

UOT: 617.735-007.281-089

Qasimov E.M., Hacı İ.F.

**SİLİKON TAMPONADASININ TORLU QIŞANIN VƏ GÖRMƏ SINIRI MƏMƏCIYİNİN MİKROSİRKULYASIYASINA TƏSİRİNİN DƏYƏRLƏNDİRİLMƏSİNDƏ OPTİK KOHERENT TOMOQRAFIYA-ANGİOQRAFIYASININ ROLU (ƏDƏBİYYAT İCMALI)**

Akademik Zərifə Əliyeva adına  
Milli Oftalmologiya Mərkəzi,  
Cavadxan küç., 32/15  
AZ1114, Bakı şəh., Azərbaycan

**Korrespondensiya üçün:**  
Hacı İnara Fikrət qızı, Akademik  
Zərifə Əliyeva adına Milli  
Oftalmologiya Mərkəzinin  
"Şəkərli diabet göz fəsadları  
və tor qişanın patologiyası"  
şöbəsinin həkim-oftalmoloqu  
E-mail: inara89.iz@gmail.com  
https://orcid.org/  
0009-0001-3067-6445

**İstinad üçün:**  
Qasimov E.M., Hacı İ.F. Silikon  
tamponadasının torlu qişanın  
və görmə siniri məməciyinin  
mikrosirkulyasiyasına təsirinin  
dəyərləndirilməsində optik koherent  
tomoqrafiya-angioqrafiyasının rolu  
(ədəbiyyat icmalı).  
Azərbaycan Oftalmologiya Jurnalı,  
2024, 4 (51): 107-120. (Rus dilində).

*Müəlliflər münafiqələrin (maliyyə,  
şəxsi, peşəkar və digər maraqları)  
olmamasını təsdiqləyirlər*

Daxil olub 14.10.2024  
Çapa qəbul olunub 13.12.2024

<https://doi.org/10.71110/ajo79102024160451107120>

**XÜLASƏ**

Silikon tamponadası (ST) proliferativ diabetik retinopatiya və torlu qişanın reqmatogen qopması kimi xəstəliklərin vitrektomiya əməliyyatlarında geniş istifadə olunur, lakin bəzi hallarda tor qişanın tam funksional bərpaasını təmin etmir. ST-dan sonra izah olunmayan görmə pozğunluqları, struktur və mikrosirkulyasiya dəyişiklikləri ədəbiyyatda qeyd edilmişdir. Ədəbiyyat icmalı ST ilə vitrektomiyadan sonra torlu qişanın reqmatogen qopması olan gözlərdə torlu qişanın kapilyar şəbəkəsinin optik koherent tomoqrafiya-angioqrafiyasının (OKT-A) xüsusiyyətlərini araşdıran çoxsaylı tədqiqatlar aşkar etmişdir. Bu tədqiqatlar silikon yağının torlu qişa toxumasına potensial zərərli təsirlərini göstərir.

Mövcud məlumatlar makula və peripapilyar kapilyar pleksusda kəmiyyət baxımından damar dəyişikliklərini nümayiş etdirir. Qeyd etmək lazımdır ki, retinanın müxtəlif bölgələrində mikrosirkulyasiyada dəyişikliklər arasında uyğunsuzluq ola bilər, bu da mikrodamarların müxtəlif mənşəyilə əlaqəli ola bilər. ST olunan gözlərin struktur və funksional dəyişikliklərinin (səbəbsiz görmə itkisi daxil olmaqla) patofiziologiyasının əsasında torlu qişanın mikrosirkulyasiyasının pozulmasıdır.

OKT-A xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, faydalı biomarkerlərin axtarışı, əməliyyatdan sonrakı ümumi yanaşmaya töhfə vermək kömək edir və xəstələrə proqnozla bağlı məsləhət vermək qabiliyyətini yaxşılaşdırır. OKT-A göstəriciləri ST-in retinal və peripapilyar mikrosirkulyasiyaya təsirini qiymətləndirmək üçün faydalı biomarkerlər kimi istifadə edilə bilər. Əməliyyatdan sonrakı funksional nəticələri proqnozlaşdırılması üçün OKT-A vasitəsilə qan axınının dəyişiklikləri haqqında əldə olunan məlumatının praktik əhəmiyyəti yüksəkdir.

**Açar sözlər:** silikon tamponadası, optik koherent tomoqrafiya-angioqrafiyası, torlu qişanın reqmatogen qopması, peripapilyar mikrosirkulyasiya

**Gasimov E.M., Haji I.F.****THE ROLE OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY IN ASSESSING THE EFFECT OF SILICONE OIL TAMPONADE ON THE MICROCIRCULATION OF THE RETINA AND OPTIC NERVE HEAD AFTER VITRECTOMY (LITERATURE REVIEW)**<https://doi.org/10.71110/ajo79102024160451107120>

National Ophthalmology  
Centre named after  
Academician Zarifa Aliyeva,  
32/15, Javadkhan str.,  
AZ1114, Baku, Azerbaijan

**For correspondence:**  
Haji Inara Fikrat, Ophthalmologist  
in the Department of complications  
of diabetes mellitus  
and retinal pathology of the  
National Ophthalmology  
Centre named after  
Academician Zarifa Aliyeva  
E-mail: inara89.iz@gmail.com  
[https://orcid.org/  
0009-0001-3067-6445](https://orcid.org/0009-0001-3067-6445)

**For citation:**  
Gasimov E.M., Haji I.F. The role  
of optical coherence tomography  
angiography in assessing  
the effect of silicone oil tamponade  
on the microcirculation of the  
retina and optic nerve head after  
vitrectomy (literature review).  
Azerbaijan Journal of  
Ophthalmology,  
2024, 4 (51): 107-120. (In Russ.).

**SUMMARY**

Silicone oil is widely used as a tamponade method for such vitreoretinal diseases as proliferative diabetic retinopathy and rhegmatogenous retinal detachment, but in some cases does not provide complete functional restoration of the retina and visual functions. Unexplained visual disturbances, structural changes, and microcirculatory changes following silicone oil tamponade (SOT) have been reported in the literature. A literature search revealed numerous studies examining optical coherence tomography angiography (OCTA) characteristics of the retinal capillary network in eyes with rhegmatogenous retinal detachment after vitrectomy with SOT, indicating the potential deleterious effects of silicone oil on retinal tissue.

Available data demonstrate quantitative vascular changes in the macula and peripapillary capillary plexus. It should be noted that there is a discrepancy between changes in microcirculation in different regions of the retina, which may be due to different origins of microvessels. Changes in the retinal microcirculation may provide insight into the pathophysiology underlying structural and functional changes in SOT eyes, including unexplained vision loss.

Studying the characteristics of OCTA has contributed to the search for useful biomarkers that contribute to the overall postoperative approach and have important implications for improving the ability to counsel patients regarding prognosis. OCTA measurements may serve as useful indicators of the effect of SOT on retinal and peripapillary microcirculation. This information is highly relevant to clinical practice, as changes in blood flow may be predictive of postoperative functional outcome.

**Key words:** *silicone oil tamponade, optical coherence tomography angiography, rhegmatogenous retinal detachment, peripapillary microcirculation*

*The authors confirm that there are  
no conflicts (financial, personal,  
professional and other interests).*

Received 14.10.2024  
Accepted 13.12.2024

УДК: 617.735-007.281-089

Касимов Э.М., Хаджи И.Ф.

**РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ-АНГИОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СИЛИКОНОВОЙ ТАМПОНАДЫ НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ СЕТЧАТКИ И ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА ПОСЛЕ ВИТРЕКТОМИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**<https://doi.org/10.71110/ajo79102024160451107120>

Национальный Центр  
Офтальмологии имени  
академика Зарифы Алиевой,  
ул. Джавадхана, 32/15,  
г. Баку, AZ1114, Азербайджан

**Для корреспонденции:**  
Гаджи Инара Фикрет кызы, врач-офтальмолог отдела «Осложнений сахарного диабета и патологии сетчатки» Национального Центра Офтальмологии имени академика Зарифы Алиевой  
E-mail: inara89.iz@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0001-3067-6445>

**Для цитирования:**  
Касимов Э.М., Хаджи И.Ф.  
Роль оптической когерентной томографии-ангиографии в оценке влияния силиконовой тампонады на микроциркуляцию сетчатки и диска зрительного нерва после витректомии (обзор литературы). Азербайджанский Офтальмологический Журнал, 2024, 4 (51): 107-120.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (финансовых, личных, профессиональных и других).*

Поступила 14.10.2024  
Принята к печати 13.12.2024

**РЕЗЮМЕ**

Силиконовое масло широко используется в качестве метода тампонады при таких сложных витреоретинальных заболеваниях, как пролиферативная диабетическая ретинопатия и регматогенная отслойка сетчатки (РОС), однако в некоторых случаях не обеспечивает полного функционального восстановления сетчатки и зрительных функций. В литературе сообщается о необъяснимых нарушениях зрения, структурных изменениях и изменениях микроциркуляции после силиконовой тампонады (СТ). Поиск литературы выявил многочисленные исследования, посвященные характеристикам оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТ-А) капиллярной сети сетчатки в глазах с РОС после витректомии с СТ с указаниями на потенциальное вредное воздействие силиконового масла на ткань сетчатки.

Имеющиеся данные демонстрируют количественные сосудистые изменения в макуле и перипапиллярном капиллярном сплетении. Следует отметить несоответствие между изменениями микроциркуляции в различных регионах сетчатки, что может быть связано с разным происхождением микрососудов. Изменения микроциркуляции сетчатки могут дать представление о патофизиологии, лежащей в основе структурных и функциональных изменений в глазах с СТ, включая необъяснимую потерю зрения. Изучение характеристик ОКТ-А способствовало поиску полезных биомаркеров, которые способствуют общему послеоперационному подходу и имеют важные последствия для улучшения возможности консультировать пациентов относительно прогноза.

Показатели ОКТ-А могут служить полезными индикаторами влияния СТ на микроциркуляцию сетчатки и перипапиллярную микроциркуляцию. Эта информация весьма актуальна для клинической практики, поскольку изменения кровотока могут служить прогностическим фактором послеоперационных функциональных результатов.

**Ключевые слова:** *силиконовая тампонада, оптическая когерентная томография-ангиография, регматогенная отслойка сетчатки, перипапиллярная микроциркуляция*

Силиконовое масло (СМ) широко используется в качестве метода тампонады при таких сложных витреоретинальных заболеваниях, как пролиферативная диабетическая ретинопатия (ПДР) и регматогенная отслойка сетчатки (РОС) [1-4]. Несмотря на свою эффективность, силиконовая тампонада (СТ) не обеспечивала полного функционального восстановления сетчатки и зрительных функций. Действительно, после СТ в литературе сообщалось о необъяснимых нарушениях зрения, структурных изменениях и изменениях микроциркуляции [5-7]. Возможные объяснения этих явлений включают снижение переноса кислорода и нарушение регуляции гомеостаза электролитов из-за механического давления СМ. Ряд авторов указывает на сосуществование повреждений нейронов и микроциркуляторного русла как в глазах, заполненных СМ, так и после его удаления [5-7]. Оптическая когерентная томография (ОКТ) получила широкое распространение в области офтальмологии с момента ее появления в 1991 году и с тех пор постоянно совершенствовалась [8, 9]. До появления оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТ-А) обычные структурные изображения ОКТ, в основном, обеспечивали визуализацию анатомических изменений с низким контрастом между мелкими кровеносными сосудами и тканью в слоях сетчатки. Таким образом, для оценки состояния сосудов сетчатки и хориоидеи обычно использовались другие методы визуализации, такие как ангиография с флуоресцеиномилииндоцианиномзеленым соответственно [9]. Появление ОКТ-А в последние годы дало новое понимание неинвазивной ангиографической визуализации с беспрецедентным разрешением капилляров сетчатки и хориоидеи [10, 11]. Изображения ОКТ-А обеспечивают количественную оценку сосудистых параметров и кровотока в

заднем сегменте глаза, особенно в макуле и перипапиллярной области. Механизм действия ОКТ-А основан на движении эритроцитов, позволяющем отличать клетки крови от статических тканей и точно отображать сосуды на трехмерных картах высокого разрешения с возможностью определения глубины [9-13].

Новая технология визуализации ОКТ-А позволяет напрямую визуализировать микроциркуляцию сетчатки, что дает новое понимание патобиологии различных состояний [10, 11, 14-17]. В глазах с РОС после витрэктомии с тампонадой СМ наблюдаются изменения в различных областях сосудистой сети заднего сегмента глаза, включая макулу и зрительный нерв [17-37]. Эти новые данные предоставляют многочисленные доказательства влияния СМ на микроциркуляцию сетчатки.

Поиск литературы выявил многочисленные исследования, посвященные характеристикам ОКТ-А капиллярной сети сетчатки в глазах с РОС после витрэктомии с СТ с указаниями на потенциальное вредное воздействие СМ на ткань сетчатки [17-34].

В многочисленных исследованиях ОКТ-А применялась для изучения микроциркуляции сетчатки с высокой точностью и повторяемостью у здоровых людей и при нарушениях сетчатки [10, 11]. ОКТ-А – полезный инструмент для получения объемных данных и сегментации слоев сетчатки и хориоидеи на изображениях en-face; слои сетчатки: поверхностное капиллярное сплетение (ПКС), среднее капиллярное сплетение (СКС), глубокое капиллярное сплетение (ГКС) и самая внутренняя часть сосудистой оболочки - хориокапилляры – визуализируются достаточно хорошо. Область макулярного сканирования автоматически разделяется на три подполя, которые топографически описываются следующим образом: фовеальная область – центральный круг диаметром 1 мм; парафовеальная область, внутреннее

кольцо между кругами диаметром 1 и 3 мм; и перифовеальная область – внешнее кольцо между кругами диаметром 3 и 6 мм. Перипапиллярное сканирование относится к широкой области кольца с центром в диске зрительного нерва. Благодаря использованию автоматизированных алгоритмов эта технология широко способствует тщательному анализу микроциркуляторного русла сетчатки; плотности сосудов, определяемая как общая длина перфузируемой сосудистой сети на единицу площади в области измерения; перфузия, определяемая как процент площади перфузируемой сосудистой сети на единицу площади в области измерения; характеристики фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ), включая общую площадь, периметр и индекс кровотока; параметры радиальных перипапиллярных капилляров, включая индекс перфузии и кровотока [10, 11].

Несмотря на вышеупомянутые возможности ОКТ-А, нам определенно следует учитывать некоторые недостатки, возникающие в результате использования этого метода: артефакты, мутные оптические среды, снижающие интенсивность сигнала, ограниченное поле зрения в заднем полюсе, препятствующее оценке сосудистой сети на периферии сетчатки и неадекватная визуализация глубокой сосудистой оболочки. Другие ограничения включают чувствительность аппарата к осевым и поперечным движениям глаз. ОКТ-А также может быть затруднительной у пациентов с плохой фиксацией [9-11].

Первый анализ характеристик ОКТ-А в макулярном капиллярном сплетении после операции по поводу РОС с тампонадой СМ был проведен в 2018 году. Клинические результаты влияния СМ на макулярную микроциркуляцию, наблюдаемые на ОКТ-А, первоначально были представлены Suren E. и соавт. на Конгрессе Европейского витреоретинального общества. Целью исследователей было оценить ФАЗ

и фовеальную плотность сосудов у пациентов с РОС через месяц после операции. Их отчет показал, что изменения микроциркуляторного русла могут указывать на ишемическое повреждение фовеального капиллярного сплетения [18].

Angelova R. оценивала характеристики ОКТ-А в 12-месячном проспективном исследовании с участием 24 пациентов (48 глаз) с монокулярной РОС, которым была проведена витрэктомия с СТ. Целью исследования было оценить сосудистые изменения в макулярной области и изучить потенциальную связь между визуальными результатами и параметрами микроциркуляции. Автор интерпретировала свои результаты, основываясь на патофизиологии РОС; медиаторы воспаления могут ингибировать диффузию кислорода из хориокапилляров к отслоенной сетчатке, что приводит к ишемии и, в свою очередь, к макулярным сосудистым изменениям и дегенерации фоторецепторов. В целом, изменения микроциркуляторного русла макулы могут дать количественное объяснение субоптимальному восстановлению зрения после РОС с СТ, даже после анатомического прилегания сетчатки и удаления СМ [19].

Пытаясь оценить влияние СМ на макулярную микроциркуляцию, Xiang W. и соавт. [20] ретроспективно исследовали 23 пациента (23 глаза), перенесших витрэктомию с СТ по поводу РОС с отслоенной макулярной областью (почти во всех случаях), и 20 пациентов (20 глаз), которые ранее получали лечение и нуждались в удалении СМ. Целью исследования был анализ фовеального и парафовеального капиллярного сплетения, а также зоны ФАЗ в течение 6 месяцев. Результаты показали, что плотность поверхностных и глубоких макулярных капилляров, а также площадь ФАЗ сохранялись на стабильном уровне как после тампонады, так и после удаления СМ, что указывает

на то, что СМ не может отрицательно влиять на микроциркуляторное русло при использовании менее 6 месяцев. Этот результат согласуется с предыдущими данными, подтверждающими, что СТ в глазах кроликов может не вызывать патологических изменений в сосудистой сети сетчатки или гипоксию в течение 6 месяцев [38]. Следовательно, авторы отметили, что, хотя СМ не может оказывать прямого воздействия на сосуды сетчатки, он может быть вредным при длительном использовании; поэтому рекомендуется удалять СМ из полости стекловидного тела, как только заболевание сетчатки станет стабильным.

Lee J.Y. и соавт. провели ретроспективное одноцентровое исследование, в котором изучали изменения фовеальной микрососудистой сети в глазах с РОС [21]. Целью авторов было сравнить структурные изменения фовеальной микрососудистой сети оперированного и непораженного контралатерального глаза через 3 месяца после удаления СМ и оценить влияние на конечные зрительные результаты. Авторы указали на заметные изменения в ГКС; в частности, в глазах с СМ, наблюдалось увеличение ФАЗ ( $p < 0,001$ ), сопровождающееся уменьшением плотности сосудов ( $p = 0,022$ ). Потенциальное объяснение может быть связано с тем, что ГКС расположено в зоне, в которой насыщение кислородом значительно ниже, чем во внутренней и внешней сетчатке, и, следовательно, может быть более подвержено гипоксии. Кроме того, продолжительность силиконовой тампонады тесно коррелировала с увеличением ФАЗ и уменьшением плотности сосудов в ГКС, что позволяет предположить своевременность удаления СМ во избежание механического воздействия на фовеа и сосудистой недостаточности ГКС. Интересно, что авторы отметили, что область ФАЗ и ПК не были связаны с функциональным результатом. Действительно, на остроту

зрения глаз с РОС могут влиять различные факторы, такие как отслойка макулы, продолжительность отслойки сетчатки или целостность фовеальных фоторецепторов [39]. В заключение авторы предположили, что глаза с РОС и СТ показывают кардинальные изменения фовеальной микрососудистой сети, которые могут быть связаны со свойствами СМ, а также с отслойкой макулы или их комбинацией.

Для дальнейшей оценки макулярного кровотока у пациентов после витрэктомии с СТ после РОС с вовлечением макулы, Хи С. и др. провели ретроспективное исследование. Они включили 35 глаз, у которых была диагностирована РОС, сопровождающаяся отслойкой хориоидеи, 36 глаз с первичной РОС и 40 глаз в контрольной группе. Острота зрения и параметры ОКТ-А регулярно проверялись через день, неделю, месяц и 3 месяца после операции. Визуализация проводилась путем получения макулярного сканирования с помощью спектральной ОКТ-А (Spectral Domain OCT-A, SD-OCT-A). Целью исследования было охарактеризовать изменения в области макулярной ФАЗ как поверхностной, так и ГКС в глазах с СТ после РОС и изучить корреляцию между ФАЗ и функциональными результатами. В целом, Хи С. и соавторы выявили расширение глубокой, но отсутствие каких-либо очевидных изменений в поверхностной ФАЗ у пациентов с РОС, и попытались выяснить, в какой степени увеличение глубокой ФАЗ может коррелировать с тяжестью ишемии и прогнозом зрения [22].

Проспективное когортное исследование было проведено Roohpoo R. и соавт., которые проанализировали 45 глаз с целью оценки изменений в микроциркуляции капиллярного сплетения макулы после успешного восстановления РОС с вовлечением макулы [23]. Целью исследования было проведение количественного анализа плотности

сосудов сетчатки, ФАЗ, толщины сетчатки и хориоидального кровотока после витрэктомии и тампонады СМ. В частности, плотность сосудов парафовеолярного ПКС и всей сетчатки была заметно ниже в глазах с СТ по сравнению со здоровыми глазами ( $p < 0,0001$ ). Несмотря на то, что отдельные измерения парафовеолярного ПКС и плотности ГКС не показали существенных изменений, наблюдалось улучшение значения общей сосудистой плотности в первый и третий месяц после операции ( $p < 0,0001$  и  $p = 0,01$  соответственно), приближаясь, но не достигая значений нормальных глаз. Что касается фовеолярной плотности сосудов, значения были уменьшены в первый и третий месяц после операции, особенно значения ГКС ( $p = 0,002$  и  $p = 0,005$  соответственно). Ранее сообщалось об изменениях макулярного кровотока в глазах с СТ с помощью доплеровского лазерного сканирования через 1–3 дня после операции, которые сохранялись до месяца [40]. В целом, ухудшение плотности сосудов сетчатки через 3 месяца после операции можно было бы отнести к механическому давлению со стороны СМ и ограниченной диффузии кислорода в сетчатку, что приводит к нарушению метаболизма и ишемическому повреждению.

Maqsood S. и соавторы проанализировали данные ОКТ-А в проспективном исследовании, которое включало 14 пациентов (14 глаз) с односторонней РОС с вовлеченной макулой, которым была проведена витрэктомия с тампонадой СМ [24]. Изменения микроциркуляции макулы оценивались через 1, 6 и 12 недель после операции. ОКТ-А проводилась в макулярной области размером  $3 \times 3$  мм<sup>2</sup>. Результаты этого исследования выявили большую поверхностную площадь ФАЗ по сравнению с ГКС в глазах с СТ, что, возможно, объясняется более длительной предоперационной продолжительностью отслойки макулы,

чем в предыдущих исследованиях (20,5 и 10 дней в исследовании Maqsood S. и Roohipoor R. соответственно) [23, 24]. Несмотря на это наблюдение, авторы не заметили никакой корреляции между продолжительностью отслойки сетчатки и процентом как поверхностных, так и глубоких изменений ФАЗ. Интересным моментом для рассмотрения является то, что ФАЗ ГКС была заметно больше через 12 недель по сравнению с первой неделей после операции ( $p = 0,009$ ). Это согласуется с исследованием Lee J.Y. и соавт., которые продемонстрировали, что использование СТ может влиять на целостность сосудов, особенно ГКС, и что прогрессирующее увеличение глубокой ФАЗ было связано с продолжительностью тампонады СМ [21]. Что касается функциональных результатов, авторы не упомянули никакой корреляции с площадью ФАЗ в этом исследовании. Maqsood S. и др. предположили, что использование ОКТ-А может быть многообещающим для обозначения влияния СТ на ретинальную микроциркуляцию и предоставления объяснений нарушения ОЗ [24].

Zhou Y. и соавт. провели ретроспективное исследование, в котором изучались изменения плотности кровотока в макулярной области у глаз с РОС [25]. Они обследовали 21 глаз, после витрэктомии, из них 7 глаз было с СТ и 14 глаз – с газовой тампонадой. ОКТ-ангиограммы были получены при сканировании области  $6 \times 6$  мм<sup>2</sup>. Сосудистая сеть была автоматически сегментирована на три слоя: поверхностное, глубокое и хориокапиллярное сплетение, в то время как для каждого слоя плотность кровотока рассчитывалась отдельно в трех областях: фовеа, парафовеа и перифовеа в соответствии с сетками EDTRS. Это исследование стремилось охарактеризовать изменения перфузии макулы в течение периода наблюдения в 12 недель после витрэктомии. Таким образом, потенциальные различия в ретинальном кровотоке с большей вероятностью

представляли изменения сосудистой сети исключительно из-за различных методов тампонады. Интересно, что Zhou Y. и др. обнаружили ухудшение кровотока как в ПКС, так и в ГКС в глазах с тампонадой СМ. В целом, авторы представили убедительные доказательства того, что СТ может неблагоприятно влиять на макулярную микроциркуляцию [25].

Lee J.H. и Park Y.G. провели ретроспективное исследование для изучения изменений микроциркуляции макулы после РОС с тампонадой СМ. Анализ включал 48 пациентов с РОС (25 с вовлеченной макулой и 23 – без вовлечения макулы), которым успешно была проведена витрэктомия с тампонадой СМ, и их состояние оставалось стабильным после удаления СМ. Визуализация проводилась с использованием ОКТ-А с переменной длиной волны (Swept-Source OCT-A, SS-OCT-A) при сканировании 4,5×4,5 мм 2 через 3 месяца после первичной витрэктомии и через 3 месяца после удаления СМ. Исследовались плотности сосудов поверхностного и глубокого сосудистого капиллярного сплетения, а также область ФАЗ. Это исследование показало, что ФАЗ поверхностного и глубокого сосудистого сплетения была заметно увеличена при РОС по сравнению с другими глазами ( $p=0,002$  и  $p=0,043$  соответственно). Кроме того, значения средней плотности сосудов назальной парафовеолярной области как в ПКС, так и в ГКС были значительно снижены в прооперированных глазах ( $p=0,026$ ,  $p=0,028$  и  $p=0,031$  соответственно). Действительно, учитывая, что глубокие слои сетчатки могут быть более восприимчивы к ишемии, изменения микроциркуляторного русла более очевидны в этом сплетении [16].

Интересным моментом для рассмотрения является то, что глубокие изменения параметров ОКТ-А в назальной области макулы могут отражать изменения микроциркуляторного русла

в папилломакулярном пучке, который особенно уязвим к ишемическим изменениям [40]. Авторы пришли к выводу, что СМ может оказывать неблагоприятное воздействие на микрососуды сетчатки [16].

Fang W. и соавт. проанализировали изменения макулярной перфузии после витрэктомии при РОС с вовлечением макулярной области в проспективном исследовании; были проанализированы 20 глаз с СТ, и 9 глаз с газовой тампонадой [17]. Таким образом, авторы напрямую сравнили состояние макулярной перфузии между глазами с силиконовой и газовой тампонадой, пытаясь точно оценить влияние тампонирующего агента на микрососуды. Получение изображений выполнялось в области сканирования 3×3 мм<sup>2</sup>. Параметры ОКТ-А исследовались в первый и третий месяц после операции. Авторы отметили, что, в то время как макулярная поверхностная плотность капилляров (ПК) снизилась в глазах с тампонадой СМ, макулярная перфузия улучшилась в глазах с газовой тампонадой. Снижение показателей поверхностной макулярной ПК, потенциально связанное со сжатием внутренних слоев сетчатки СМ, было ранее описано Ma Y. и др. – у семи пациентов с необъяснимой потерей зрения после тампонады СМ наблюдалось снижение макулярной перфузии [36].

Jiang J. и др. ретроспективно исследовали изменения ПК макулы у 19 пациентов (19 глаз) с РОС с вовлечением макулы, которым была выполнена 25-G витрэктомия с тампонадой СМ [26]. Изображения ОКТ-А были получены в области сканирования 6×6 мм<sup>2</sup>. Целью исследования была оценка плотности сосудов в течение 16-недельного периода наблюдения; парафовеолярная ПК в каждом слое ретинального и хориоидального кровообращения, включая ПКС, ГКС и слой хориокапилляров, полученные показатели сравнили с аналогичными показателями парного непораженного глаза. Авторы отметили, что парафовеолярная плотность



потока в ретинальном (ПКС и ГКС) и хориокапиллярном сплетении снизилась через 2 недели после операции с постепенным восстановлением в течении времени от 2 до 12 недель, приближаясь, но не достигая значений нормальных глаз. Это согласуется с исследованием Wang H. и др., которые сообщили об улучшении макулярной перфузии в течение 12-недельного периода после операции с газовой тампонадой при РОС, хотя и ниже, чем в здоровых глазах [41]. Тем не менее, несмотря на то, что Jiang J. и др. показали улучшение макулярной ПК после витрэктомии с СТ, значения неожиданно снизились через 16 недель после операции [26]. Предположительно, согласно этим результатам, СМ может оказывать неблагоприятное воздействие на ткань сетчатки после 3 месяцев тампонады и его рекомендуется удалять раньше. Кроме того, ранее было обнаружено, что продолжительность тампонады СМ коррелирует с изменениями микрососудов макулы.

В исследовании Liu Y. и соавторов изменения макулярной плотности сосудов были оценены в глазах с РОС, после витрэктомии [27]. Это было ретроспективное исследование, включавшее 17 глаз с СТ и 16 глаз с газовой тампонадой. ОКТ-А была проведена в областях макулы  $3 \times 3$  мм<sup>2</sup> и  $6 \times 6$  мм<sup>2</sup>. В этом исследовании сообщалось о долгосрочных результатах (минимум 30-месячное наблюдение) различий в плотности сосудов макулы после витрэктомии с целью выявления потенциального восстановления микроциркуляции макулы в течение длительного периода наблюдения. Примечательно, что глаза с тампонадой СМ имели ухудшение результатов зрения и более низкую плотность парафовеолярных сосудов в ПКС по сравнению с глазами с газовой тампонадой. Авторы предположили, что положение лежа на животе во время тампонады СМ может вызвать

механическое сжатие ПКС, что приведет к ишемии и, следовательно, к изменениям микрососудов в макуле.

Микроциркуляторное русло макулы дополнительно исследовалось до и после удаления СМ в ретроспективном исследовании 30 глаз (30 пациентов), которым была выполнена витрэктомия при РОС Lee J. и соавторами [1]. Авторы этого исследования оценили параметры ОКТ-А в макулярных сканах размером  $4,5 \times 4,5$  мм<sup>2</sup>. Интересно, что эти данные показали, что площадь ФАЗ и ПК в ПКС и ГКС существенно не отличались между глазами с РОС и непораженными парными глазами через 6 месяцев после удаления СМ, что позволяет предположить, что СТ, возможно, не повлияла на макулярный кровоток.

Авторы предположили, что даже если микроциркуляторное русло было сжато во время периода тампонады, кровоток мог восстановиться в течение 6 месяцев после удаления СМ.

В настоящее время Prasuhn и соавторы были первыми, кто предоставил доказательства влияния СТ на хориоидальное кровообращение [29]. СМ может механически сжимать хориокапилляры, причем это физическое давление на хориокапилляры устраняется после удаления СМ; впоследствии это может привести к уменьшению кровотока в наружных слоях хориоидеи.

Изучению микроциркуляции макулярной зоны посвящено достаточное количество работ. Что касается перипапиллярной микрососудистой сети, имеются ограниченные данные о влиянии тампонады СМ на перипапиллярную микрососудистую сеть после витрэктомии при РОС. Несмотря на обширные и значимые исследования влияния СМ на микроциркуляцию макулы, последствия, касающиеся зрительного нерва, остаются в значительной степени неизученными. Подробная информация о структуре микроциркуляторного русла,

представленная ОКТ-А, была изучена только в трех исследованиях [31, 32, 33].

Исследование Wang E и соавт. было направлено на определение влияния СМ на перипапиллярный кровоток; плотность сосудов радиальных перипапиллярных капилляров анализировали до и через 3 месяца после удаления СМ на 22 глазах с РОС (19 с прилежащей макулой, 3 с вовлечением макулы) [31]. Измерения проводились с помощью SD-OCT-A в кольцевой зоне диаметром от 2 до 4 мм вокруг края диска. Авторы отметили, что после удаления СМ общая перипапиллярная плотность сосудов в радиальных капиллярах достоверно увеличилась на 1,3% в глазах с РОС по сравнению с контралатеральными ( $p=0,007$ ), причем более выраженное улучшение наблюдалось в верхнем, а не в нижнем полуполе (1,6% и 1%, соответственно). Можно предположить, что восстановление плотности перипапиллярных сосудов может отражать улучшение микроциркуляции зрительного нерва после прилегания сетчатки. Однако, учитывая, что увеличение плотности перипапиллярных сосудов не наблюдалось в период от 1 до 3 месяцев после первичной витрэктомии, этот результат не может быть частью длительного процесса восстановления. Кроме того, СМ могло оказывать большее сжатие верхних перипапиллярных капилляров, что объясняет восстановление сосудов после его удаления. В целом, это исследование показало, что СТ может отрицательно влиять на перипапиллярный кровоток, возможно, за счет капиллярной компрессии, хотя это явление обратимо после экстракции из полости стекловидного тела.

Lu B. и др. дополнительно оценили перипапиллярную ПК в глазах с силиконовой тампонадой после витрэктомии по поводу РОС и исследовали потенциальную связь изменений микроциркуляторного русла с последствиями для зрения [32].

Исследовали РОС (31 глаз) без вовлечения макулы, после витрэктомии с СТ (8 глаз) и газовой тампонадой (23 глаза). ОКТ-А выполняли на площади  $4,5 \times 4,5$  мм<sup>2</sup> для измерения ПК диска зрительного нерва и перипапиллярной области. Авторы пришли к выводу, что после витрэктомии с СТ наблюдалась снижение перипапиллярной ПК ( $p < 0,01$ ), хотя различий в поверхностной и глубокой микроциркуляции макулы не было. Эти результаты согласуются с другими исследованиями, указывающими на снижение кровотока в головке зрительного нерва с помощью лазерной спекл-флоуографии [42]. Кроме того, глаза с более высокой перипапиллярной ПК имели лучший прогноз зрительных результатов; действительно, в глазах с РОС может развиваться разрежение сосудов сетчатки и тканевая гипоксия как в макуле, так и в головке зрительного нерва, что приводит к стойкой послеоперационной гипоперфузии и, таким образом, ставит под угрозу функциональные результаты. Примечательно, что в глазах с СТ, наблюдались меньшие нарушения зрения, чем в глазах с газовой тампонадой. В конечном итоге, более мягкое снижение перипапиллярной ПК, улучшение остроты зрения на исходном уровне и выбор тампонады СМ с большей вероятностью позволили достичь лучших функциональных результатов через 3 месяца после витрэктомии.

Количественная оценка перипапиллярной микроциркуляции после витрэктомии с тампонадой СМ была проведена в исследовании Jiang J. и соавт. [32]. Авторы ретроспективно исследовали 22 глаза, заполненные СМ, тогда как другие непораженные глаза служили контролем. Изображения ОКТ-А были получены при сканировании диска зрительного нерва размером  $4,5 \times 4,5$  мм<sup>2</sup>. Интересно, что по сравнению с другими глазами, глаза, заполненные СМ, демонстрировали значительно более низкую ПК в радиальных перипапиллярных капиллярах

через 2 недели после удаления СМ ( $p < 0,001$ ) с постепенным улучшением, приближающимся к нормальным пределам к 4-ой неделе, после чего со временем последовало ухудшение ПК. Кроме того, первоначальное увеличение и последующее снижение ПК радиальной перипапиллярной капиллярной соответствовало макулярным изменениям ПК в раннем послеоперационном периоде. Удивительно, но момент снижения радиальной перипапиллярной капиллярной ПК был раньше, чем момент макулярной ПК; это может объясняться тем, что перипапиллярное сплетение состоит из длинных прямых капилляров с редкими анастомозами, что делает диск зрительного нерва уязвимым к механическому воздействию СМ, особенно в верхнем полуполе из-за плавучести СМ.

#### **Заключение**

В литературе оцениваются характеристики микроциркуляции сетчатки, отображаемые с помощью ОКТ-А, у пациентов с РОС, которым была проведена витрэктомия с СТ [12-29, 43]. Имеющиеся данные демонстрируют количественные сосудистые изменения в макуле и перипапиллярном капиллярном сплетении. Следует отметить несоответствие между изменениями микроциркуляции в различных регионах сетчатки, что может быть связано с разным происхождением микрососудов. Кроме того, крайне важно различать изменения, связанные с РОС (особенно в случаях вовлечения макулы) и те, которые

потенциально связаны с внутренними свойствами СМ. Эта информация весьма актуальна для клинической практики, поскольку изменения кровотока могут служить прогностическим фактором послеоперационных функциональных результатов.

Изменения микроциркуляции сетчатки могут дать представление о патофизиологии, лежащей в основе структурных и функциональных изменений в глазах с СТ, включая необъяснимую потерю зрения. Изучение характеристик ОКТ-А способствует поиску полезных биомаркеров, позволяющих прогнозировать течение и разработать особенности тактики ведения послеоперационного периода таких пациентов.

Показатели ОКТ-А могут служить ценными индикаторами влияния СТ на перипапиллярную и микроциркуляцию сетчатки. Дополнительные исследования необходимы для выяснения роли ОКТ-А в предоставлении данных об изменениях сосудистых параметров и их потенциальной связи с функциональными и морфологическими результатами, а также для характеристики их значения в клинической практике. Ответ на вопрос, связана ли потенциальная сосудистая недостаточность в глазах, заполненных СМ, с гипоксическими изменениями тканей вследствие ПДР и РОС, или с влиянием СТ на ткань сетчатки и диск зрительного нерва, неоднозначен и требует дальнейшего изучения.

## ƏDƏBİYYAT

## REFERENCE | ЛИТЕРАТУРА

1. Lee, J. Retinal Changes before and after Silicone Oil Removal in Eyes with Rhegmatogenous Retinal Detachment Using Swept-Source Optical Coherence Tomography / J.Lee, H.Cho, M.Kang [et al.] // *J. Clin. Med.*, – 2021. Nov; 10(22), – p. 5436. <https://doi.org/10.3390/jcm10225436>
2. Purtskhvanidze, K. Thinning of Inner Retinal Layers after Vitrectomy with Silicone Oil versus Gas Endotamponade in Eyes with Macula-Off Retinal Detachment / K.Purtskhvanidze, J.Hillenkamp, J.Tode [et al.] // *Ophthalmologica*, – 2017. 238, – p. 124-132. <https://doi.org/10.1159/000477743>
3. Kuhn, F. Rhegmatogenous retinal detachment: a reappraisal of its pathophysiology and treatment / F.Kuhn, B.Aylward // *Ophthalmic. Res.*, – 2014. 51, – p. 15-31. <https://doi.org/10.1159/000355077>
4. Takkar, B. Retinal Nerve Fiber Layer Changes Following Primary Retinal Detachment Repair with Silicone Oil Tamponade and Subsequent Oil Removal / B.Takkar, R.Azad, N.Kamble [et al.] // *J. Ophthalmic. Vis. Res.*, – 2018. 13, – p. 124-129. [https://doi.org/10.4103/jovr.jovr\\_134\\_16](https://doi.org/10.4103/jovr.jovr_134_16)
5. Valentín-Bravo, J. Complications associated with the use of silicone oil in vitreoretinal surgery: A systemic review and meta-analysis / J.Valentín-Bravo, L.García-Onrubia, C.Andrés-Iglesias [et al.] // *Acta. Ophthalmologica*, – 2021. 100(4), – p. 864-880. <https://doi.org/10.1111/aos.15055>
6. Scheerlinck, L.M. Incidence, risk factors, and clinical characteristics of unexplained visual loss after intraocular silicone oil for macula-on retinal detachment / L.M.Scheerlinck, P.A.Schellekens, A.T.Liem [et al.] // *Retina*, – 2016. 36, – p. 342-350. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000000711>
7. Ghoraba, H.H. Silicone oil-related visual loss / H.H.Ghoraba, A.G.Zaky, M.A.Heikal [et al.] // *Ophthalmologica*, – 2017. 38, – p. 9-67. <https://doi.org/10.1159/000470857>
8. Drexler, W. Optical coherence tomography today: speed, contrast, and multimodality / W.Drexler, M.Liu, A.Kumar [et al.] // *J. Biomed. Opt.*, – 2014. 19(7), – p. 071412. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.19.7.071412>
9. Patrick, H.L. Optical Coherence Tomography Angiography / H.L.Patrick, C.P.Bhupendra // *Treasure Island (FL)*, StatPearls Publishing, Jan; – 2024.
10. Spaide, R.F. Optical coherence tomography angiography / R.F.Spaide, J.G.Fujimoto, N.K.Waheed [et al.] // *Prog. Retin. Eye Res.*, – 2018. 64, – p. 1-55. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.11.003>
11. Borrelli, E. Pearls and pitfalls of optical coherence tomography angiography imaging: a review / E.Borrelli, S.R.Sadda, A.Uji [et al.] // *Ophthalmol. Ther.*, – 2019. 8, – p. 215-226. <https://doi.org/10.1007/s40123-019-0178-6>
12. Tey, K.Y. Optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy: A review of current applications / K.Y.Tey, K.Teo, A.C.S.Tan [et al.] // *Eye Vis.*, – 2019. 6, – p. 37. <https://doi.org/10.1186/s40662-019-0160-3>
13. Khadamy, J. An Update on Optical Coherence Tomography Angiography in Diabetic Retinopathy / J.Khadamy, K.Aabri Aghdam, K.G.Falavarjani // *J. Ophthalmic. Vis. Res.*, – 2018. 13, – p. 487-497. [https://doi.org/10.4103/jovr.jovr\\_57\\_18](https://doi.org/10.4103/jovr.jovr_57_18)
14. Christou, E.E. Association of OCT-A characteristics with postoperative visual acuity after rhegmatogenous retinal detachment surgery: a review of the literature/ E.E.Christou, P.Stavarakas, G.Batsos [et al.] // *Int. Ophthalmol.*, – 2021. 41, – p. 2283-2292. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-01777-2>
15. Christou, E.E. Assessment of anatomical and functional macular changes with optical coherence tomography angiography after macula-off rhegmatogenous retinal detachment repair / E.E.Christou, C.Kalogeropoulos, I.Georgalas [et al.] // *Semin. Ophthalmol.*, – 2021. 36, – p. 119-127. <https://doi.org/10.1080/08820538.2021.1889618>
16. Lee, J.H. Microvascular changes on optical coherence tomography angiography after rhegmatogenous retinal detachment vitrectomy with silicone tamponade / J.H.Lee, Y.G.Park // *PLoS ONE*, – 2021. 16, – p. 0248433. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248433>
17. Fang, W. A decrease in macular microvascular perfusion after retinal detachment repair with silicone oil / W.Fang, J.Zhai, J.B.Mao [et al.] // *Int. J. Ophthalmol.*, – 2021. 14, – p. 875-880. <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.06.13>
18. Suren, E. Foveal avascular zone area and macular vascular density changes after successful rhegmatogenous retinal detachment repair: an OCT angiography study / E.Suren, A.Cetinkaya, E.Cetinkaya [et al.] // *Retinal Detachment Session, EVRS Congress*, – 2018. – Prague: August; 31.
19. Angelova, R. Analysis of microstructural changes in the macular area in patients with macula-off and macula-on rhegmatogenous retinal detachment by optical coherence tomography angiography // *Bulga. Rev. Ophthalmol.*, – 2018. 62, – p. 5. <https://doi.org/10.14748/bro.v0i3.5493>

20. Xiang, W. Effect of silicone oil on macular capillary vessel density and thickness / W.Xiang, Y.We, W.Chi [et al.] // *Exp. Ther. Med.*, – 2020. 19, – p. 729-734. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8243>
21. Lee, J.Y. Foveal microvascular structures in eyes with silicone oil tamponade for rhegmatogenous retinal detachment: a swept-source optical coherence tomography angiography study / J.Y.Lee, J.Y.Kim, S.Y.Lee [et al.] // *Sci. Rep.*, – 2020. 10, – p. 2555. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59504-3>
22. Xu, C. Changes in the postoperative foveal avascular zone in patients with rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment / C.Xu, J.Wu, C.Feng // *Int. Ophthalmol.*, – 2020. 40, – p. 2535-2543. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01433-1>
23. Roohipoor, R. Optical coherence tomography angiography changes in macula-off rhegmatogenous retinal detachments repaired with silicone oil / R.Roohipoor, F.Tayebi, H.Riazi-Esfahani [et al.] // *Int. Ophthalmol.*, – 2020. 40, – p. 3295-3302. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01516-z>
24. Maqsood, S. Functional and structural outcomes at the foveal avascular zone with optical coherence tomography following macula off retinal detachment repair / S.Maqsood, M.Elalfy, H.A.Abdou [et al.] // *Clin. Ophthalmol.*, – 2020. 14, – p. 3261-3270. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S271944>
25. Zhou, Y. Comparison of fundus changes following silicone oil and sterilized air tamponade for macular-on retinal detachment patients / Y.Zhou, S.Zhang, H.Zhou [et al.] // *BMC Ophthalmol.*, – 2020. 20, – p. 249. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01523-9>
26. Jiang, J. Evaluation of macular vessel density changes after vitrectomy with silicone oil tamponade in patients with rhegmatogenous retinal detachment / J.Jiang, S.Chen, Y.D.Jia [et al.] // *Int. J. Ophthalmol.*, – 2021. 14, – p. 881-886. <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.06.14>
27. Liu, Y. Changes of macular vessel density and thickness in gas and silicone oil tamponades after vitrectomy for macula-on rhegmatogenous retinal detachment / Y.Liu, B.Lei, R.Jiang [et al.] // *BMC Ophthalmol.*, – 2021. 21, – p. 392. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02160-6>
28. Bayraktar, Z. Longitudinal evaluation of retinal thickness and OCTA parameters before and following silicone oil removal in eyes with macula-on and macula-off retinal detachments / Z.Bayraktar, S.Pehlivanoglu, S.Hagverdiyeva [et al.] // *Int. Ophthalmol.*, – 2022. 42, – p. 1963-1973. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-02196-z>
29. Prasuhn, M. Impact of silicone oil removal on macular perfusion / M.Prasuhn, F.Rommel, A.Mohi [et al.] // *Tomography*, – 2022. 8, – p. 1735-1741. <https://doi.org/10.3390/tomography8040146>
30. Christou, E.E. Macular microcirculation changes after macula-off rhegmatogenous retinal detachment repair with silicone oil tamponade evaluated by OCT-A: preliminary results / E.E.Christou, P.Stavarakas, I.Georgalas [et al.] // *Ther. Adv. Ophthalmol.*, – 2022. 14. <https://doi.org/10.1177/25158414221105222>
31. Wang, E. Effect of silicone oil on peripapillary capillary density in patients with rhegmatogenous retinal detachment / E.Wang, Y.Chen, N.Li [et al.] // *BMC Ophthalmol.*, – 2020. 20, – p. 268. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01533-7>
32. Lu, B. Peripapillary vessel density in eyes with rhegmatogenous retinal detachment after pars plana vitrectomy / B.Lu, P.Zhang, H.Liu [et al.] // *J. Ophthalmol.*, – 2021. – p. 6621820. <https://doi.org/10.1155/2021/6621820>
33. Jiang, J. Peripapillary changes after vitrectomy and silicone oil tamponade for rhegmatogenous retinal detachment / J.Jiang, R.Li, J.X.Zhou [et al.] // *Indian J. Ophthalmol.*, – 2021. 69, – p. 3579-3583. [https://doi.org/10.4103/ijo.IJO\\_508\\_21](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_508_21)
34. Lyssek-Boroń, A. Assessment of vascular changes in patients after pars plana vitrectomy surgery due to macula-off rhegmatogenous retinal detachment / A.Lyssek-Boroń, A.Wylęgała, K.Krysiak [et al.] // *J. Clin. Med.*, – 2021. 10, – p. 5054. <https://doi.org/10.3390/jcm10215054>
35. Dormegnny, L. Visual impairment and macular vascular remodeling secondary to retrograde maculopathy in retinal detachment treated with silicon oil tamponade / L.Dormegnny, L.C.Jeanjean, X.Liu [et al.] // *Retina*, – 2021. 41, – p. 309-316. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000002812>
36. Ma, Y. Macular perfusion changes and ganglion cell complex loss in patients with silicone oil-related visual loss / Y.Ma, X.Q.Zhu, X.Y.Peng // *Biomed. Environ. Sci.*, – 2020. 33, – p. 151-157. <https://doi.org/10.3967/bes2020.021>
37. Yang, W. Preliminary study on retinal vascular and oxygen-related changes after long-term silicone oil and foldable capsular vitreous body tamponade / W.Yang, Y.Yuan, Y.Zong [et al.] // *Sci. Rep.*, – 2014. 4, – p. 5272. <https://doi.org/10.1038/srep05272>
38. Kang, H.M. Association of spectral domain optical coherence tomography findings with visual outcome of macula-off rhegmatogenous retinal detachment surgery / H.M.Kang, S.C.Lee, C.S.Lee // *Ophthalmologica*, – 2015. 234, – p. 83-90. <https://doi.org/10.1159/000381786>

39. Kubicka-Trzaska, A. Macular microcirculation blood flow after pars plana vitrectomy with silicone oil tamponade / A.Kubicka-Trzaska, J.Kobylarz, B.Romanowska-Dixon // *Klin. Oczna.*, – 2011. 113, – p. 146-148.
40. Pellegrini, F. Optical coherence tomography angiography findings in deficiency optic neuropathy / F.Pellegrini, G.Prosdocimo, A.Papayannis [et al.] // *Neuroophthalmology*, – 2019. 43, – p. 401-406. <https://doi.org/10.1080/01658107.2018.1523196>
41. Wang, H. Macular perfusion changes assessed with optical coherence tomography angiography after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment / H.Wang, X.Xu, X.Sun [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.*, – 2019. 257, – p. 733-740. <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04273-7>
42. Iwase, T. Changes in blood flow on optic nerve head after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment / T.Iwase, M.Kobayashi, K.Yamamoto [et al.] // *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.*, – 2016. 57, – p. 6223-6233. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-20577>
43. Gironi, M. Long-term macular vascular changes after primary rhegmatogenous retinal detachment surgery resolved with different tamponade or different surgical techniques / M.Gironi, R.D'Aloisio, T.Verdina [et al.] // *Life*, – 2022. 12, – p. 1525. <https://doi.org/10.3390/life12101525>