальном положении таким образом, чтобы оптические части ИОЛ не соприкасались, и заливали физраствором. Оставляли не менее чем на 12 часов при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ либо при комнатной температуре. На втором этапе ИОЛ извлекали и помещали в сухой чистый бюкс и приливали масло. Оставляли не менее чем на 12 часов при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ либо при комнатной температуре. После этого ИОЛ извлекали из масла, помещали в сухой чистый бюкс, заливали дистиллированной водой. Выдерживали в течение 5–10 минут, после этого извлекали из воды и помещали на специальный «столик» и в кювету, заполненную водой. Схема выдержки ИОЛ изображена на рисунке 1.

Затем проводилось фотографирование ИОЛ с двух сторон. При этом ИОЛ располагали так, чтобы ее оптическая часть не касалась краев «столика» и стенок кюветы. Такое расположение ИОЛ позволяет делать качественное фото с обеих сторон, не извлекая ИОЛ из кюветы. Фотографирование ИОЛ, выдержанных в ПФОС, проводили несколько иначе: их размещали не на «столик», а на боковую стенку кюветы.

Фотографирование выполняли камерой Samsung S5KGM1, 48МП высокого разрешения со штатива через окуляр микроскопа при 20-кратном увеличении под стереомикроскопом «Альтами CM0745».

2) Количественная оценка степени адгезии силиконового масла и ПФОС

Количественный подсчет степени покрытия ИОЛ проводили с использованием программы для обработки изображений ImageJ. Для этого загружали фотографию ИОЛ, измеряли общую площадь оптической части ИОЛ, затем измеряли площадь капель с каждой стороны. Степень адгезии силиконового масла и ПФОС считали как среднее значение отношения суммы площадей капель масла к площади поверхности ИОЛ.

3) Изучение взаимодействия заместителей стекловидного тела и ИОЛ в клинике

В клинической части исследования нами было прооперировано 10 пациентов (6 мужчин, 4 женщины) в период с января 2022 по июнь 2023 года. Все пациенты имели дислокацию нативного

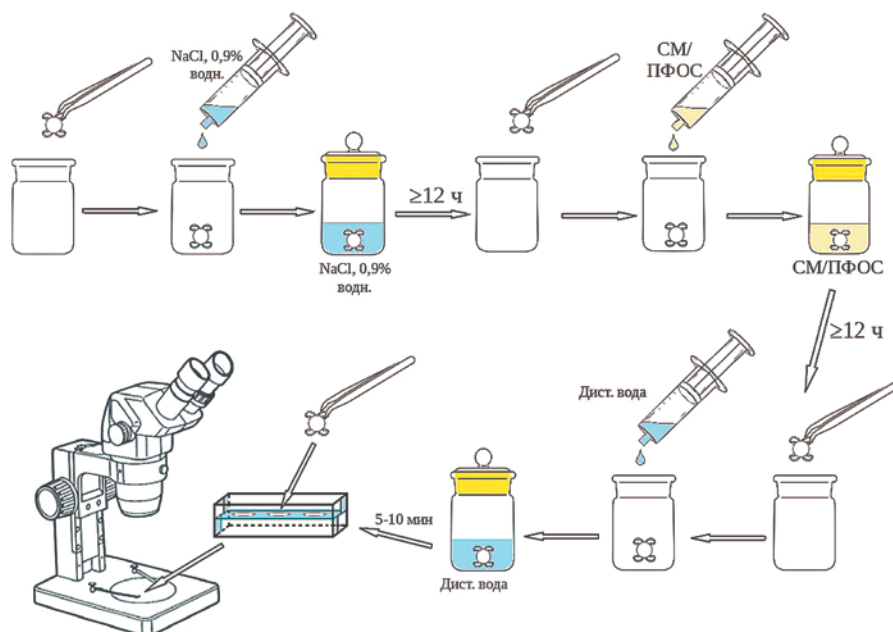


Рис. 1. Схема проведения исследования

Fig. 1. Scheme of the study

хрусталика в витреальную полость и тотальную воронкообразную отслойку сетчатки. В ходе хирургического лечения у всех пациентов применяли краткосрочную тампонаду ПФОС с целью подъема дислоцированного хрусталика в передние отделы стекловидного тела с дальнейшим его удалением. Всем пациентам производили краткосрочную, сроком на 4 дня, тампонаду витреальной полости раствором ПФОС с дальнейшей длительной, на срок не менее 3 месяцев, тампонадой витреальной полости силиконовым маслом. Всем пациентам в ходе хирургического вмешательства была имплантирована ИОЛ МИОЛ-Soft-23 со склеральной фиксацией.

Определение степени взаимодействия ИОЛ и заместителей стекловидного тела оценивали клинически по наличию прилипания капель ПФОС или силиконового масла к поверхности ИОЛ при их удалении из стекловидного тела. В послеоперационном периоде всем пациентам, помимо стандартного офтальмологического исследования, выполняли биомикроскопию и фоторегистрацию переднего отдела глаза, что позволяло оценить наличие остаточных капель ПФОС или силиконового масла на поверхности. Срок наблюдения составил от 2 до 14 месяцев.

Таблица 1. Значения величины адгезии силиконового масла различной вязкости к поверхности гидрофобной ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23, выдержанной при разной температуре

Table 1. Values of adhesion of silicone oils of various viscosities to the surface of hydrophobic IOLs of the MIOL-Soft-23 model, kept at different temperatures

Силиконовое масло / Silicone oil	Температура выдержки / Holding temperature	Среднее значение / Average value, %	Диапазон значений / Range of values, %	Среднее квадратичное отклонение SD / Standard deviation SD, %
RS-OIL 2000 (Alchimia)	$37 \pm 1^\circ\text{C}$	8,3	4,6–13,7	4,8
	$t^\circ_{\text{ком.}}$	14,1	9,0–19,2	3,6
SIL-5000-S (DORC)	$37 \pm 1^\circ\text{C}$	11,8	2,6–18,0	8,1
	$t^\circ_{\text{ком.}}$	13,4	3,4–20,7	5,5
Oxane 5700 (Bausch&Lomb)	$37 \pm 1^\circ\text{C}$	12,4	4,9–19,8	7,4
	$t^\circ_{\text{ком.}}$	14,7	9,5–20,6	3,5

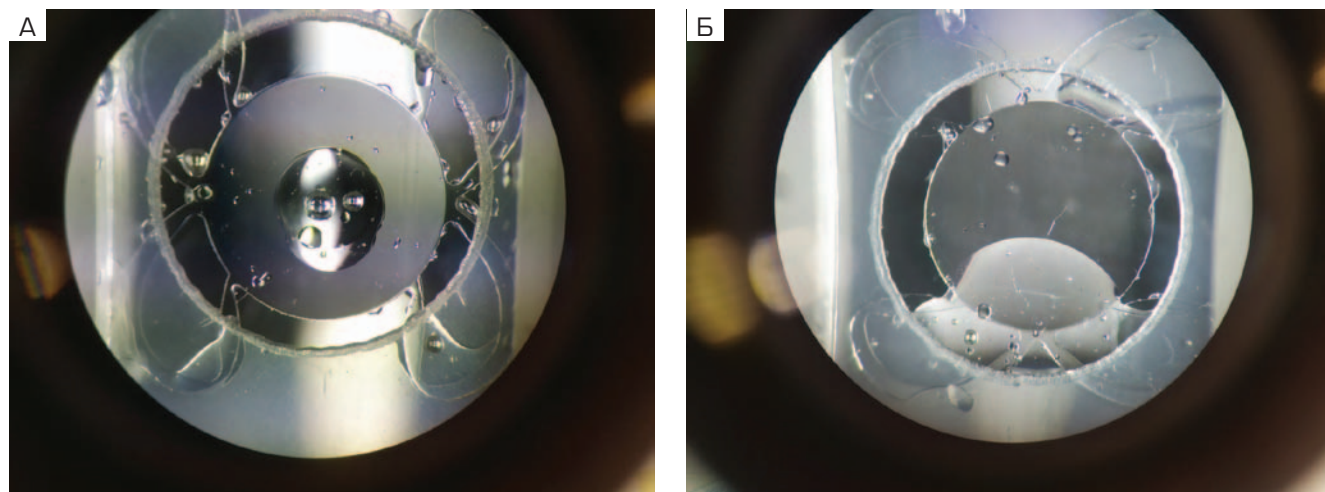


Рис. 2. Фотографии ИОЛ, выдержанных в силиконовом масле: А — пример фотографии с каплями масла; Б — капли масла, которые стекли в гаптическую часть ИОЛ

Fig. 2. Photographs of IOLs soaked in silicone oil: A — an example of a photograph with oil drops; B — drops of oil flowing into the haptic part of the IOL

РЕЗУЛЬТАТЫ

Адгезия силиконового масла МИОЛ-Soft-23

Общие результаты расчетов площади покрытия ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 для каждого типа силиконового масла, полученные при разных температурах, представлены в таблице 1; пример фото ИОЛ с каплями масла представлен на рисунке 2А. Средний процент адгезии силиконового масла к поверхности ИОЛ при выдержке в условиях комнатной температуры варьировал в диапазоне 13,4–14,7 % (пересчет на одну сторону ИОЛ), а при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ — в диапазоне 8,3–12,4 %. При этом вязкость масла не оказывала заметного влияния на степень адгезии, тогда как повышение температуры снижало ее не менее чем на 1,5 %. Среднее значение процента адгезии масла при этом во всех случаях не превышало 15 %.

Следует также отметить, что геометрия ИОЛ в некоторой степени влияла на результат исследований. Объект исследования — ИОЛ с закрытой гаптической частью («петля»), поэтому удаление масла с поверхности ИОЛ может быть осложнено тем, что масло стекало в эти петли и задерживалось в них (рис. 2Б).

Таблица 2. Значения величины адгезии перфтордекалина (ПФОС) различной вязкости к поверхности гидрофобной ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23, выдержанной при разной температуре**Table 2.** Values of adhesion of perfluorodecalin (PFOS) of various viscosities to the surface of hydrophobic IOLs of the MIOL-Soft-23 model, kept at different temperatures

Время выдержки / Holding time	Температура выдержки / Holding temperature	Среднее значение / Average value, %	Диапазон значений / Range of values, %	Среднее квадратичное отклонение SD / Standard deviation SD, %
3 дня / 3 days	37 ± 1°C	0,8	0,8–0,8	0,0
	t° _{КОМБЛ}	1,8	1,0–2,6	1,1
7 дней / 7 days	37 ± 1°C	3,0	1,5–4,6	2,2
	t° _{КОМБЛ}	5,5	3,8–7,2	2,4
14 дней / 14 days	37 ± 1°C	1,9	0,7–3,1	1,8
	t° _{КОМБЛ}	3,0	2,3–3,6	0,9

Таблица 3. Сводные литературные данные для гидрофобных акриловых ИОЛ**Table 3.** Summary of literature data for hydrophobic acrylic IOLs

Модель ИОЛ, производитель / IOL Model, manufacturer	Материал ИОЛ / IOL material	Силиконовое масло / производитель / Silicone oil / manufacturer	Адгезия масла / Oil adhesion, %	Диапазон значений / Range of values, %	Среднее квадратичное отклонение SD / Standard deviation SD, %	Литература / Literature
ClareonCNA0T0, AlconLaboratories	Гидрофобные акриловые (желтые) / Hydrophobic acrylic (yellow)	Siluron5000, GeuderAG	8	4–22	4	Gerd U. Auffarth, 2021
AcrySofSN60WF, AlconLaboratories	Гидрофобные акриловые (желтые) / Hydrophobic acrylic (yellow)	Siluron5000, GeuderAG	9	1–17	4	
(Модель не указана) / Model not specified, Alconand-Allergan MedicalOptics	Мягкая акриловая / Soft acrylic	AdatoSil 5000, Escalon Ophthalmics	33,7	15,0–57,6	13,9	DavidJ.Apple, 1997
FV-60A, 66VisionTechCo. Ltd., China	Однокомпонентные гидрофобные акриловые / One-part hydrophobic acrylic	RT Sil-01 5000, Acric TecGmbH	33,23	–	8,89	Xiao-Dan Huang, 2012
AcrySof-SA60AT, Alcon	Однокомпонентные гидрофобные акриловые / One-part hydrophobic acrylic	Silicon 1000, Richard-JamesInc	15,7	16,5–17,4	2,7	Hakan F. Öner, 2003
		Oxane, 1300Chauvin-Opia	15,2	14,8–15,7	0,6	
		Acrisil, 5000Acritec	14,9	14,1–15,8	1,2	
AcrySof, Alcon	Гидрофобные акриловые / Hydrophobic acrylic	AdatoSil 1000, Escalon Ophthalmic	17,1	13,9–21,8	3,2	E. McLoone, 2001
SenSarAR40, Allergan	3-компонентная акриловая (гаптика из ПММА) / 3-part acrylic (PMMA haptics)	AdatoSil 1000, Escalon Ophthalmic	21,5	17,2–24,9	2,7	E. McLoone, 2001
Raysoft, Rayner	Гидроксиэтилметакрилат / Hydroxyethylmeth acrylate	AdatoSil 1000, Escalon Ophthalmic	5,2	3,0–7,5	1,7	E. McLoone, 2001
МИОЛ-Soft-23, Reper	Гидрофобные акриловые / Hydrophobic acrylic	RS-OIL 2000, Alchimia	8,3 14,1	4,6–13,7 9,0–19,2	4,8 3,6	Наши данные / Our data
		SIL-5000-S, DORC	11,8 13,4	2,6–18,0 3,4–20,7	8,1 5,5	
		Oxane 5700, Bausch&Lomb	12,4 14,7	4,9–19,8 9,5–20,6	7,4 3,5	

Адгезия перфторорганического соединения (ПФОС) — перфтордекалина

В таблице 2 представлены результаты величины адгезии для ИОЛ, выдержанной разное время в ПФОС при разных температурах. Среднее значение процента прилипания ПФОС к поверхности ИОЛ, выдержанной разное время, составляет 0,8–5,5 %. Ни время выдержки, ни температура не оказывали влияние на величину адгезии, во всех случаях эта величина не превышала 7,5 %. При этом ПФОС легко удалялся с поверхности ИОЛ механически под действием струи физиологического раствора, после этого заметных капель ПФОС на поверхности ИОЛ не оставалось.

По данным литературы, акриловые ИОЛ имеют разную степень адгезии к силиконовому маслу, и они в настоящее время широко применяются в случае сложных витреоретинальных вмешательств.

В таблице 3 представлены сводные литературные данные для гидрофобных акриловых ИОЛ. В представленных источниках информации значения площади адгезии гидрофобных ИОЛ различных моделей и производителей варьируют от 5,2 % (RaySoft, ИОЛ из смешанной композиции, не является чисто гидрофобной) до 33,23 % (ИОЛ FV-60A). Среднее значение площади покрытия маслом рассмотренных ИОЛ колеблется в пределах 15 %.

Результаты взаимодействия заместителей стекловидного тела и ИОЛ МИОЛ-Soft-23 в клинике

Ни в одном случае интраоперационного применения ПФОС, в том числе и при интравитреальном оставлении ПФОС на срок до 4 суток, нами не было выявлено наличие остаточных капель ПФОС на поверхности ИОЛ либо в витреальной полости.

Завершение силиконовой тампонады было произведено у 8 из 10 пациентов. Причем у 2 из них было обнаружено прилипание остаточных капель силиконового масла к задней поверхности ИОЛ. Эти капли плохо смывались при помощи физиологического раствора или вискоэластика и были удалены с помощью наконечника витреотома [3]. Причем мелкие остаточные капли силиконового масла на поверхности ИОЛ сохранялись в течение всего срока наблюдения.

ОБСУЖДЕНИЕ

В 1990-х годах в нескольких исследованиях сообщалось о редком клиническом осложнении, встречающемся при использовании силиконового масла. Пациентам с имплантированной силиконовой ИОЛ потребовалась витреоретинальная операция с тампонадой силиконовым маслом, и впоследствии у них наблюдалось снижение остроты зрения и зрительные аберрации. Хирурги выявляли капли силиконового масла, прилипшие к линзам; попытки удаления масла с помощью инструментов для витрэктомии и аспирации не увенчались успехом [3].

В дальнейшем были проведены исследования *in vitro* для оценки адгезии силиконового масла к ИОЛ из различных материалов и к хрусталику энуклеированного глаза человека, которые показали среднее значение адгезии $\pm$ стандартное отклонение $11 \pm 6 \%$ [1]. Масло легко удалялось с поверхности хрусталика путем введения вискоэластика. Эти исследования положили начало исследованию степени адгезии силиконового масла со многими типами и материалами ИОЛ.

При проведении исследований нами было выявлено несколько интересных фактов, не описанных в литературе ранее. Например, было показано снижение степени адгезии силикона к поверхности акриловой гидрофобной ИОЛ по мере повышения температуры не менее чем на 1,5 %. Было подтверждено отсутствие зависимости степени адгезии от степени вязкости силиконового масла, что соответствует данным литературы [9].

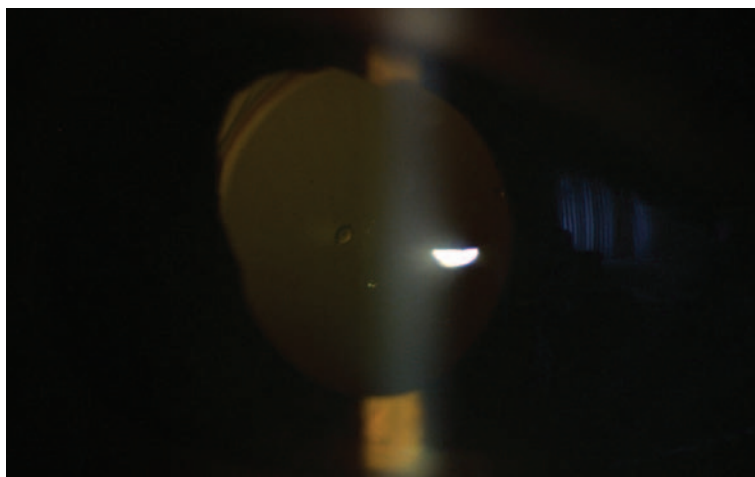


Рис. 3. Адгезия единичной капли СМ в оптической зоне ИОЛ

Fig. 3. Adhesion of a single SM drop in the optical zone of the IOL

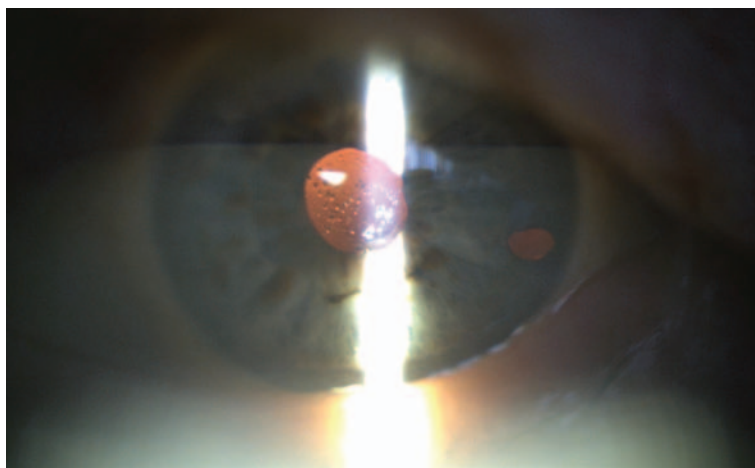


Рис. 4. Адгезия множественных мелких капель силиконового масла на поверхности ИОЛ после удаления силиконового масла

Fig. 4. Adhesion of multiple small droplets of silicone oil on the IOL surface after removing the silicone oil.

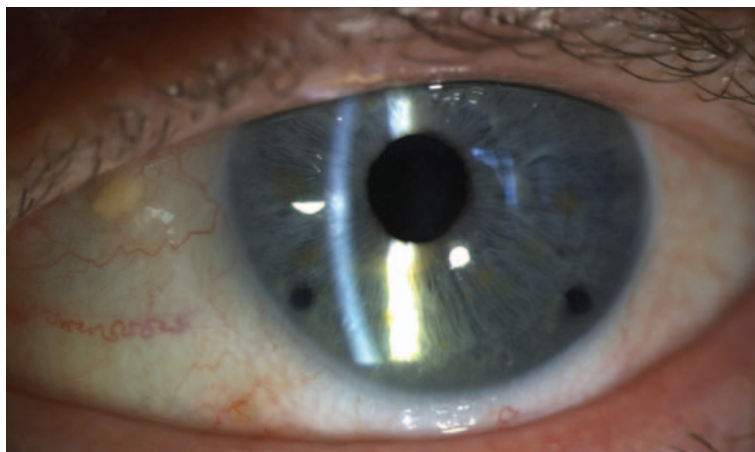


Рис. 5. ИОЛ МИОЛ-Soft-23 фиксирована склерально, силикон удален, острота зрения 0.3, поверхность ИОЛ чистая

Fig. 5. IOL MIOL-Soft-23 fixed sclerally, silicone removed, visual acuity 0.3, IOL surface clean

Нами впервые были получены данные по среднему проценту адгезии перфтордекалина к поверхности ИОЛ, в частности модели МИОЛ-Soft-23. Диапазон значений колебался от 0,7 до 7,2 %, средний процент покрытия $1,9 \pm 1,3$ % (выдержка при 37 ± 1 °C сроком до 14 дней) и $3,4 \pm 1,5$ % (выдержка при комнатной температуре сроком до 14 дней), что говорит о необходимости тщательного интраоперационного контроля полноты удаления капель ПФОС с поверхности ИОЛ.

В настоящее время ведется активный поиск новых, перспективных и безопасных заместителей стекловидного тела. В качестве подобных материалов рассматриваются такие соединения, как гиалуроновая кислота, гидрогель, хитозан, коллаген, геллан, альгинат [11]. По-видимому, в скором времени возможно проведение клинических испытаний таких соединений, как глицидилметакрилат гиалуроновой кислоты, поливиниловый (модифицированный) спирт, поли(этиленгликоль), поли(пропиленгликоль) и поли(ε-капролактон).

В настоящее время не существует стандартизованных методик исследования взаимодействия ИОЛ с заместителями стекловидного тела. По нашему мнению, использованный в нашей работе метод является наиболее адекватным и приближенным к реальности, поэтому он может стать основой для стандартизации

исследования совместимости новых ИОЛ с различными, в том числе и перспективными, заместителями стекловидного тела [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наличие риска адгезии остаточных капель силиконового масла и ПФОС к поверхности ИОЛ делает необходимым тщательный интраоперационный контроль полноты удаления заместителей стекловидного тела, а также дальнейший поиск наилучших способов устранения данного осложнения.

2. Полученные нами результаты полностью соответствуют данным литературы для аналогичных моделей ИОЛ. Материал ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 обладает степенью адгезии к силиковому маслу, сопоставимой с зарубежными аналогами.

3. Проведенный комплекс исследований позволяет рекомендовать применение ИОЛ модели МИОЛ-Soft-23 в осложненных случаях витреальной хирургии.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Плахотный М.А. — разработка и дизайн исследования, написание текста статьи; Шичкова А.Г. — анализ и интерпретация данных, написание текста статьи; Кузнецова О.С. — сбор исходных данных, написание текста статьи; Терещенко А.В. — окончательное утверждение рукописи; Трифаненкова И.Г. — критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания, редактирование текста; Юдина Н.Н. — анализ и интерпретация данных, редактирование текста; Шилов Н.М. — анализ и интерпретация данных, подготовка иллюстраций.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Apple DJ, Federman JL, Krocklitz TJ, Sims JC, Kent DG, Hamburger HA, Smiddy WE, Cox Jr MS, Hassan TS, Compton SM, Thomas SG. Irreversible silicone oil adhesion to silicone intraocular lenses. A clinicopathologic analysis. *Ophthalmology*. 1996;103(10):1555–1562. doi: 10.1016/s0161-6420(96)30463-6.
- McLoone E, Mahon G, Archer D, Best R. Silicone oil-intraocular lens interaction: which lens touse? *Br J Ophthalmol*. 2001;85:543–545. doi: 10.1136/bjo.85.5.543.
- Kusaka S, Kodama T, Ohashi Y. Condensation of silicone oil on the posterior surface of a silicone intraocular lens during vitrectomy. *American Journal of Ophthalmology*. 1996;121(5):574–575. doi: 10.1016/s0002-9394(14)75436-4.
- Arthur SN, Peng Q, Apple DJ, Escobar-Gomez M, Bianchi R, Pandey SK, Werner L. Effect of heparin surface modification in reducing silicone oil adherence to various intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2001;27(10):1662–1669. doi: 10.1016/s0886-3350(01)00891-4.
- Apple DJ, Isaacs RT, Kent DG, Martinez LM, Kim S, Thomas SG, Basti S, Barker D, Peng Q. Silicone oil adhesion to intraocular lenses: An experimental study comparing various biomaterials. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(4):536–44. doi: 10.1016/s0886-3350(97)80210-6.
- Rosca C, Munteanu M, Tamasoi I, Petrovic Z, Balica N, Nicula C, Cretu O. Calcification of hydrophilic acrylic intraocular lens in eyes with silicone oil tamponade — an interventional case series report. *Acta Ophthalmologica*. 2016;94(6):625–627. doi: 10.1111/aos.12887.
- Huang XD, Li HY, Lin L, Yao K. Reduced silicone oil adherence to silicone intraocular lens by surface modification with 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine. *Current Eye Research*. 2013;38(1):91–96. doi: 10.3109/02713683.2012.704477.
- Öner HF, Saatci OA, Sarioglu S, Durak I, Kaynak S, Çabuk M. Interaction of Intraocular Lenses with Various Concentrations of Silicone Oil: An Experimental Study. *Ophthalmologica*. 2003;217:124–128. doi: 10.1159/000068561.
- Auffarth GU, Fang H, Wang Q, Hengerer F, Khoramnia R, Son HS, Schichardt S. Silicone Oil Adhesion to Hydrophobic Acrylic Intraocular Lenses: A Comparative Laboratory Study of a New versus an Established Hydrophobic Acrylic Intraocular Lens Material. *Journal of Ophthalmology*. 2021;10:1387987. doi: 10.1155/2021/1387987.
- Mertens S, Bednarz J, Engelmann K. Evidence of toxic side effects of perfluorohexyloctane after vitreoretinal surgery as well as in previously established in vitro models with ocular cell types. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2002;240(12):989–995. doi: 10.1007/s00417-002-0561-0.
- Schulz A, Szurman P. Vitreous Substitutes as Drug Release Systems. *Transl Vis Sci Technol*. 2022;11(9):14. doi:10.1167/tvst.11.9.14.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Плахотный Михаил Алексеевич
кандидат медицинских наук, заведующий оперблоком
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-4099-819X>

ООО предприятие «Репер-НН»
Шичкова Анна Геннадьевна
начальник производства и разработок
ул. Баррикад, 1, литер БЯ, оф. 5, Нижний Новгород, 603003, Российская Федерация

ООО предприятие «Репер-НН»
Кузнецова Ольга Сергеевна
сотрудник
ул. Баррикад, 1, литер БЯ, оф. 5, Нижний Новгород, 603003, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Plakhotniy Mikhail A.
PhD, head of Operations unit
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-4099-819X>

Reper-NN
Shichkova Anna G.
head of production and development
Barricade str., 1, letter BYa, office 5, Nizhny Novgorod, 603003, Russian Federation

Reper-NN
Kuznetsova Olga S.
employee
Barricade str., 1, letter BYa, office 5, Nizhny Novgorod, 603003, Russian Federation

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
 Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»
 Терещенко Александр Владимирович
 доктор медицинских наук, директор филиала, профессор
 ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
 ул. С. Разина, 26, Калуга, 248023, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
 Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»
 Трифаненкова Ирина Георгиевна
 доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, профессор
 ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
 ул. С. Разина, 26, Калуга, 248023, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
 Юдина Нина Николаевна
 кандидат медицинских наук, заведующая отделением витреоретинальной хирургии
 ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-2135-8162>

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
 Шилов Николай Михайлович
 кандидат медицинских наук, заведующий приемным отделением
 ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-2392-3049>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
 Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski
 Tereschenko Alexander V.
 MD, director, Professor
 Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
 Stepan Razin str., 26, Kaluga, 248023, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
 Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski
 Trifanenkova Irina G.
 MD, deputy director for research, Professor
 Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
 Stepan Razin str., 26, Kaluga, 248023, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
 Yudina Nina N.
 PhD, head the of Vitreoretinal surgery department
 Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-2135-8162>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
 Shilov Nikolai M.
 PhD, head of the Reception department
 Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-2392-3049>



ПЕРВЫЕ В РОССИИ

Компания Reper первой в России сделала мягкую линзу в 2004 году.

В 2023 году линзы Reper занимают самую большую долю российского рынка.

РЕКЛАМА

МИОЛ-Soft-23
 Создана совместно с Чебоксарским филиалом МНТК и в дальнейшем развития в сотрудничестве со Старостиним В.А.

Горячая линия
 для пациентов и врачей:
 +7 (831) 229-60-39
www.reper.ru