



Аутологичная пересадка сетчатки в случаях рефрактерных и первичных больших макулярных разрывов: предиктивные биомаркеры интеграции трансплантата, отдаленные результаты и персонификация метода

Я.В. Байборо́дов

«Клиника глазные болезни», ул. Зоологическая, д. 22, Москва, 109240, Россия

Одним из новых перспективных методов хирургического лечения больших макулярных разрывов (МР) является аутологичная трансплантация сетчатки (АТС). Цель работы — персонификация АТС. Материал и методы. Первая в России АТС была выполнена мной 2 марта 2021 г. В исследование включены 35 пациентов (35 глаз) с диагностированными рефрактерными (ранее неоднократно оперированными без достижения закрытия разрыва) и большими МР диаметром более 800 мкм. Всем пациентам проведена стандартная трехпортовая 25G-витрэктомия. Затем выкраивался фрагмент нейросетчатки из периферической зоны. Полученный трансплантат переносился в зону разрыва, далее ПФОС заменялся на силикон или фиксировался газовой смесью (С3F8). Для определения предиктивных критерии оценки интеграции и жизнеспособности трансплантата после АТС были выбраны контрольные точки (7 дней и 1 мес после АТС) и установлены следующие биомаркеры: реконструкция эллипсоидной зоны, выравнивание нейросенсорных слоев, скорость вертикальной и горизонтальной интеграции трансплантатов. Результаты. Через 12 мес после операции у 98 % пациентов отмечалось полное анатомическое закрытие МР. Все пациенты наблюдались минимум 6 мес после оперативного лечения. Среднее значение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) до операции составляло 0,08, через 6 мес после хирургии — 0,23. Через 2 года после АТС обследовано 20 пациентов, из них 15 (75 %) пациентов сохранили высокую МКОЗ — $0,30 \pm 0,08$. Заключение. Полученные высокие анатомические и функциональные результаты можно объяснить персонификацией АТС для хирургии МР: метод внахлест — для травматических и рефрактерных МР, а метод «край в край» — для больших первичных МР.

Ключевые слова: аутотрансплантация сетчатки; большой макулярный разрыв; витрэктомия; персонификация метода

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Байборо́дов Я.В. Аутологичная пересадка сетчатки в случаях рефрактерных и первичных больших макулярных разрывов: предиктивные биомаркеры интеграции трансплантата, отдаленные результаты и персонификация метода. Российский офтальмологический журнал. 2025; 18 (4):25-33. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-4-25-33>

Autologous retinal transplantation in cases of refractory and primary large macular holes: predictive biomarkers of graft integration, long-term results and personalization of the method

Yaroslav V. Bayborodov

“Eye Diseases Clinic”, 22, Zoologicheskaya St., Moscow, 109240, Russia
yaroslavvitsug@rambler.ru

One of the new promising methods of surgical treatment of large macular holes (MH) is autologous retinal transplantation (ART) procedure. Purpose — personification of the ART. Material and methods. The first ART in the Russian Federation was carried out by me in March 02, 2021. The study included 35 patients (35 eyes) with diagnosed refractory (previously repeatedly operated without achieving closure of the hole) and large MH with a diameter of more than 800 microns. All patients conducted a standard triport 25G vitrectomy. Then, a fragment of neurosettes from the peripheral zone was cut. The resulting transplant was transferred to the hole zone, then the PFCL was replaced by silicone or fixed by the gas mixture (C3F8). As a predictive criteria for assessing the integration and viability of the graft after the ART, control points (7 days and 1 month after the surgery) were determined and the following biomarkers were established: reconstruction of the ellipsoid zone, alignment of neurosenerable layers, the speed of vertical and horizontal integration of transplants. Results. 12 months after the operation, 98 % of patients had a complete anatomical closure of the MH. All patients were tracked at least 6 months after surgical treatment. Average value of best corrected visual acuity (BCVA) before surgery was 0.08, 6 months after surgery — 0.23. Two years after the ART, 20 patients were monitored, of which 15 (75 %) patients retained a high BCVA of 0.30 ± 0.08 . Conclusion. The obtained high anatomical and functional results can be explained by the personification of ART for MH surgery: the method is overlapped for traumatic and refractory MH, and the edge in the edge for large primary MH.

Keywords: autologous retinal transplantation; large macular hole; vitrectomy; personification of the method

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

For citation: Bayborodov Y.V. Autologous retinal transplantation in cases of refractory and primary large macular holes: predictive biomarkers of graft integration, long-term results and personalization of the method. Russian ophthalmological journal. 2025; 18 (4): 25-33 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-4-25-33>

Макулярные разрывы (МР) представляют собой патологические изменения центральной зоны сетчатки, приводящие к значительному ухудшению остроты зрения.

Современные подходы к лечению МР с доказанной клинической эффективностью предполагают применение методов снятия тракций: это витрэктомия [1] с окрашиванием и удалением внутренней пограничной мембранны (ВПМ) [2], пластика инвертированным лоскутом ВПМ [3], концепция анатомической реконструкции фовеолы: удаление ВПМ сетчатки без окрашивания, с использованием света с низкой токсичностью и яркостью светового потока, щадящий подход к площади удаления ВПМ, применение техники сближения краев разрыва под интраоперационным контролем с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ), оптимальный выбор тампонирующего агента при завершении операции [4, 5], применение богатой тромбоцитами плазмы (БоТП) без удаления ВПМ [6], применение БоТП после удаления ВПМ [7], применение техники свободного лоскута ВПМ [8], использование активированной кондиционированной плазмы (АКП) [9], метод макулярной гидродиссекции [10], техника размещения амниотической мембранны внутрь МР [11]. Однако при рефрактерных и больших МР эти методы не всегда дают удовлетворительный результат, что требует поиска альтернативных подходов.

Одним из новых перспективных методов хирургического лечения МР является аутологичная трансплантация

сетчатки (АТС). Впервые АТС при большом МР выполнил в 2016 г. хирурги из США D. Grewal и T. Mahmoud [12]. После первой публикации этот метод был использован многими хирургами в различных модификациях, включая комбинированные нейросенсорные гraftы и субретинальное размещение трансплантата [13]. На жизнеспособность пересаженной сетчатки указывают наличие васкуляризации и реперфузии трансплантата [14].

Технология АТС как хирургический метод открыла новые возможности для решения проблемы больших и рефрактерных МР. Глобальный консорциум хирургов по всему миру подтвердил анатомическую и функциональную эффективность АТС при рецидивирующих и первичных МР [15].

Этот подход основан на пересадке собственных тканей пациента для восстановления анатомической целостности и функции сетчатки и является по своей сути методом аутопластики дефекта ткани или макулопластикой аутологичной периферической сетчаткой (МАПС).

При этом остается открытым вопрос о том, как пересаживать сетчатку: внахлест или «край в край», чтобы получить лучший результат хирургии.

В данном контексте особенно актуален поиск предиктивных биомаркеров и контрольных точек интеграции аутотрансплантата при АТС в случаях рефрактерных и больших МР для персонификации хирургического лечения.

ЦЕЛЬ исследования — персонификация АТС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Первая в РФ АТС была выполнена мной 2 марта 2021 г.

В данное исследование включены 35 пациентов (35 глаз) с диагностированными рефрактерными (ранее неоднократно оперированными без достижения закрытия) и большими МР диаметром более 800 мкм (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика пациентов, включенных в исследование
Table 1. Characteristics of patients included in the study

Номер Number	Пациент Name	Возраст Age	Пол Gender	МКОЗ до операции BCVA before surgery	Диаметр МР, мкм MH diameter, μ m	Тип МР Type of MH	Тип операции Type of surgery
1	А. А.	69	Ж W	0,03	1328	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
2	Г. Г.	66	Ж W	0,01	1432	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap
3	Е. Е.	65	Ж W	0,05	892	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
4	И. И.	70	М M	0,1	983	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
5	О. О.	61	Ж W	0,03	1180	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
6	П. Р.	59	Ж W	0,03	1086	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
7	П. Р.	72	Ж W	0,08	989	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
8	П. Р.	73	Ж W	0,1	2500	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
9	П. Р.	68	М M	0,1	883	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
10	Р. Р.	56	М M	0,04	956	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
11	А. А.	74	Ж W	0,1	976	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
12	С. С.	68	Ж W	0,1	899	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
13	Т. Т.	62	Ж W	0,1	934	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
14	Ф. Ф.	57	Ж W	0,3	859	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
15	Ш. Ш.	69	Ж W	0,15	1150	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
16	А. А.	74	Ж W	0,03	1370	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
17	Г. Г.	4	М M	0,01	1480	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
18	Е. Е.	71	Ж W	0,05	1230	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
19	И. И.	64	Ж W	0,1	1130	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
20	О. О.	67	Ж W	0,03	896	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
21	П. Р.	48	Ж W	0,03	987	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap
22	Д. Д.	49	Ж W	0,08	965	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap
23	П. Р.	53	Ж W	0,1	1240	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
24	С. С.	64	Ж W	0,1	1087	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
25	Р. Р.	68	М M	0,1	889	Первичный Primary	Нахлест Overlap
26	С. С.	72	Ж W	0,1	1289	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
27	Т. Т.	65	Ж W	0,1	983	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap

Пациенты жаловались на темное пятно в центре и выраженные искажения предметов. В диагностике применялся мультимодальный подход, выполнялись следующие исследования: оценка остроты зрения, цветная фотография глазного дна, ОКТ, интра-ОКТ-контроль в операционной, микропериметрия по возможности. Средний диаметр МР

Номер Number	Пациент Name	Возраст Age	Пол Gender	МКОЗ до операции BCVA before surgery	Диаметр MP, мкм MH diameter, μ m	Тип MP Type of MH	Тип операции Type of surgery
28	Ф. F.	66	Ж W	0,2	870	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
29	Н. N.	71	М M	0,15	921	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge
30	П. P.	57	Ж W	0,04	869	Первичный Primary	Край в край Edge to edge
31	К. K.	67	М M	0,08	1580	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
32	Р. R.	69	Ж W	0,1	3300	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
33	П. P.	72	М M	0,1	879	Первичный Primary	Нахлест Overlap
34	Р. R.	74	М M	0,04	1480	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
35	З. Z.	59	Ж W	0,05	1390	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap
Среднее Average		64		0,083	1196,629		

составлял 1196 мкм, среднее значение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) — 0,08.

Всем пациентам проведена стандартная трехпортовая 25G-вitrektомия. После проведения витрэктомии и удаления задней гиалоидной мембрани (ЗГМ) выполнялось снятие ВПМ вокруг зоны MP. Затем выкраивался фрагмент нейросетчатки из периферической зоны. Полученный трансплантат переносился в зону разрыва, затем производилась тампонада ПФОС с адаптацией краев разрыва, аппликация АКП к краям трансплантата, контролировалось образование склеивающей фибринной пленки с помощью интра-ОКТ, далее ПФОС заменялся на силикон или осуществлялась фиксация газовой смесью (C3F8).

Для определения предиктивных критериев оценки интеграции и жизнеспособности трансплантата после АТС были выбраны контрольные точки (7 дней и 1 мес после АТС) и установлены следующие биомаркеры: реконструкция эллипсоидной зоны (ЭЗ), выравнивание нейросенсорных сло-

ев (ВНС), скорость вертикальной интеграции трансплантатов и скорость горизонтальной интеграции трансплантатов.

Оценивалась также гипорефрактивность трансплантатов, которая отражает отсутствие отека и гипоксии пересаженной сетчатки, гиперрефлективность трансплантатов, предполагающая их транзиторную гипоксию, принималось во внимание уменьшение максимального диаметра MP и исчезновение центральной скотомы у пациентов после АТС, указывающее на связь аутотрансплантата с окружающими

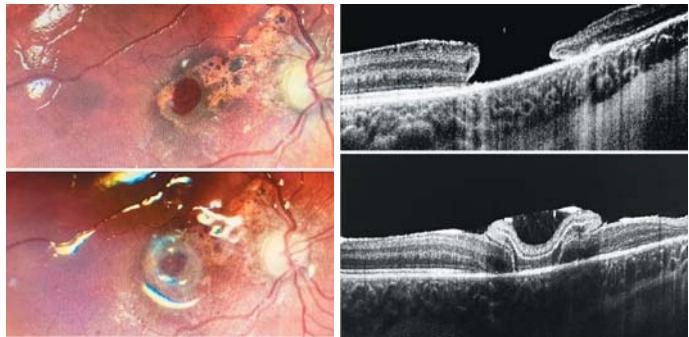
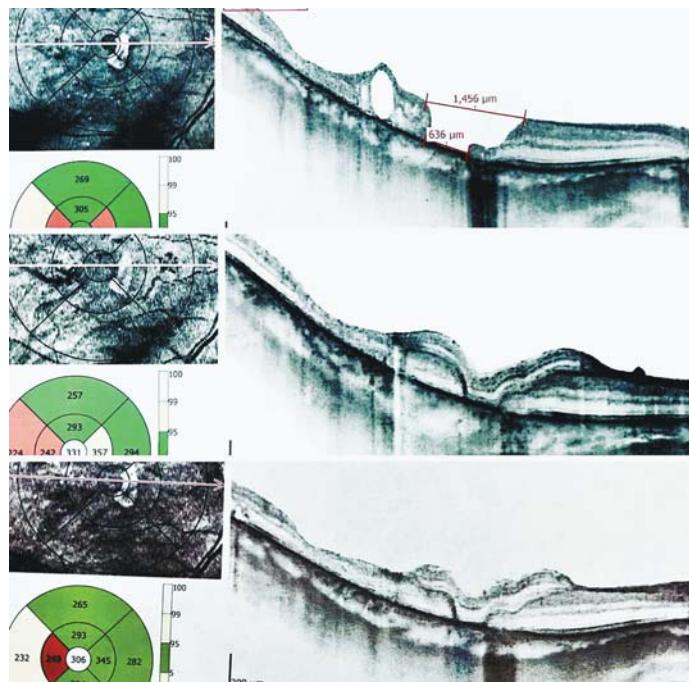


Рис. 1. Техника «внахлест». Мальчик 4 лет. Через 2 дня после АТС ребенок начал тянуться к игрушкам — появилось предметное зрение. Верхний скан — нижний диаметр 2590 мкм, нижний скан — на следующий день после операции: уменьшение нижнего диаметра разрыва увеличивает разрешающую способность глаза, что приводит к увеличению остроты зрения

Fig. 1. Overlap technique. A 4-year-old boy. Two days after autologous retinal transplantation, the child began to reach for toys — his form vision appeared. The upper scan shows a lower diameter of 2590 μ m. The lower scan — the day after surgery: the lower diameter has decreased to 400 μ m. Reducing the lower diameter of the hole increases the resolving power of the eye, leading to improved visual acuity

Рис. 2. Техника «внахлест». Верхний скан — неудачно прооперированный в другой клинике MP — ПФОС под сетчаткой, атрофия пигментного эпителия, МКОЗ = 0,08. Средний скан — состояние через 3 дня после операции, МКОЗ = 0,3. Нижний скан — состояние через 2 года после пересадки, МКОЗ = 0,4

Fig. 2. Overlap technique. Upper scan — unsuccessfully operated macular hole in another clinic — PFCL under the retina, pigment epithelium atrophy — BCVA = 0.08. Middle scan — condition 3 days after surgery — BCVA = 0.3. Lower scan — condition 2 years after ART — BCVA = 0.4

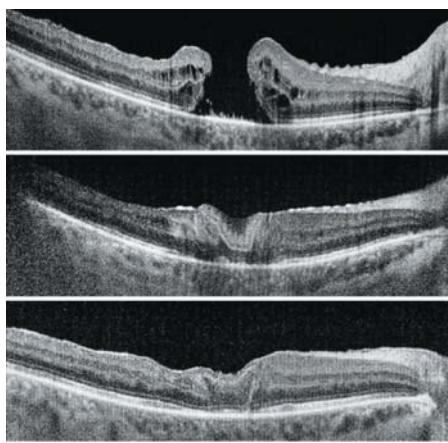


Рис. 3. Методика АТС — край в край. Верхний снимок — до пересадки, МКОЗ = 0,08. Средний снимок — наличие гиперрефлективного фокуса и гипоксия трансплантата, МКОЗ = 0,15. Нижний скан — через 2 года после хирургии: гипорефлективность пересаженной сетчатки, ВНС, при котором трансплантат и сетчатка интегрируются и появляются наружный ядерный слой, наружная пограничная мембрана и ЭЗ, МКОЗ = 0,4

Fig. 3. ART method — edge to edge. The upper image is before transplantation, BCVA = 0.08. The middle image shows the presence of a hyperreflective focus and transplant hypoxia, BCVA = 0.15. The lower scan is 2 years after surgery: hyporeflectivity of the transplanted retina. Alignment of neurosensory layers, in which the transplant and retina integrate and the outer nuclear layer, external limiting membrane and ellipsoid zone appear, BCVA = 0.4

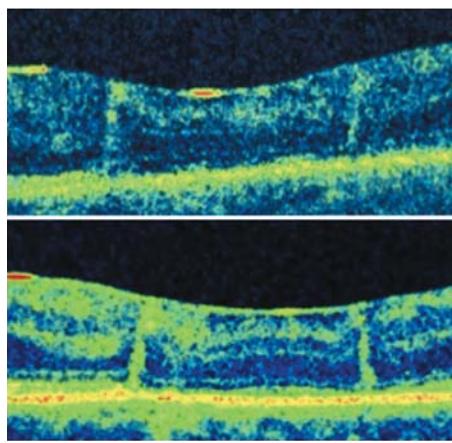


Рис. 4. ОКТ. Техника «край в край». Верхний снимок слева — 7 дней после пересадки: слои сетчатки и трансплантата плохо дифференцируются; нижний слева — достигнута ВИ, где отмечена реконструкция ЭЗ, ВНС, в котором донорский трансплантат и окружающая сетчатка интегрируются, чтобы выстроиться слой за слоем; средний снимок справа — синяя стрелка показывает наличие гиперрефлективного фокуса, указывающего на транзиторную гипоксию трансплантата; нижний правый скан — ГИ — исчезновение вертикальной линии между донорским трансплантатом и реципиентной сетчаткой, отмечается в первую послеоперационную неделю в большинстве случаев и обычно разрешается к первому послеоперационному месяцу, поскольку трансплантат интегрируется с реципиентной сетчаткой. Отмечается также гипорефлективность пересаженной сетчатки, ВНС и появление ЭЗ

Fig. 4. OCT. Edge-to-edge technique. The upper picture on the left is 7 days after ART: the layers of the retina and transplant are poorly differentiated, the lower on the left is the vertical integration (VI), where the EZ reconstruction, the alignment of the neurosensory layers (ANL) in which the donor transplant and the surrounding retina are integrated to be built up the layer by the layer, in the middle picture the blue arrow shows the presence of a hyperreflective focus indicating transplant hypoxia. The lower right scan — horizontal integration (HI) — the disappearance of the vertical line between the donor transplant and the recipient retina was noted in the first postoperative week in most cases, and it was usually resolved to the first postoperative month, since the transplant was integrated with the recipient retina. The hyporeflection of the transplanted retina, the ANL and the appearance of EZ are also noted

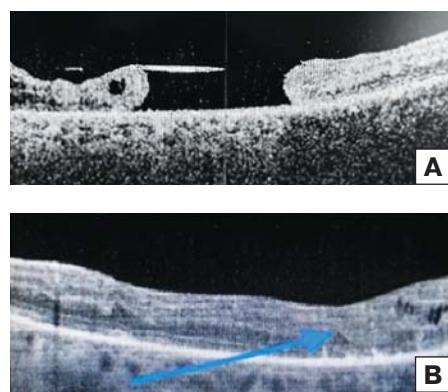
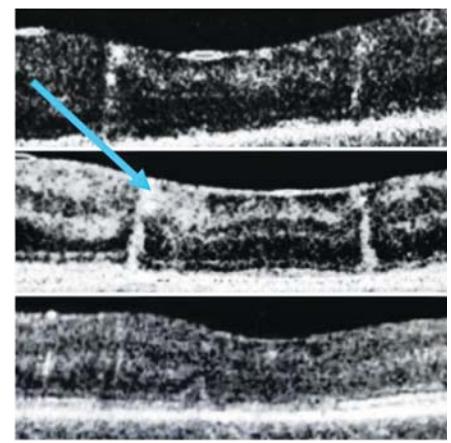


Рис. 5. Метод АТС — край в край — сложен технически, но лучше функционально. А — сквозной разрыв минимальным диаметром 3000 мкм, Б — визуализируется (синяя стрелка) граница разделения «трансплантат и реципиентная сетчатка», В — 7 дней после пересадки, очевидно, что произошла вертикальная интеграция (синяя стрелка). Восстановление ЭЗ и ВНС уже через 1 мес после АТС (МКОЗ = 0,3). Затем нивелируется граница разделения «трансплантат и реципиентная сетчатка» (исчезновение вертикальной линии) — происходит горизонтальная интеграция. Г — ОКТ через 3 года после АТС: очевидно, что трансплантат сетчатки служит каркасом для центростремительной миграции краев отверстия [16], при этом МКОЗ = 0,25

Fig. 5. The edge-to-edge ART method is technically complex, but functionally superior. А — through-and-through break with a minimum diameter of 3000 μ m, Б — visualization (blue arrow) of the separation border between the “graft and recipient retina”, В — 7 days after transplantation, it is obvious that vertical integration has occurred (blue arrow). Restoration of the EZ and ANL already 1 month after ART (BCVA = 0.3). Then the separation border between the “graft and recipient retina” is leveled (disappearance of the vertical line) — horizontal integration occurs. Г — OCT 3 years after ART: it is obvious that the retinal transplant serves as a framework for centripetal migration of the hole edges [16], while BCVA = 0.25



ганглиозными клетками, которая может увеличить рецептивное поле, обуславливая переход положительной скотомы в отрицательную.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анатомические результаты. Через 12 мес после операции у 98 % пациентов отмечалось полное анатомическое закрытие МР (табл. 1–7).

Все пациенты наблюдались минимум 6 мес после оперативного лечения. У 33 (95 %) пациентов зафиксировано значительное улучшение центрального зрения (в среднем на 3 строчки по таблице Сивцева) в ближайший месяц после операции. От года до двух лет были отслежены 20 пациентов (20 разрывов). Через 2 года после пересадки высокую остроту зрения $0,30 \pm 0,08$ сохранили 15 (75 %) пациентов (табл. 2–4).

Полученные данные демонстрируют высокую эффективность и безопасность АТС для лечения рефрактерных и больших МР.

По сравнению с классическими способами закрытия разрыва с помощью БоТП и силикона в хирургии МР от 900 мкм, при которых острота

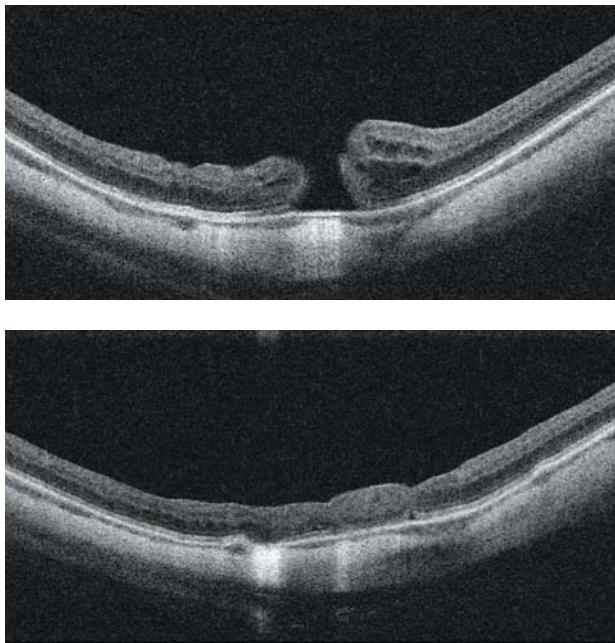


Рис. 6. Метод «край в край». Верхний скан — дважды рецидивировавший МР, МКОЗ = 0,06. Нижний скан — МКОЗ = 0,5, через 6 мес после АТС

Fig. 6. Edge-to-edge method. Upper scan — twice recurrent MH, BCVA = 0.06. Lower scan — BCVA = 0.5, 6 months after ART

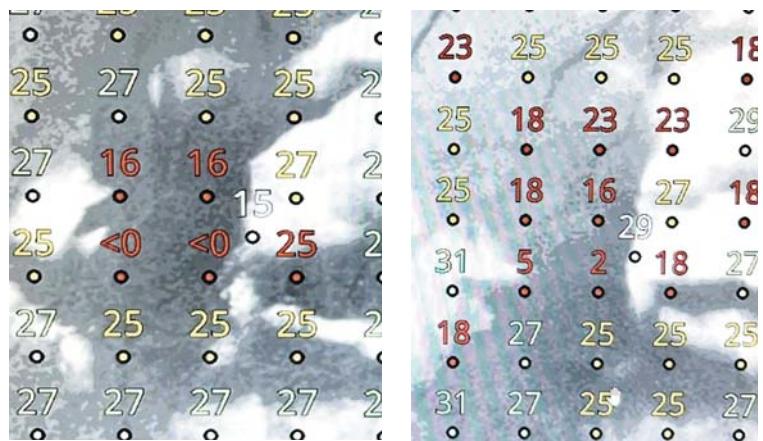


Рис. 7. Микропериметрия. Снимок слева — 7 дней после АТС: чувствительность трансплантата — 0 дБ, чувствительность точки фиксации по краю МР сетчатки — 15 дБ; справа — через 2 мес: чувствительность трансплантата — 7 дБ, чувствительность точки фиксации на краю сетчатки — 29 дБ. Это свидетельствует о слабом функционировании трансплантата, однако повышение остроты зрения с 0,1 до 0,3, по-видимому, обусловлено не трансплантатом, а самой сетчаткой, точнее, ее прилегшим краем

Fig. 7. Micropertimetry. The picture on the left is 7 days after the ART: the transplant sensitivity — 0 dB, sensitivity of the fixation point along the edge of the MH — 15 dB; On the right — in 2 months: the transplant sensitivity — 7 dB, sensitivity of the fixation point on the edge of the retina — 29 dB. There is weak functioning of the transplant, however, increasing BCVA from 0.1 to 0.3, apparently, is not due to the transplant, but by the retina itself — more precisely, by its attached edge

Таблица 2. Функциональные результаты через 6 мес после хирургического лечения
Table 2. Functional results at 6 months after surgical treatment

Номер Number	Пациент Name	Возраст Age	Пол Gender	МКОЗ до АТС BCVA before ART	Тип МР MH type	Тип операции Operation type	ВИ VI	ГИ HI	МКОЗ после АТС BCVA after ART
1	А. А.	69	Ж W	0,03	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,05
2	Г. Г.	66	Ж W	0,01	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap	Да Yes	Нет No	0,4
3	Е. Е.	65	Ж W	0,05	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Нет No	Да Yes	0,1
4	И. И.	70	М M	0,1	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,25
5	О. О.	61	Ж W	0,03	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,08
6	П. Р.	59	Ж W	0,03	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,02
7	П. Р.	72	Ж W	0,08	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,5
8	П. Р.	73	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,3
9	П. Р.	68	М M	0,1	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,4
10	Р. Р.	56	М M	0,04	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,3
11	А. А.	74	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Нет No	0,2
12	С. С.	68	Ж W	0,1	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,3
13	Т. Т.	62	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Нет No	0,2
14	Ф. Ф.	57	Ж W	0,3	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,35
15	Ш. Ш.	69	Ж W	0,15	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,2

Номер Number	Пациент Name	Возраст Age	Пол Gender	МКОЗ до АТС BCVA before ART	Тип МР MH type	Тип операции Operation type	ВИ VI	ГИ HI	МКОЗ после АТС BCVA after ART
16	А. А.	74	Ж W	0,03	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,08
17	Г. Г.	4	М M	0,01	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,4
18	Е. Е.	71	Ж W	0,05	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,1
19	И. И.	64	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,25
20	О. О.	67	Ж W	0,03	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Нет No	Нет No	0,04
21	П. Р.	48	Ж W	0,03	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,06
22	Д. Д.	49	Ж W	0,08	Травматический Traumatic	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,35
23	П. Р.	53	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,4
24	С. С.	64	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,25
25	Р. Р.	68	М M	0,1	Первичный Primary	Нахлест Overlap	Да Yes	Нет No	0,3
26	С. С.	72	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,15
27	Т. Т.	65	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,1
28	Ф. Ф.	66	Ж W	0,2	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Да Yes	Да Yes	0,4
29	Н. Н.	71	М M	0,15	Рефрактерный Refractory	Край в край Edge to edge	Нет No	Да Yes	0,2
30	П. Р.	57	Ж W	0,04	Первичный Primary	Край в край Edge to edge	Нет No	Нет No	0,04
31	К. К.	67	М M	0,08	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,4
32	Р. Р.	69	Ж W	0,1	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Нет No	0,25
33	П. Р.	72	М M	0,1	Первичный Primary	Нахлест Overlap	Нет No	Нет No	0,15
34	Р. Р.	74	М M	0,04	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Да Yes	Да Yes	0,3
35	З. З.	59	Ж W	0,05	Рефрактерный Refractory	Нахлест Overlap	Нет No	Да Yes	0,2
Среднее Average		64		0,08					0,23

зрения крайне редко превышает 0,1, достигается более высокая МКОЗ — до 0,5. Этот факт заслуживает дальнейшего изучения роли и потенциала периферической сетчатки в получении МКОЗ, что может обнадеживать при других макулярных заболеваниях. Есть данные, что у людей нейральные стволовые и прогениторные клетки обнаруживаются в непосредственной близости от периферической сетчатки. Они могут активироваться в ответ на травму и отслоение при пролиферативной витреоретинопатии [16, 17].

Сравнивая результаты, полученные в глобальном консорциуме, такие как острота зрения 0,3, достигнутая в 13 % случаев [16], мы можем отметить лучшие функциональные результаты нашей методики: данная МКОЗ достигнута в 37 % случаев. Это можно объяснить персонификацией АТС для хирургии МР: метод «внахлест» — для травматических и рефрактерных МР, а метод «край в край» — для больших первичных МР.

ОБСУЖДЕНИЕ

Появление АТС породило новые и интересные клинические вопросы. Что происходит анатомически на границе трансплантата? Как трансплантат интегрируется? Остается открытым вопрос о том, как пересаживать сетчатку: внахлест или край в край? Ряд интересных послеоперационных результатов относительно анатомических особенностей трансплантата после АТС отмечен на ОКТ.

Вертикальная интеграция трансплантата (ВИ): во всех случаях отмечена высокая скорость восстановления ЭЗ и ВНС — уже через 3 мес после АТС. Эти параметры были использованы в качестве контрольных точек интеграции аутотрансплантатов.

В случаях с ВНС слои между донорским трансплантатом и реципиентной сетчаткой, по-видимому, выстраиваются анатомически — внутренний плексиформный к внутреннему плексиформному, а наружный плексиформный к

Таблица 3. Скорость ГИ и ВИ в зависимости от техники хирургии «край в край» и «внахлест»**Table 3.** The speed of HI and VI depending on the edge-to-edge and overlap surgical technique

Тип хирургии Type of surgery	ВИ через 7 дней, % VI in 7 days, %	ГИ через 1 мес, % HI after 1 month, %
Внахлест Overlapping	55	35
Край в край Edge to edge	75	87

Таблица 4. Биомаркеры и отдаленные результаты хирургического лечения**Table 4.** Biomarkers and remote results of surgical treatment

Параметры Parameters	Результаты Results
Количество пациентов Number of patients	35
Возраст (среднее значение) Age (average)	63
Женщины Women	26
Мужчины Men	9
Диаметр МР MH diameter	1196
Максимальный Maximum	1400
Минимальный Minimal	860
МКОЗ после операции (среднее значение) BCVA after surgery (mean value)	0,23
МКОЗ 0,4 BCVA 0.4	26 %
МКОЗ 0,2 и выше BCVA 0.2 and higher	66 %
МКОЗ без динамики BCVA without change	6 %
МКОЗ ухудшение BCVA deterioration	2 %
Переход положительной скотомы в отрицательную Transition of positive scotoma to negative	96 %
Закрытие макулярного разрыва Macular hole closure	98 %
Реконструкция эллипсоидной зоны Reconstruction of the ellipsoid zone	56 %
Выравнивание нейросенсорных слоев (ВНС) Alignment of the neurosensory layers (NSL)	64 %
Уменьшение максимального диаметра МР Reduction of MP maximum diameter	82 %
Смещение трансплантата Graft displacement	2 %
Отслойка сетчатки Retinal detachment	2 %
Затекание ПФОС под трансплантат PFCL leakage under the graft	2 %
Эндофталмит Endophthalmitis	0 %
Повышение ВГД IOP Increase	2 %

наружному. По предварительным данным, обнаружено, что восстановление ЭЗ и ВНС на ОКТ связано с лучшей послеоперационной остротой зрения.

Горизонтальная интеграция трансплантата (ГИ) — исчезновение вертикальной линии между донорским трансплантатом и реципиентной сетчаткой отмечено в первую послеоперационную неделю в большинстве случаев, она обычно разрешалась к первому послеоперационному месяцу, поскольку трансплантат интегрировался с реципиентной сетчаткой.

Расположение трансплантата в той же плоскости, что и реципиентная сетчатка, — край в край — может дать ему самую лучшую возможность для формирования ВНС. Случаи с ВНС нелегкодостижимы, но привели к лучшим функциональным результатам. ВНС может частично объяснить исчезновение центральной скотомы у пациентов после АТС, а связь с окружающими ганглиозными клетками может увеличить рецептивное поле, обуславливая переход положительной скотомы в отрицательную.

Высокая частота — 8 % гиперрефлективных фокусов — была отмечена в трансплантате в раннем послеоперационном периоде до одной недели; аналогичные результаты были ранее зарегистрированы в отношении микроглии у приматов, играющей роль в заживлении ран и иммунологическом ответе сетчатки [18]. Наличие этих гиперрефлективных фокусов влияет на анатомические или функциональные результаты АТС.

Данные показатели, которых всего 8: закрытие МР, реконструкция ЭЗ, выравнивание нейросенсорных слоев, гиперрефлективность трансплантата, гиперрефлективность трансплантата, горизонтальная интеграция трансплантата, вертикальная интеграция трансплантата, уменьшение максимального диаметра МР, служат важными прогностическими послеоперационными биомаркерами в отношении прогноза приживления трансплантата и восстановления остроты зрения.

В этом исследовании обнаружено, что скорость ГИ трансплантата и скорость ВИ трансплантата являются клинически значимыми контрольными точками приживления аутотрансплантата при пересадке сетчатки в случаях рефрактерных и больших МР для последующих определений персонаификации хирургического лечения.

Опираясь на контрольные точки, установили, что при рефрактерных разрывах более эффективна техника «внахлест» с небольшим запасом сетчатки, так как в большинстве случаев происходит ее сокращение. А при больших первичных МР лучший анатомический и функциональный эффект получен при применении техники хирургии «край в край». Это и определяет персонализацию хирургии.

Чем раньше на ОКТ определяется ГИ (донорский трансплантат и реципиентная сетчатка интегрируются — исчезает граница разделения), тем лучше приживляемость и функционирование трансплантата.

То же относится и к ВИ, где высокая скорость восстановления ЭЗ и высокая скорость ВНС через 7 дней после АТС предполагают благоприятный прогноз функционирования трансплантата.

Как показывает микроприметрия, высокую остроту зрения после АТС обуславливают начавшие функционировать вследствие прилегания к пигментному эпителию края МР.

Флюоресцентная ангиография была проведена в одном случае: у пациента в раннюю фазу был обнаружен участок гипоперфузии трансплантата, а в позднюю фазу — участок просачивания с дефектом пигментного эпителия, что соответствовало картине трансплантата с признаками его адаптации.

Пересаженный лоскут сетчатки сохраняет жизнеспособность, скорее всего, вследствие диффузии кислорода из хориоидей и прилегания к пигментному эпителию. Вопрос образования новых нейронных связей между аксонами, которые могли бы осуществлять трофическую функцию, остается открытым.

Современные исследования показывают, что силиконовое масло частично блокирует перенос кислорода между сетчаткой и передней камерой после витрэктомии, следовательно, силиконовое масло может снизить диффузию кислорода к трансплантату.

Будущие исследования с гиперспектральной визуализацией в различные послеоперационные временные точки могут помочь нам понять закономерности оксигенации и перфузии трансплантата в условиях различных тампонирующих агентов, учитывая лучшую теоретическую диффузию кислорода в водной среде по сравнению с силиконовым маслом и газовыми тампонадами.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная персонифицированная методика АТС эффективно работает, обуславливая высокий анатомический и функциональный результат.

2. Скорость ГИ и скорость ВИ трансплантата являются предиктивными биомаркерами контрольных точек приживления аутотрансплантата при АТС для последующих определений персонификации хирургического лечения.

3. Дальнейшие исследования с большими выборками и длительными периодами наблюдения необходимы для уточнения роли данного метода в современной офтальмологии.

Литература/References

1. Kelly NE, Wendel RT. Vitreous surgery for idiopathic macular holes. Results of a pilot study. *Arch Ophthalmol*. 1991 May; 109 (5): 654–9. doi: 10.1001/archoph.1991.01080050068031
2. Eckardt C, Eckardt U, Groos S, Luciano L, Reale E. Removal of the internal limiting membrane in macular holes. Clinical and morphological findings. *Ophthalmologe*. 1997 Aug; 94 (8): 545–51. doi: 10.1007/s003470050156
3. Michalewska Z, Michalewski J, Adelman RA, Nawrocki J. Inverted internal limiting membrane flap technique for large macular holes. *Ophthalmology*. 2010 Oct; 117 (10): 2018–25. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.02.011
4. Байборо́дов Я.В. Концепция анатомической реконструкции фовеолы в хирургическом лечении сквозных макулярных разрывов с использованием интраоперационного ОКТ-контроля. *Офтальмологические ведомости*. 2017; 10 (3): 12–7. [Bayborodov Ya.V. The concept of anatomical reconstruction of the foveola in surgical treatment of through-and-through macular holes using intraoperative OCT control. *Ophthalmological News*. 2017; 10 (3): 12–7 (In Russ.)]. doi: 10.17816/OV10312-17
5. Байборо́дов Я.В., Жоголев К.С., Хижняк И.В. Темпы восстановления остроты зрения после хирургического лечения макулярных разрывов с интраоперационным применением оптической когерентной томографии и различных методов визуализации внутренней пограничной мембранны. *Вестник офтальмологии*. 2017; 133 (6): 90–8. [Bayborodov Ya.V., Zhogolev K.S., Khizhnyak I.V. Rates of visual acuity recovery after surgical treatment of macular holes with intraoperative use of optical coherence tomography and various methods of visualization of the internal limiting membrane. *Vestnik oftal'mologii*. 2017; 133 (6): 90–8 (In Russ.)]. doi: 10.17116/ofalta2017133690-98
6. Gaudric A, Massin P, Paques M, et al. Autologous platelet concentrate for the treatment of full-thickness macular holes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1995 Sep; 233 (9): 549–54. doi: 10.1007/BF00404704
7. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Крупина Е.А. и др. Хирургическое лечение первичного макулярного разрыва с применением богатой тромбоцитами плазмы крови. *Офтальмология*. 2017; 3: 27–30. [Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Krupina E.A., et al. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich blood plasma. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery*. 2017; 3: 27–30 (In Russ.)]. <https://ophthalmosurgery.ru/index.php/ophthalmosurgery/article/view/215>
8. Файзрахманов Р.Р., Ларина Е.А., Павловский О.А. Оперативное лечение ранее не закрывшихся макулярных разрывов. *Офтальмология*. 2020; 17 (3): 368–74. [Fayzrakhmanov R.R., Larina E.A., Pavlovsky O.A. Surgical treatment of previously unclosed macular holes. *Ophthalmology in Russia*. 2020; 17 (3): 368–74 (In Russ.)]. doi.org/10.18008/1816-5095-2020-3-368-374
9. Арсютов Д.Г., Паштаев Н.П. Пятилетний опыт применения аутологичной кондиционированной плазмы (АКП) при отслойке сетчатки с центральным разрывом у пациентов с высокой миопией на фоне выраженной стафиломы склеры макулярной области. *Офтальмология*. 2023; 3: 66–71. [Arsyutov D.G., Pashtaev N.P. Five-year experience of using autologous conditioned plasma (ACP) for retinal detachment with a central break in patients with high myopia against the background of severe staphyloma of the sclera of the macular region. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery*. 2023; 3: 66–71 (In Russ.)]. doi: 10.25276/0235-4160-2023-3-66-7
10. Арсютов Д.Г. Новый подход к лечению центральной отслойки сетчатки с макулярным разрывом у пациентов с экстремальной миопией и стафиломой склеры. *Российский офтальмологический журнал*. 2023; 16 (4): 7–10. [Arsyutov D.G. New approach to individual central retinal detachments with macular hole in patients with extreme myopia and scleral staphyloma. *Russian ophthalmological journal*. 2023; 16 (4): 7–10 (In Russ.)]. doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-7-10
11. Felfeli T, Mandelcorn ED. Macular hole hydrodissection: Surgical technique for the treatment of persistent, chronic, and large macular holes. *Retina*. 2019 Apr; 39 (4): 743–52. doi: 10.1097/IAE.00000000000002013
12. Grewal DS, Mahmoud TH. Autologous neurosensory retinal free flap for closure of refractory myopic macular holes. *JAMA Ophthalmol*. 2016 Feb; 134 (2): 229–30. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.5237
13. Caporossi T, Tartaro R, De Angelis L, Pacini B, Rizzo S. A human amniotic membrane plug to repair retinal detachment associated with large macular tear. *Acta Ophthalmol*. 2019 Dec; 97 (8): 821–3. doi: 10.1111/aoa.14109
14. Parolini B, Grewal DS, Pinackatt SJ, et al. Combined autologous transplantation of neurosensory retina, retinal pigment epithelium, and choroid free grafts. *Retina*. 2018 Sep; 38 Suppl 1(Suppl 1): S12–S22. doi: 10.1097/IAE.00000000000001914
15. Homayoun Tabandeh. Vascularization and reperfusion of autologous retinal transplant for giant macular holes. *JAMA Ophthalmol*. 2020 Mar; 138 (3): 305–9. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2019.5733
16. Johnsen EO, Froen RC, Albert R, et al. Activation of neural progenitor cells in human eyes with proliferative vitreoretinopathy. *Exp Eye Res*. 2012 May; 98: 28–36. doi: 10.1016/j.exer.2012.03.008
17. Moysidis SN, Koulis N, Adrean SD, et al. Autologous retinal transplantation for primary and refractory macular holes and macular hole retinal detachments: The Global Consortium. *Ophthalmology*. 2021 May; 128 (5): 672–85. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.10.007
18. Olfusen ME, Hannibal J, Soerensen NB, et al. Autologous neurosensory retinal flap transplantation in a porcine model of retinal hole. *Ophthalmol Sci*. 2024 Nov 5; 5 (2): 100644. doi: 10.1016/j.xops.2024.100644

Поступила: 30.07.2025. Переработана: 14.09.2025. Принята к печати: 15.09.2025
Originally received: 30.07.2025. Final revision: 14.09.2025. Accepted: 15.09.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ/INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

«Клиника глазные болезни», Зоологическая, д. 22, Москва, 109240, Россия
Ярослав Владимирович Байборо́дов — канд. мед. наук, главный врач, заведующий витреоретинальным отделением

Для контактов: yaroslavvitsug@rambler.ru