

ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОХИРУРГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ФОВЕА ПРИ МАКУЛЯРНЫХ РАЗРЫВАХ

Х. П. Тахчиди ✉

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Одной из ведущих витреоретинальных патологий, приводящих к значительному ухудшению зрительных функций, является макулярный разрыв. В последние годы в хирургии макулярных разрывов перспективно использование аутоплазмы крови с повышенным содержанием тромбоцитов. Но, несмотря на высокий процент закрытия макулярных разрывов (78–96%), на сегодняшний день актуальным вопросом остается разработка новых технологий, направленных на восстановление микроархитектоники фовеолярной области и повышения зрительных функций. Целью исследования было разработать новую технологию реконструкции фовеолярной области при макулярных разрывах с использованием аутологичной кондиционированной плазмы. В представленную работу вошли 9 пациентов (10 глаз) с идиопатическим сквозным макулярным разрывом, которым была выполнена стандартная трехпортовая 27G-вitrektomia с применением аутологичной кондиционированной плазмы по разработанной технологии. В результате хирургического лечения предлагаемая технология позволяет получить высокие клинико-функциональные результаты, а также обеспечивает оптимальную и более управляемую реконструкцию микроархитектонику фовеа.

Ключевые слова: макулярный разрыв, оптическая когерентная томография, аутологичная кондиционированная плазма, витректomia, компьютерная микропериметрия

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом РНИМУ имени Н. И. Пирогова (протокол № 224 от 19 декабря 2022 г.). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на хирургическое лечение и обработку персональных данных.

✉ **Для корреспонденции:** Христо Периклович Тахчиди
Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2, г. Москва, 123182, Россия; hpt1301@gmail.com

Статья получена: 04.12.2023 **Статья принята к печати:** 18.12.2023 **Опубликована онлайн:** 31.12.2023

DOI: 10.24075/vrgmu.2023.055

FOVEAL MICROSURGICAL RECONSTRUCTION TECHNIQUE FOR MACULAR HOLE

Takhchidi KP ✉

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Macular rupture is among major vitreoretinal disorders resulting in significant visual function decline. In recent years, the use of platelet-rich autoplasm in the macular rupture surgery is considered to be promising. However, despite high rate of macular rupture closure (78–96%), the development of new technology for foveal microarchitectonics restoration and visual function improvement currently remains a pressing issue. The study was aimed to develop a new foveal reconstruction technique for macular rupture involving the use of autologous conditioned plasma. The reported study involved 9 patients (10 eyes) with idiopathic macular hole, who underwent standard three-port 27G vitrectomy involving the use of autologous conditioned plasma in accordance with the technique developed. The proposed technique makes it possible to achieve good clinical and functional surgical treatment outcome and ensures optimal and more manageable reconstruction of foveal microarchitectonics.

Keywords: macular rupture, optical coherence tomography, autologous conditioned plasma, vitrectomy, microperimetry

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (protocol № 224 dated 19 December 2022). All patients submitted the informed consent to surgical treatment and personal data processing.

✉ **Correspondence should be addressed:** Khristo P. Takhchidi
Volokolamskoe shosse, 30, corp. 2, Moscow, 123182, Russia; hpt1301@gmail.com

Received: 04.12.2023 **Accepted:** 18.12.2023 **Published online:** 31.12.2023

DOI: 10.24075/brsmu.2023.055

Идиопатический макулярный разрыв представляет собой фовеальный дефект, затрагивающий все нейроретинальные слои и характеризующийся снижением остроты зрения, возникновением центральной скотомы и метаморфозий [1–4]. По данным литературы, частота развития макулярного разрыва составляет примерно 3–5 случаев на 1000 человек старше 55 лет, чаще возникает у женщин в возрасте 60–70 лет. В 80% случаев заболевание одностороннее [5].

Для оценки состояния центральной зоны сетчатки при макулярных разрывах в 2013 г. исследователями International Vitreomacular Traction Study Group (IVTSG) была предложена анатомическая классификация, основанная на данных оптической когерентной томографии. Согласно классификации, макулярные разрывы характеризуются по минимальному диаметру на малый (≤ 250 мкм), средний (250–400 мкм), большой (>400 мкм) [6, 7].

Долгое время золотым стандартом лечения сквозного макулярного разрыва считали витректomia, проведение пиллинга внутренней пограничной мембраны (ВПМ) с

последующей тампонадой воздухом/газо-воздушной смесью [8]. С целью дополнительного повышения эффективности предложены модификации хирургического подхода в лечении макулярных разрывов: механическое сближение краев разрыва, проведение пиллинга ВПМ с последующим закрытием разрыва инвертированным лоскутом ВПМ, амниотической мембраной, трансплантация передней капсулы хрусталика, сохранение ВПМ [9–12].

В последние годы одним из перспективных направлений в хирургии макулярных разрывов является использование аутоплазмы крови с повышенным содержанием тромбоцитов. В настоящее время в лечении патологии сетчатки активно применяют две методики получения плазмы: PRP (от англ. platelet-rich plasma) — богатую тромбоцитами плазму крови (в 3–4 раза больше от первоначального содержания крови) и аутологичную кондиционированную плазму АКП, или АСП (от англ. autologous conditioned plasma), практически лишенную лейкоцитов и содержащую повышенную концентрацию тромбоцитов (в 2–3 раза больше от первоначального содержания

крови). Локальное использование аутологических факторов в хирургии макулярной патологии позволяет получить хороший анатомический результат и минимизировать объем хирургических манипуляций в центральной зоне сетчатки [6, 13–15]. Но несмотря на высокий процент закрытия макулярных разрывов (78–96%) [16, 17], на сегодняшний день актуальным вопросом остается борьба за восстановление микроархитектоники фовеолярной области и, как следствие, повышение зрительных функций.

Целью исследования было разработать новую технологию реконструкции фовеолярной области при макулярных разрывах с использованием аутологичной кондиционированной плазмы.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 9 пациентов (10 глаз) в возрасте 62–76 лет (средний возраст $66,1 \pm 7,41$ лет), прооперированных в Научно-исследовательском центре офтальмологии РНИМУ им. Н. И. Пирогова по поводу идиопатического сквозного макулярного разрыва.

Всем пациентам было проведено комплексное офтальмологическое обследование стандартными методами: визометрия с определением некорригированной остроты зрения (НКОЗ) и максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ), пневмотонометрия, биомикроофтальмоскопия с помощью бесконтактной линзы MaxField (Ocular Inc.; США), а также специальными методами, такими как спектральная оптическая когерентная томография (СОКТ) на приборе «Spectralis HRA+OCT» («Spectralis HRA+OCT», Heidelberg Engineering, Module, OCT-2 85 000 Hz, Inc.; Германия), компьютерная микропериметрия (MAIA, CenterVue; Италия).

Критерии включения в исследование: наличие идиопатического сквозного макулярного разрыва. Критерии исключения: наличие сопутствующей офтальмопатологии (возрастная макулодистрофия, глаукома, частичная атрофия зрительного нерва, сосудистые нарушения, диабетическая ретинопатия, внутриглазное образование, отслойка сетчатки, наличие рубцов и помутнений роговицы), травматический макулярный разрыв, длительность макулярного разрыва более 6 месяцев.

Длительность макулярного разрыва до проведения оперативного лечения составляла от 3 недель до 5 месяцев. Срок наблюдения пациентов — от 3 до 16 месяцев.

Обработку результатов исследования проводили с помощью стандартных инструментов описательной статистики Microsoft Office Excel. Данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее арифметическое, σ — стандартное отклонение.

При обследовании НКОЗ составила $0,18 \pm 0,13$, МКОЗ — $0,3 \pm 0,17$. При проведении ОКТ во всех случаях визуализировались сквозные макулярные разрывы с интратретинальными кистами. Средний максимальный диаметр макулярного разрыва составил $759,2 \pm 174,7$ мкм, средний минимальный диаметр — $343,4 \pm 96,6$ мкм, показатель средней центральной толщины сетчатки (ЦТС) — $416 \pm 65,3$ мкм. По классификации IVTSG пациенты разделились следующим образом: в группе ≤ 250 мкм — 0 глаз; в группе 251–400 мкм — 7 глаз; в группе ≥ 401 мкм — 3 глаза. При выполнении компьютерной микропериметрии средняя величина светочувствительности (СЧ) сетчатки в исследуемой группе составила $22,7 \pm 1,52$ дБ.

Всем пациентам было проведено лечение по разработанной технологии: первым этапом пациентам

с помутнением хрусталика была выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Далее выполняли трехпортовую 27G-вitrektomiю, выделение и удаление задней гиалоидной мембраны. Затем проводили окрашивание и удаление ВПМ. После удаления ВПМ не менее 1/3 объема витреальной полости замещали перфторорганическим соединением (ПФОС), который занимает задний полюс глаза и герметично «накрывает» макулярный разрыв. В результате, во внутрираневой зоне макулярного разрыва остается герметично закрытая внутриглазная жидкость, находящаяся под давлением ирригационной жидкости и высоты столба ПФОС. Затем производили эвакуацию жидкости из зоны макулярного разрыва экструзионной иглой в пассивном режиме при давлении ирригационной жидкости 15 мм рт. ст. Срез иглы подводили вертикально вплотную к зоне разрыва, не соприкасаясь с сетчаткой. Вследствие разницы вязкости ПФОС и внутриглазной жидкости, более подвижной при конкурентной аспирации оказывается внутриглазная жидкость, которую приоритетно эвакуировали из зоны разрыва (рис. 1). По мере эвакуации внутрираневой жидкости в зоне разрыва возникает отрицательное давление («мягкий микровакuum»), которое равномерно, атравматично стягивает и соединяет «рваные» стенки макулярного разрыва по всему раневому периметру. Для визуального контроля процесса соединения стенок разрыва кончик иглы приподнимали над зоной разрыва. При отсутствии полного соединения стенок разрыва, манипуляцию аспирации внутрираневой жидкости можно повторять многократно до достижения необходимого результата соединения. В случае незапланированной аспирации («прилипания») внутренней поверхности сетчатки краев макулярного разрыва необходимо прекратить пассивную аспирацию, закрыв пальцем отверстие экструзионной иглы и медленно перпендикулярно поверхности поднять срез иглы над сетчаткой. В результате этого действия поверхность сетчатки, находящаяся под равномерным давлением силы тяжести ПФОС, одномоментно мягко «отлипает» от наконечника иглы, не травмируя ткань сетчатки. Проведение этой процедуры не сопряжено ни с какими рисками.

Под действием отрицательного давления в зоне разрыва соединенная фовеолярная ткань сомкнутых стенок макулярного разрыва удерживается в этом положении силой тяжести ПФОС, в течение не менее 10 мин (время удержания разрыва) (рис. 2). За этот промежуток времени интраоперационно готовили АКП при помощи двойного шприца Arthrex ACP. Проводили забор 15 мл венозной крови пациента в шприц Arthrex ACP. После забора крови шприц устанавливали в центрифугу ROTOFIX 32A (Hettich; Германия) с последующим центрифугированием в течение 5 мин со скоростью 1700 об./мин. Набирали 0,2–0,4 мл АКП в микрошприц для нанесения аппликаций на зону макулярного разрыва. После прохождения необходимого времени удержания макулярного разрыва в сомкнутом состоянии (не менее 10 мин) производили обмен ПФОС на ирригационную жидкость. В этот момент, за счет ослабления центробежных сил эластичности растянутой ткани сетчатки, соединенные стенки макулярного разрыва временно удерживаются в сомкнутом состоянии. Этого промежутка времени достаточно для нанесения аппликации приготовленной аутоплазмы, из которой на поверхности сетчатки макулярной области образуется герметичная бляшка, накрывающая зону разрыва. Слои аутоплазмы наносили на макулярную область до

появления тусклой, полупрозрачной бляшки (рис. 3А). После чего ирригационную жидкость замещали на воздух.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В срок наблюдения один месяц после оперативного лечения (девять пациентов, 10 глаз) показатели НКОЗ увеличились до $0,45 \pm 0,21$, МКОЗ составила $0,54 \pm 0,13$. По данным компьютерной микропериметрии средняя СЧ сетчатки составила $24,86 \pm 1,53$ дБ. По данным ОКТ, показатель средней ЦТС уменьшился с $416 \pm 65,3$ мкм до $299,3 \pm 49,2$ мкм.

На контрольном осмотре через три месяца НКОЗ увеличилась до $0,53 \pm 0,22$, МКОЗ — до $0,66 \pm 0,12$. Средняя СЧ составила $25,27 \pm 3,3$ дБ. Показатель средней ЦТС уменьшился до $290,3 \pm 46,3$ мкм.

В срок наблюдения шесть месяцев (семь пациентов, восемь глаз) НКОЗ — $0,53 \pm 0,3$, МКОЗ — $0,73 \pm 0,15$. Показатель средней ЦТС составил $274,6 \pm 37,6$ мкм. Средняя СЧ сетчатки — $25,7 \pm 2,11$ дБ.

Через год (пять пациентов, шесть глаз) показатели НКОЗ — $0,42 \pm 0,33$, МКОЗ — $0,75 \pm 0,21$. По данным ОКТ средняя ЦТС составила $285,2 \pm 31,8$ мкм. Средняя СЧ сетчатки $25,4 \pm 2,32$ дБ.

С максимальным сроком наблюдения до 16 месяцев находится один пациент (один глаз) с дооперационными показателями НКОЗ — $0,05$, МКОЗ — $0,1$. Показатель ЦТС составил 450 мкм. Средняя СЧ сетчатки — $22,7$ дБ. На контрольном осмотре после хирургического лечения через 16 месяцев НКОЗ и МКОЗ увеличились до $0,1$ и $0,8$ соответственно. Показатель ЦТС уменьшился до 336 мкм. Средняя СЧ сетчатки составила $27,8$ дБ.

В результате хирургического лечения по данным ОКТ визуализируются полное закрытие макулярного разрыва и анатомическое восстановление фовеа во всех случаях. В раннем послеоперационном периоде (через 6 ч и 3 суток) по данным ОКТ отмечается регресс интравитреальных кист, которые были диагностированы перед хирургическим вмешательством (рис. 4, 5).

Послеоперационных осложнений ни в одном случае не отмечено, в течение всего периода наблюдения с момента операции рецидивы отсутствовали.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В процессе формирования макулярного разрыва часть ткани фовеа погибает. Микроморфологической основой восстановления зрительных функций являются остатки высокофункциональной фовеолярной ткани сетчатки. Однако после макулярного разрыва сохранившаяся часть фовеолярной ткани смещается со своих микроанатомических/микростологических мест. Вследствие этого нарушается микроархитектоника оставшейся части ткани фовеа и, соответственно, происходит снижение зрительных функций. Ситуацию дезорганизации макулярной ткани усугубляют отек и микрокистоз — последствия посттравматического воспаления и дегенерации. Кроме того, наличие круглого дефекта ткани в фовеа создает приоритет для центробежных сил, связанных с эластичностью сохранившейся ткани сетчатки, которые со временем активнее растягивают и смещают остатки ткани фовеа к периферии макулярной области.

Для репозиции краев макулярного разрыва рядом авторов описаны методики их механического

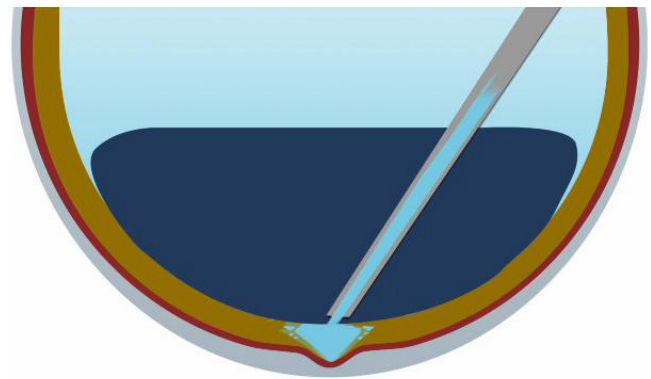


Рис. 1. Этапы технологии: замещение витреальной полости перфторорганическим соединением с последующей пассивной аспирацией внутриглазной жидкости из зоны разрыва

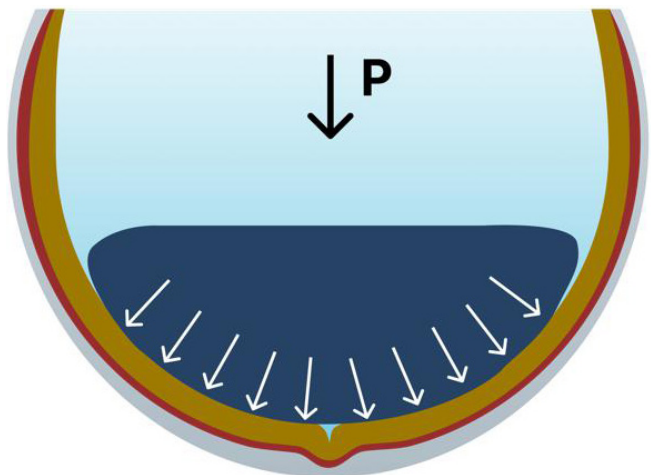


Рис. 2. Этапы технологии: под действием отрицательного давления в зоне разрыва соединенная фовеолярная ткань сомкнутых стенок макулярного разрыва удерживается в этом положении силой тяжести интравитреального соединения

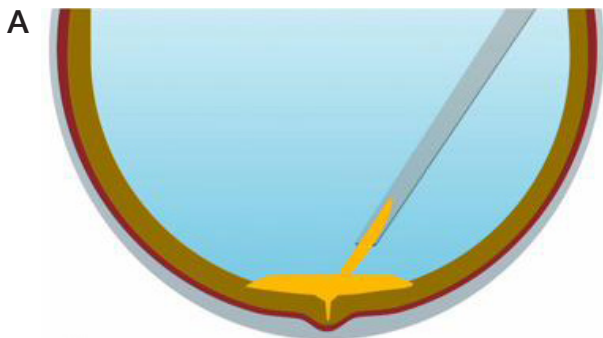


Рис. 3. Этапы технологии: нанесение аппликаций приготовленной АКП на поверхность сетчатки макулярной области с последующим образованием герметичной бляшки, накрывающей зону разрыва (А) и полностью заполняющей интравитреальное пространство (Б)

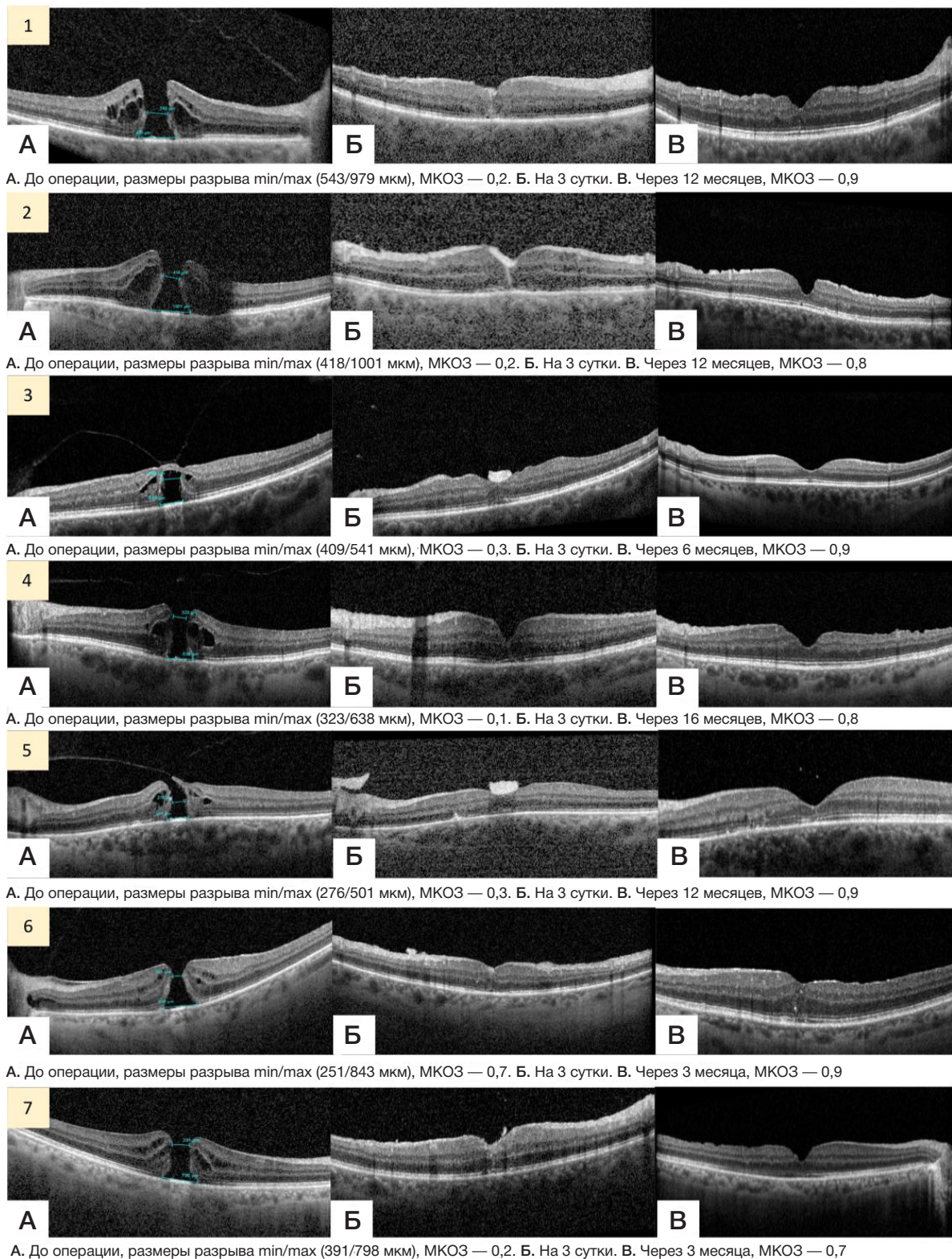


Рис. 4. ОКТ сетчатки. Этапы смыкания макулярного разрыва после витрэктомии с применением АКП. А. Определяется дефект всех нейроретинальных слоев (макулярный разрыв). Б. В ранние сроки послеоперационного наблюдения (на третьи сутки). В. В отдаленные сроки наблюдения

сближения путем разглаживания сетчатки вокруг разрыва витреальным шпателем по направлению от периферии к центру [18] или использования «массажа» сетчатки силиконовой канюлей [19]. Однако при проведении данных манипуляций существенно повышается риск травматизации ретинальных структур с развитием реактивного макулярного отека, дислокацией и повреждением ретинального пигментного эпителия и

спонтанного микроотрыва сетчатки по краю разрыва, что, в свою очередь, может приводить к потере фовеолярной ткани и снижению функционального потенциала сетчатки после анатомического соединения [20–22].

Предлагаемая технология удаления жидкости при помощи пассивной аспирации из зоны макулярного разрыва под герметичным прикрытием этой зоны ПФОС обеспечивает управляемую максимальную

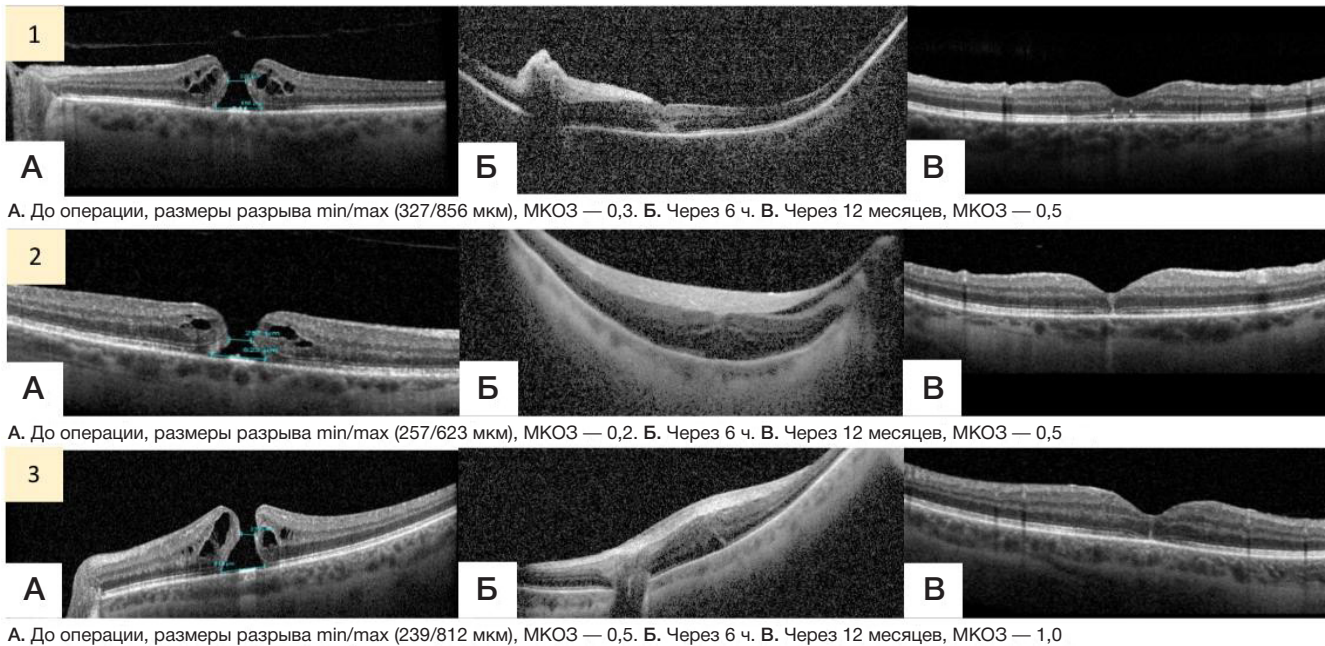


Рис. 5. ОКТ сетчатки. Этапы смыкания макулярного разрыва после витрэктомии с применением АКП. **А.** Определяется дефект всех нейроретинальных слоев (макулярный разрыв). **Б.** В ранние сроки послеоперационного наблюдения (через 6 ч). **В.** В отдаленные сроки наблюдения

нетравматичную эвакуацию жидкости из разрыва и окружающих тканей сетчатки макулярной области. Удаляемая таким образом жидкость создает постепенно нарастающее отрицательное давление — микровакуум во внутриранеовом пространстве макулярного разрыва, генерирующий центростремительные силы, которые в первую очередь подтягивают и соединяют наиболее ценные в функциональном отношении пристеночные краевые остатки фовеолярной ткани. В то же время соединенные стенки макулярного разрыва силой тяжести ПФОС фиксируются в зоне фовеа.

Таким образом, в результате постепенно нарастающего «микровакуума», по всему периметру окружности макулярного разрыва, происходит одновременное малотравматичное стягивание, разглаживание и соединение противоположных стенок макулярного разрыва за разорванные участки сохранившейся фовеолярной ткани. Параллельно с этим процессом в результате действия силы тяжести ПФОС соединенные остатки ткани стенок макулярного разрыва фиксируются и удерживаются в зоне фовеа. Эта микроманипуляция возвращает сохранившуюся фовеолярную ткань к исходному микроанатомическому/микрогистологическому положению.

Предлагаемое технологией время удержания стенок разрыва силой тяжести ПФОС в сомкнутом состоянии (не менее 10 мин) дает возможность в растянутой ткани сетчатки значительно ослабить центробежные силы эластичности. Эта важная особенность позволяет после удаления ПФОС временно удерживать в сомкнутом состоянии соединенные стенки макулярного разрыва. Таким образом появляется достаточный промежуток времени для покрытия раневой поверхности АКП с формированием герметичной бляшки. По мере наложения АКП на зону раневого соединения, параллельно с процессом завершения формирования бляшки во внутриранеовом пространстве макулярного разрыва происходят следующие события.

Под формирующейся бляшкой АКП после прекращения действия удерживающей силы (фиксирующей силы, тяжести ПФОС) активируются сохранившиеся

центробежные силы эластичности ткани сетчатки, которые начинают растягивать сомкнутые стенки макулярного разрыва в центробежном направлении. В результате под герметичной бляшкой происходит частичное микрорасхождение стенок макулярной раны. В момент микрорасхождения стенок макулярной раны в образующемся раневом микропросвете возникает отрицательное давление, которое нарастает по мере увеличения микропросвета и формирует микровакуумный эффект, обеспечивающий всасывание жидких фракций еще полностью несвернувшейся АКП. Этот процесс по времени динамичный и идет на уровне микроскопических изменений.

Всасывающаяся в микропросвет АКП (рис. 3Б) осуществляет наиболее полное микроскопическое покрытие склеиваемых неровных поверхностей стенок разорванной макулярной ткани. При этом происходит затекание аутоплазмы в неровности, микротрещины и микрополости. Таким образом, достигается максимальное покрытие АКП («биологическим клеем») соединяемых (склеиваемых) раневых поверхностей макулярного разрыва.

Между соединяемыми поверхностями образуется склеивающий биологический вкладыш (сгусток) из свернувшейся АКП. На томограммах (рис. 5), где удалось сделать снимки ОСТ на воздушной тампонаде через 6 ч после операции, хорошо видно, как АКП полностью заполняет внутриранеовое пространство, затекая в неровности стенок раны. Вкладыш из АКП имеет разветвленную конфигурацию, повторяет неровный рельеф стенок макулярного разрыва. Это подтверждает механизм микровакуумного всасывания АКП из покрывающей макулярный разрыв бляшки. Кроме того, уже на этом этапе обращает на себя внимание отсутствие ретинальных пристеночных кист и полостей, что демонстрирует хорошую эвакуацию из макулярного разрыва не только внутриранеовой, но и внутритканевой жидкости из пристеночных зон макулярного разрыва, включая ретинальные кисты и полости стенок разрыва.

На третьи сутки все эти признаки усиливаются, что подтверждает вышеописанные механизмы реконструкции

фовеа (рис. 4). В большинстве случаев вкладыш превращается в линию соединения (склеивания) разрыва макулы с формированием макулярного профиля и морфологической организацией тканевой структуры макулярной/фовеолярной области. Происходит процесс восстановления архитектоники макулярной/фовеолярной области. На снимках просматриваются процессы сегментации сетчатки и восстановления наиболее значимых структур сетчатки: фовеолярный профиль, эллипсоидная зона, наружная пограничная мембрана, наружный плексиформный слой, внутренний плексиформный слой.

В отдаленном периоде восстановление архитектоники завершается, формируется нежный рубец в фовеа на месте разрыва, вокруг которого соединяются каркасные структуры сетчатки макулярной/фовеолярной зоны. Сохранившиеся нейронные клеточные структуры фовеа стремятся занять свои нормальные микроанатомические/микроструктурные места, обеспечивая восстановление сохранившегося зрительного потенциала сетчатки. Таким образом, завершается процесс микрореконструкции архитектоники фовеа.

Помимо склеивающего потенциала, вкладыш имеет не менее значимый набор естественных биологических веществ, обеспечивающих регенерационный и репарационный потенциал. По сути, предлагаемая технология максимально приближается к микромеханизмам

естественного восстановительного процесса ткани, который обеспечивает постоянное физиологическое самовосстановление микроповреждений ткани, происходящих в процессе активной жизнедеятельности организма человека.

ВЫВОДЫ

1. Использование мягкого микровакуума в атравматичном соединении остатков фовеолярной ткани сетчатки, а также в максимальном покрытии склеивающим веществом неровных поверхностей разорванной ткани макулы обеспечивает оптимальную реконструкцию микроархитектоники фовеа.
2. В результате понимания микропроцессов, происходящих при предлагаемой технологии соединения (склеивания) стенок макулярного разрыва, появляется возможность совершенствовать технологию и добиваться более высокого и полноценного восстановления зрительных функций.
3. Приближение технологий к естественным процессам самовосстановления живой ткани позволяет оптимально использовать ресурс организма в восстановлении поврежденных микроструктур фовеа и жизненно важных функций.
4. Более тонкое понимание микропроцессов при манипуляциях в микромире живой ткани открывает новые возможности в развитии клинической медицины микромира живого человека.

Литература

1. Аксенова С. В., Хозина Е. А., Васильева О. А., Кумакшева Т. Н., Зотов Р. А. Макулярный разрыв: современные аспекты этиологии, диагностики и лечения. Современные проблемы науки и образования. 2023; 2.
2. Sen S, Udaya P, Maheshwari JJ, Ramasamy K, Kannan NB, Dharmalingam K. Profiling of idiopathic macular hole vitreous proteome identifies the role of extracellular matrix remodelling, epithelial-mesenchymal transformation and unfolded protein-response pathways. *Indian J Ophthalmol.* 2023; 71 (5): 2027–40.
3. Nicolosi C, Vicini G, Bacherini D, Giattini D, Lombardi N, Esposito C, Rizzo S, Giansanti F. Non-Invasive Retinal Imaging Modalities for the Identification of Prognostic Factors in Vitreoretinal Surgery for Full-Thickness Macular Holes. *Diagnostics.* 2023; 13 (4): 589.
4. Shukla D, Kallathi J, Srinivasan K, Neelakantan N, Rajendran A, Naresh KB, et al. Management of rhegmatogenous retinal detachment with coexisting macular hole: a comparison of vitrectomy with and without internal limiting membrane peeling. *Retina.* 2013; 33 (3): 571–78.
5. Duker JS, Kaiser PK, Binder S, et al. The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology.* 2013; 120 (12): 2611–19.
6. Бронский Д. И., Зайка В. А., Якимов А. П. Оценка изменения эллипсоидной зоны сетчатки до и после хирургического лечения сквозных макулярных разрывов. *Офтальмохирургия.* 2023; 3: 72–77.
7. Lachance A, You E, Garneau J, Bourgault S, Caissie M, Tourville E, Dirani A. Revision surgery for idiopathic macular hole after failed primary vitrectomy. *J Ophthalmol.* 2021; p. 1–7.
8. Шкворченко Д. О., Крупина Е. А., Фомин А. В. ОКТ-ангиография в оценке результатов хирургического лечения макулярных разрывов. *Офтальмология.* 2019; 16 (3): 310–6.
9. Бронский Д. И., Жукова С. И., Зайка В. А., Шуко А. Г. Оценка степени восстановления структуры сетчатки и хориоретинального кровотока после хирургического лечения макулярных разрывов большого диаметра. *Acta biomedica scientifica.* 2021; 6 (6–1): 159–67.
10. Stappeler T, Montesel A, Konstantinidis L, Wolfensberger TJ, Eandi CM. Inverted internal limiting membrane flap technique for macular hole coexistent with rhegmatogenous retinal detachment. *Retina.* 2022; 42 (8): 1491–7.
11. Zhao PP, Wang S, Liu N, Shu ZM, Zhao JS. A review of surgical outcomes and advances for macular holes. *J Ophthalmol.* 2018; p.1–10
12. Abouhoussein MA, Elbaha SM, Aboushousha M. Human amniotic membrane plug for macular holes coexisting with rhegmatogenous retinal detachment. *Clin Ophthalmol.* 2020; (14): 2411–6.
13. Крупина Е. А. Хирургическое лечение идиопатического макулярного разрыва с применением богатой тромбоцитами плазмы крови [диссертация]. М., 2019.
14. Попов Е. М., Куликов А. Н., Чурашов С. В., Гаврилюк И. О., Егорова Е. Н., Аббасова А. И. Сравнение показателей получаемой разными способами аутоплазмы, используемой для лечения пациентов с макулярным разрывом. *Офтальмологические ведомости.* 2021; 14 (4): 27–34.
15. Арсюттов Д. Г. Использование аутологичной кондиционированной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в хирургии регматогенной отслойки сетчатки с центральным и периферическими разрывами. *Acta biomedica scientifica.* 2019; 4 (4): 61–65.
16. Байбородов Я. В., Жоголев К. С. Аутологичная кондиционированная плазма — индуцированная фибриновая пленка в хирургическом лечении макулярных разрывов. *Современные технологии в офтальмологии.* 2020; (4): 283.
17. Meuer SM, Myers CE, Klein BE, Swift MK, Huang Y, Gangaputra S, Pak JW, Danis RP, Klein R. The epidemiology of vitreoretinal interface abnormalities as detected by spectral-domain optical coherence tomography: the beaver dam eye study. *Ophthalmology.* 2015; 122 (4): 787–95.
18. Бикбов М. М., Алтынбаев У. Р. Способ хирургического лечения макулярного разрыва. Патент РФ №2407493. 27.12.2010
19. Бикбов М. М., Алтынбаев У. Р., Гильманшин Т. Р., Чернов М. С. Выбор способа интраоперационного закрытия идиопатического макулярного разрыва большого диаметра. *Офтальмохирургия.*

- 2010; 1: 25–28.
20. Балашевич Л. И., Байбородов Я. В. Хирургическое лечение макулярных разрывов, вызванных лазерным повреждением фовеолы (клинический случай). Современные технологии лечения витреоретинальной патологии — 2013: материалы науч.-практ. конф. М., 2013; 27 с.
21. Файзрахманов Р. Р., Шишкин М. М., Павловский О. А., Ларина Е. А. Оперативное лечение макулярного разрыва. Уфа: Башк. энцикл., 2020; 144 с.
22. Захаров В. Д., Кислицина Н. М., Колесник С. В., Новиков С. В., Колесник А. И., Веселкова М. П. Современные подходы к хирургическому лечению сквозных идиопатических макулярных разрывов большого диаметра (обзор литературы). 2018; 3 (4): 64–70.

References

- Aksenova SV, Hozina EA, Vasileva OA, Kumaksheva TN, Zotov RA. Makuljarnyj razryv: sovremennye aspekty jetiologii, diagnostiki i lechenija. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2023; 2. Russian.
- Sen S, Udaya P, Maheshwari JJ, Ramasamy K, Kannan NB, Dharmalingam K. Profiling of idiopathic macular hole vitreous proteome identifies the role of extracellular matrix remodelling, epithelial-mesenchymal transformation and unfolded protein-response pathways. *Indian J Ophthalmol*. 2023; 71 (5): 2027–40.
- Nicolosi C, Vicini G, Bacherini D, Giattini D, Lombardi N, Esposito C, Rizzo S, Giansanti F. Non-Invasive Retinal Imaging Modalities for the Identification of Prognostic Factors in Vitreoretinal Surgery for Full-Thickness Macular Holes. *Diagnostics*. 2023; 13 (4): 589.
- Shukla D, Kalliath J, Srinivasan K, Neelakantan N, Rajendran A, Naresh KB, et al. Management of rhegmatogenous retinal detachment with coexisting macular hole: a comparison of vitrectomy with and without internal limiting membrane peeling. *Retina*. 2013; 33 (3): 571–78.
- Duker JS, Kaiser PK, Binder S, et al. The Internation Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology*. 2013; 120 (12): 2611–19.
- Bronskij DI, Zaika VA, Yakimov AP. Ocenka izmenenija jellipsoidnoj zony setchatki do i posle hirurgicheskogo lechenija skvoznyh makuljarnyh razryvov. *Oftal'mohirurgija*. 2023; 3: 72–77. Russian.
- Lachance A, You E, Garneau J, Bourgault S, Caissie M, Tourville E, Dirani A. Revision surgery for idiopathic macular hole after failed primary vitrectomy. *J Ophthalmol*. 2021; p. 1–7.
- Shkvorchenko DO, Krupina EA, Fomin AV. OKT-angiografija v ocenke rezul'tatov hirurgicheskogo lechenija makuljarnyh razryvov. *Oftal'mologija*. 2019; 16 (3): 310–6. Russian.
- Bronskij DI, Zhukova SI, Zaika VA, Shhuko AG. Ocenka stepeni vosstanovlenija struktury setchatki i horioretinal'nogo krovotoka posle hirurgicheskogo lechenija makuljarnyh razryvov bol'shogo diametra. *Acta biomecnica scienti ca*. 2021; 6 (6–1): 159–67. Russian.
- Stappler T, Montesel A, Konstantinidis L, Wolfensberger TJ, Eandi CM. Inverted internal limiting membrane flap technique for macular hole coexistent with rhegmatogenous retinal detachment. *Retina*. 2022; 42 (8): 1491–7.
- Zhao PP, Wang S, Liu N, Shu ZM, Zhao JS. A review of surgical outcomes and advances for macular holes. *J Ophthalmol*. 2018; p.1–10.
- Abouhoussein MA, Elbaha SM, Aboushousha M. Human amniotic membrane plug for macular holes coexisting with rhegmatogenous retinal detachment. *Clin Ophthalmol*. 2020; (14): 2411–6.
- Krupina EA. Hirurgicheskoe lechenie idiopaticeskogo makuljarnogo razryva s primeneniem bogatoj poluchaemoj plazmy krovi [dissertacija]. M., 2019. Russian.
- Popov EM, Kulikov AN, Churashov SV, Gavriljuk IO, Egorova EN, Abbasova AI. Sravnenie pokazatelej poluchaemoj raznymi sposobami autoplazmy, ispol'zuemoj dlja lechenija pacientov s makuljarnym razryvom. *Oftal'mologicheskie vedomosti*. 2021; 14 (4): 27–34. Russian.
- Arsjutov DG. Ispol'zovanie autologichnoj kondicionirovannoj plazmy, obogashhennoj trombocitami, v hirurgii regmatogennoj otslojki setchatki s central'nym i perifericheskimi razryvami. *Acta biomecnica scientifica*. 2019; 4 (4): 61–65. Russian.
- Bajborodov YaV, Zhogolev KS. Autologichnaja kondicionirovannaja plazma — inducirovannaja fibrinnaja plenka v hirurgicheskom lechenii makuljarnyh razryvov. *Sovremennye tehnologii v oftal'mologii*. 2020; (4): 283. Russian.
- Meuer SM, Myers CE, Klein BE, Swift MK, Huang Y, Gangaputra S, Pak JW, Danis RP, Klein R. The epidemiology of vitreoretinal interface abnormalities as detected by spectral-domain optical coherence tomography: the beaver dam eye study. *Ophthalmology*. 2015; 122 (4): 787–95.
- Bikbov MM, Altynbaev UR. Sposob hirurgicheskogo lechenija makuljarnogo razryva. Patent RF #2407493. 27.12.2010. Russian.
- Bikbov MM, Altynbaev UR, Gilmanshin TR, Chernov MS. Vybor sposoba intraoperacionnogo zakrytija idiopaticeskogo makuljarnogo razryva bol'shogo diametra. *Oftal'mohirurgija*. 2010; 1: 25–28. Russian.
- Balashевич LI, Bajborodov YaV. Hirurgicheskoe lechenie makuljarnyh razryvov, vyzvannyh lazernym povrezhdeniem foveoly (klinicheskij sluchaj). *Sovremennye tehnologii lechenija vitreoretinal'noj patologii 2013: materialy nauch.-prakt. konf. M., 2013; 27 s. Russian.*
- Fajzrahmanov RR, Shishkin MM, Pavlovskij OA, Larina EA. Operativnoe lechenie makuljarnogo razryva. Ufa: Bashk. jencikl., 2020; 144 s. Russian.
- Zaharov VD, Kislicina NM, Kolesnik SV, Novikov SV, Kolesnik AI, Veselkova MP. Sovremennye podhody k hirurgicheskomu lecheniju skvoznyh idiopaticeskikh makuljarnyh razryvov bol'shogo diametra (obzor literatury). 2018; 3 (4): 64–70. Russian.