

Прогноз функционального результата хирургического лечения при сквозном макулярном разрыве на основании анализа сохранности ретинальной ткани



Е.М. Попов



Д.С. Мальцев



А.Н. Куликов

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(1):88–94

Цель: изучить связь оцениваемых с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) характеристик сохранности нейросенсорной сетчатки и пигментного эпителия сетчатки (ПЭС) с функциональным восстановлением при хирургическом лечении сквозных макулярных разрывов (СМР). **Пациенты и методы.** Пациенты с полным послеоперационным анатомическим закрытием СМР были включены в проспективное интервенционное исследование: 29 пациентов (30 глаз, 23 женщины и 6 мужчин) со средним возрастом $66,2 \pm 5,2$ года. Все пациенты получили стандартное офтальмологическое обследование и ОКТ до хирургического лечения. На кросс-секционных и анфас изображениях были оценены площадь и рефлексивность ткани нейросенсорной сетчатки по краям разрыва и ПЭС в проекции разрыва соответственно. Через 6 месяцев после хирургического лечения была оценена корреляция между исходными показателями сохранности ретинальной ткани и функциональным восстановлением. **Результаты.** Финальная острота зрения показала статистически значимую корреляцию с исходной остротой зрения ($r = 0,75$, $p < 0,001$), рефлексивностью ПЭС ($r = 0,81$, $p < 0,001$), рефлексивностью ткани сетчатки ($r = -0,88$, $p < 0,001$) и ее площадью ($r = 0,41$, $p = 0,02$). **Заключение.** Показатели сохранности ретинальной ткани, включая площадь и рефлексивность ткани нейросенсорной сетчатки и рефлексивность ПЭС, коррелируют с функциональным восстановлением после хирургии СМР.

Ключевые слова: макулярный разрыв, оптическая когерентная томография, оптическая когерентная томография — ангиография

Для цитирования: Попов Е.М., Мальцев Д.С., Куликов А.Н. Прогноз функционального результата хирургического вмешательства при сквозном макулярном разрыве на основании анализа сохранности ретинальной ткани. *Офтальмология*. 2023;20(1):88–94. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-88-94>

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

Конфликт интересов отсутствует



Prediction of the Functional Result of Surgery for the Full Thickness of the Macular Hole Based on the Analysis of the Safety of Retinal Tissue

E.M. Popov, D.S. Maltsev, A.N. Kulikov

S.M. Kirov Military Medical Academy

Academician Lebedev str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(1):88–94

Purpose. To study the relationship between baseline optical coherence tomography (OCT) characteristics of preservation of the neurosensory retina and retinal pigment epithelium (RPE) and functional outcome after full thickness macular hole (FTMH) surgery.

Materials and methods. Patients with complete postoperative anatomical closure of the FTMH were included in this prospective interventional study. All patients received a standard ophthalmological examination and OCT before surgical treatment. At baseline the area and reflectivity of the neurosensory retina at the edges of the hole was measured on cross-sectional OCT scans. The reflectivity of RPE was evaluated within the hole on structural en face projections of RPE slab. Six months postoperatively, correlation between baseline OCT characteristics and visual outcome was evaluated. **Results.** Twenty-nine patients (30 eyes, 23 females and 6 males, average age — 66.2 ± 5.2 years) were included in the study. The final best-corrected visual acuity showed a statistically significant correlation with baseline best-corrected visual acuity ($r = 0.75$, $p < 0.001$), reflectivity of RPE ($r = 0.81$, $p < 0.001$), reflectivity of neurosensory retina ($r = -0.88$, $p < 0.001$), and its area ($r = 0.41$, $p = 0.02$). **Conclusion.** OCT-characteristics of retinal tissue preservation, including the area and reflectivity of the neurosensory retina and reflectivity of the RPE within the hole, correlate with functional recovery after FTMH surgery.

Keywords: macular hole, optical coherence tomography, optical coherence tomography angiography

For citation: Popov E.M., Maltsev D.S., Kulikov A.N. Prediction of the Functional Result of Surgery for the Full Thickness of the Macular Hole Based on the Analysis of the Safety of Retinal Tissue. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(1):88–94. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-88-94>

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

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время заболевания макулярной области являются одной из ведущих причин слабовидения в группе пациентов пожилого и старческого возраста населения развитых стран [1]. Одним из таких заболеваний, приводящих к выраженному снижению центрального зрения, является сквозной макулярный разрыв (СМР).

Единственным эффективным методом лечения СМР в настоящее время остается хирургический на основе трехпортовой трансклиарной микроинвазивной витрэктомии [2, 3]. С учетом развития методик современной витреоретинальной хирургии [4] и эволюции субстратов для тампонирования макулярного дефекта [5] анатомическое закрытие разрыва чаще всего не вызывает затруднений и достигается с достаточно высокой частотой (в 92–97 % случаев) [6, 7]. Однако данные по восстановлению зрительных функций после хирургии СМР неоднородны и порой противоречивы [8, 9].

В настоящее время не сформулированы четкие показания для оперативного лечения СМР, и зачастую наличие разрыва воспринимается как абсолютное показание к операции. При этом существует риск интра- и послеоперационных осложнений, способных ухудшить в значительной мере и без того низкое зрение [10, 11]. Все это требует соотнесения риска осложнений и непосредственной пользы от операции.

Для прогнозирования функционального результата и определения показаний к оперативному лечению СМР авторами в разное время предложен ряд клинко-анатомических критериев, обладающих определенной практической ценностью. В качестве таких критериев рассматривались: длительность существования макулярного разрыва [12]; уровень цветной контрастной чувствительности [13]; дооперационная острота зрения [14]; «тракционный индекс разрыва» [15] и другие критерии.

Появление сквозного дефекта в сетчатке сопровождается формированием интравитреальной кистозной скопления жидкости и прогрессирующими нейродегенеративными изменениями сетчатки [16]. Количественная оценка перечисленных дегенеративных структурных изменений макулярной сетчатки на фоне СМР позволяет сделать функциональный прогноз оперативного лечения точнее. Однако простые алгоритмы оценки сохранности ретинальной ткани носят приблизительный характер. В частности, показатель центральной толщины сетчатки косвенно отражает количество ретинальной ткани. Однако вклад интравитреальной жидкости искусственным образом завышает эту величину и ведет к переоценке функционального исхода, маскируя нейродегенерацию, что не позволяет использовать этот и некоторые другие аналогичные подходы для функционального прогноза [17]. Алгоритмы оценки вклада нейродегенерации на фоне интравитреальной жидкости были описаны для неоваскулярной формы возрастной макулярной

E.M. Popov, D.S. Maltsev, A.N. Kulikov

Contact information: Popov Evgeniy M. popov138army@mail.ru

Prediction of the Functional Result of Surgery for the Full Thickness of the Macular Hole Based...

дегенерации (нВМД) и диабетического макулярного отека (ДМО). Этот подход описывает нейродегенеративные изменения с двух позиций: количества сохранной ткани сетчатки и ее качества, определенного по рефлексивности ткани сетчатки [18]. Этот подход может быть эффективен и в прогнозе хирургии макулярных разрывов.

Однако, в отличие от ДМО и нВМД, функциональный исход при макулярных разрывах зависит и от сохранности ПЭС, так как формирование СМР приводит к обнажению пигментного эпителия сетчатки, что сопровождается прямым механическим воздействием на него компонентов стекловидного тела, вызывающих его постепенную атрофию [19]. В условиях потери ПЭС даже удовлетворительное состояние нейросенсорной сетчатки не позволяет рассчитывать на функциональное восстановление. Таким образом, прогноз функционального восстановления при хирургии СМР должен отражать статус ПЭС одновременно с показателями сохранности ткани нейросенсорной сетчатки.

В связи с этим целью исследования было изучение связи оцениваемых с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) характеристик, отражающих сохранность ретинальной ткани (нейросенсорной сетчатки и ПЭС) с функциональным восстановлением при хирургическом лечении СМР.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В проспективное интервенционное исследование были последовательно включены 29 пациентов (30 глаз), оперированных по поводу СМР. Всем пациентам выполнена микроинвазивная витрэктомия 25G через плоскую часть цилиарного тела, окрашивание и удаление задней гиалоидной мембраны, пилинг внутренней пограничной мембраны, механическое сведение краев разрыва, аппликация на поверхность разрыва аутоплазмы и тампонада витреальной полости воздухом с позиционированием лицом вниз до утра следующего дня после операции. У всех пациентов достигнут положительный анатомический результат операции в виде закрытия макулярного разрыва. Критериями исключения было незакрытие разрыва в раннем послеоперационном периоде, близорукость более 6,0 D и дальнозоркость более 2,0 D для факических пациентов, а также известная высокая близорукость (более 6,0 D) для артериальных пациентов, подтвержденная величиной ПЗО 26,0 мм и более, качество сигнала ОКТ до операции менее 70 % или интегральное качество скана ОКТА менее Q7. Из исследования исключали также пациентов, имеющих в анамнезе офтальмологическую патологию, влияющую на центральное зрение (нарушение прозрачности оптических сред, закрытые и открытые травмы глаза, диабетическая ретинопатия, глаукома, отслойка сетчатки, посттравматическая ретинопатия и др.). Все пациенты, включенные в исследование, имели интраокулярную линзу либо им была проведена одномоментная факоэмульсификация.

Пациентам до оперативного лечения, а также через 6 месяцев после операции проводилось полное офтальмологическое обследование, включавшее, в том числе, определение максимальной корригируемой остроты зрения (МКОЗ) по таблицам ETDRS, а также выполнение ОКТ на приборе RTVue-XR Avanti (Optovue, США). ОКТ исследование включало паттерн Radial Lines (18 кросс-секционных сканов длиной 6 мм, взаимно пересекающихся в центре фовеа). Для анализа использовался горизонтальный скан, проходящий строго через центр разрыва. В программном обеспечении томографа на этих изображениях измеряли расстояние между краями разрыва. Кроме того, всем пациентам была выполнена ОКТ-ангиография паттерном 6 мм (400 повторных В-сканов по 400 А-сканов каждый). Анализ изображений проводили с помощью программного пакета ImageJ (NIH, Бетесда, США). На анфас изображениях выделяли зону внутри от краев разрыва и измеряли ее среднюю яркость.

РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ ПЛОЩАДИ И СРЕДНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ СЕТЧАТКИ

Среднюю площадь, а также среднюю оптическую плотность ретинальной ткани рассчитывали на кросс-секционных сканах ОКТ, проведенных строго через центр разрыва (рис. 1).

Зону интереса на скане выделяли с использованием функции Polygon selection от ПЭС до внутренней пограничной мембраны в пределах 1500 мкм от края разрыва (по 1500 мкм в каждую сторону от края разрыва). Микрокисты и участки интратретиального скопления жидкости определяли с использованием пути Image>Adjust>Threshold, Edit>Selection>Create selection, выделяя все участки, имеющие равную или меньшую оптическую плотность по сравнению со стекловидным телом. Далее выделение инвертировали и таким образом получали выделение только ткани сетчатки без интратретиального скопления жидкости, для которой определяли общую площадь и среднюю рефлексивность.

РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ПИГМЕНТНОГО ЭПИТЕЛИЯ СЕТЧАТКИ

Для анализа использовали структурную анфас-проекцию, полученную между двумя линиями сегментации мембраны Бруха в позиции 0 и -9 мкм. Исследуемый участок ПЭС на оптическом срезе выделяли с использованием функции графического редактора Polygon selection в границах СМР, в пределах выделенной зоны через алгоритм Analyze>Measure рассчитывалась средняя оптическая плотность ПЭС (рис. 2).

Для статистической обработки данных использовали программный пакет MedCalc 18.4.1 (MedCalc Software, Бельгия). Данные представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение. Коэффициент корреляции Спирмена использовали для оценки наличия связи между показателями МКОЗ или ее прибавкой и исследуемыми

ОКТ-параметрами, а также клиническими и демографическими характеристиками. Мультифакториальные регрессионные модели были построены для конечной МКОЗ и ее прибавки и включали возраст, длительность симптомов, исходную остроту зрения и ОКТ-параметры. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Базовые клинично-демографические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Исходная острота зрения

Исходная острота зрения показала статистически значимую корреляцию с минимальным диаметром разрыва ($r = -0,72$, $p < 0,001$), длительностью симптомов ($r = -0,62$, $p < 0,001$), рефлексивностью ПЭС ($r = 0,51$, $p = 0,004$), рефлексивностью ткани сетчатки ($r = -0,62$, $p < 0,001$).

Финальная острота зрения

Финальная острота зрения показала статистически значимую корреляцию с исходной остротой зрения ($r = 0,75$, $p < 0,001$), диаметром разрыва ($r = -0,63$, $p < 0,001$), длительностью симптомов ($r = -0,59$, $p < 0,001$), площадью ткани ($r = 0,41$, $p = 0,02$),

рефлексивностью ПЭС ($r = 0,81$, $p < 0,001$), рефлексивностью ткани сетчатки ($r = -0,88$, $p < 0,001$). В многофакторном анализе исходная острота зрения, рефлексивность

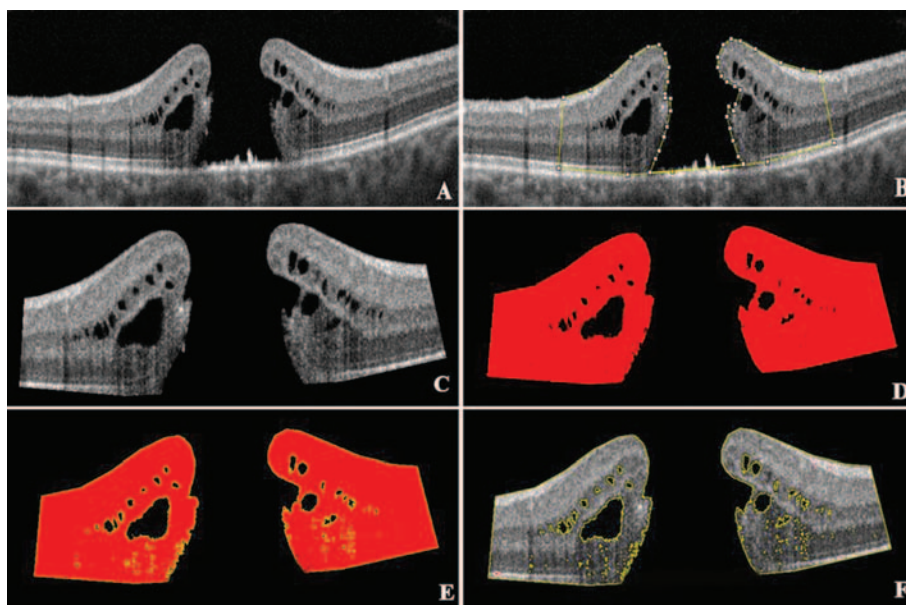


Рис. 1. Пример расчета площади и средней оптической плотности ткани сетчатки у пациента со СМР. А — кросс-секционный скан оптической когерентной томографии до хирургического лечения; В — зона интереса в пределах 1500 мкм от края разрыва; С — исследуемый участок сетчатки; D — определение порога яркости для ткани сетчатки; E — выделение ткани сетчатки; F — расчет площади и средней оптической плотности на участке сетчатки без учета интравитреального скопления жидкости (средняя площадь оптического среза сетчатки — 78 380, средняя оптическая плотность — 86,9)

Fig. 1. Example of calculating the area and average optical density of retinal tissue in a patient with the full thickness of the macular hole. A — cross-sectional scan of optical coherence tomography before surgical treatment; B — the area of interest is within 1500 microns from the edge of the macular hole; C — the studied area of the retina; D — determination of the brightness threshold for retinal tissue; E — isolation of retinal tissue; F — calculation of the area and average optical density in the retinal area, excluding intraretinal fluid accumulation

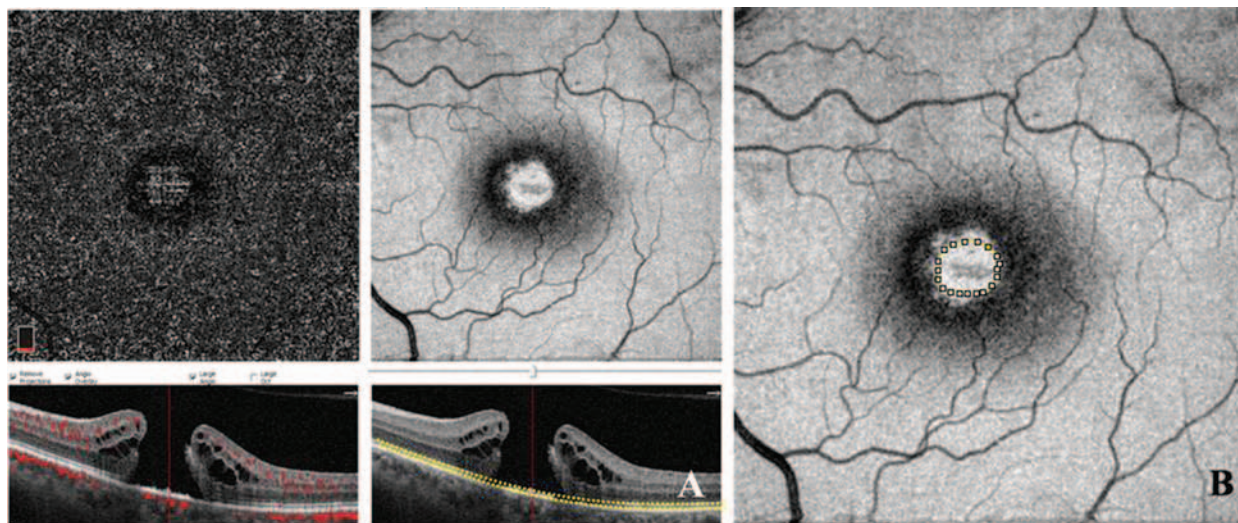


Рис. 2. Пример вычисления средней оптической плотности ПЭС у пациента с СМР. А — структурная en face проекция; В — выделенный участок ПЭС, соответствующий границам СМР, для расчета средней оптической плотности (средняя оптическая плотность — 202,5)

Fig. 2. An example of calculating the average optical density of RPE in a patient with FTMH. A — structural en face projection; B — the selected section of the RPE corresponding to the boundaries of the FTMH for calculating the average optical density

Таблица 1. Базовые клинико-демографические характеристики пациентов, включенных в исследование**Table 1.** Basic clinical and demographic characteristics of patients included in the study

Показатель / Parameter	Числовое значение / Value
Пол, м/ж / Gender, m/w	6/23
Возраст лет / Age, year	66,23 ± 5,24 (59–80)
МКОЗ до операции / Vision before surgery	0,15 ± 0,07 (0,04–0,3)
Количество знаков ETDRS до операции / Number of ETDRS characters before the operation	50,27 ± 9,03 (27–65)
Прибавка количества знаков ETDRS после операции / Increase in the number of ETDRS characters after surgery	19,97 ± 5,98 (5–35)
Минимальный диаметр СМР, мкм / Minimum diameter FTMH, microns	474,77 ± 148,10 (212–737)
Длительность течения СМР, месяцев / Duration of the course of FTMH, months	7,3 ± 5,68 (2–24)
Стадия СМР, число глаз / Stage of FTMH, number of eyes	
II	7
III	17
IV	6

ПЭС и ткани сетчатки показали независимую связь с финальной остротой зрения ($p < 0,05$).

Прибавка остроты зрения

Прибавка остроты зрения показала статистически значимую корреляцию только с исходной остротой зрения ($r = -0,6$, $p < 0,001$). В многофакторном анализе

исходная острота зрения, рефлексивность ПЭС и ткани сетчатки показали независимую связь с прибавкой остроты зрения ($p < 0,05$).

Полученная корреляция показателей остроты зрения с исследуемыми характеристиками представлена в таблице 2.

Наиболее информативные корреляционные показатели изучаемых параметров приведены на точечных диаграммах (рис. 3).

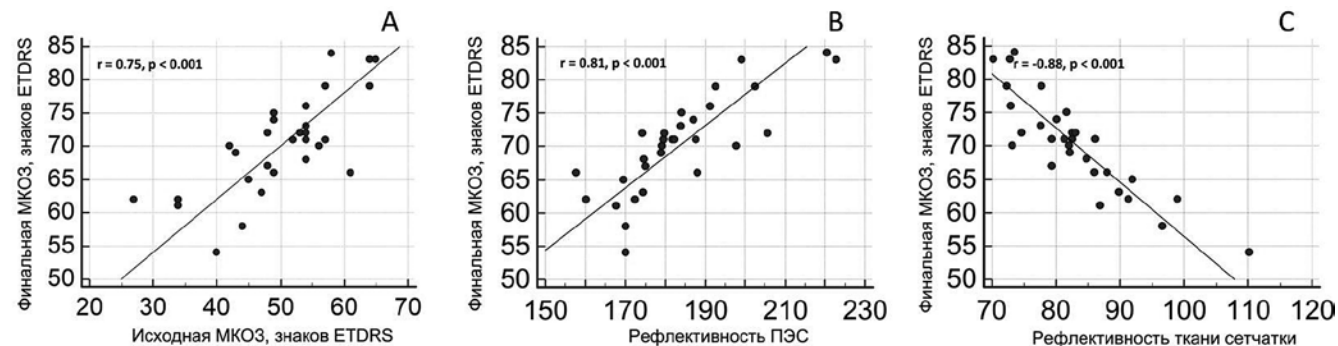
ОБСУЖДЕНИЕ

Прогнозирование анатомического и функционального результата является важной частью лечения пациентов с СМР. Исследования в области прогнозирования функционального результата неотъемлемо сопровождают эволюцию методов оперативного лечения СМР и бывают тем точнее, чем совершеннее и деликатнее становятся сами методы оперативного лечения, а также насколько совершеннее становятся средства предоперационной диагностики.

В большом числе работ были предложены различные критерии прогноза оперативного лечения СМР, такие как длительность существования макулярного разрыва, дооперационная острота зрения, уровень цветной контрастной чувствительности и др. Морфологические критерии функционального прогноза, основанные на различных индексах, включающих показатели

Таблица 2. Корреляция показателей остроты зрения с исследуемыми характеристиками**Table 2.** Correlation of visual acuity indicators with the studied characteristics

	Исходная острота зрения Initial visual acuity	Финальная острота зрения Final visual acuity	Прибавка остроты зрения Increased visual acuity
Возраст / Age	$r = -0,16$, $p = 0,38$	$r = -0,32$, $p = 0,09$	$r = -0,14$, $p = 0,48$
Исходная острота зрения / Initial visual acuity	–	$r = 0,75$, $p < 0,001$	$r = -0,6$, $p < 0,001$
Диаметр / Diameter	$r = -0,72$, $p < 0,001$	$r = -0,63$, $p < 0,001$	$r = 0,32$, $p = 0,08$
Длительность / Duration	$r = -0,62$, $p < 0,001$	$r = -0,63$, $p < 0,001$	$r = 0,24$, $p = 0,21$
Площадь ткани / Area of retinal tissue	$r = 0,25$, $p = 0,19$	$r = 0,41$, $p = 0,02$	$r = 0,13$, $p = 0,5$
Рефлексивность ткани / Reflexivity of retinal tissue	$r = -0,62$, $p < 0,001$	$r = -0,88$, $p < 0,001$	$r = 0,13$, $p = 0,48$
Рефлексивность ПЭС / Reflexivity of RPE	$r = 0,51$, $p = 0,004$	$r = 0,81$, $p < 0,001$	$r = 0,21$, $p = 0,26$

**Рис. 3.** Точечные диаграммы корреляции финальной остроты зрения с исходной остротой зрения (А), рефлексивностью ПЭС (В) и рефлексивностью ткани сетчатки (С)**Fig. 3.** Dot diagrams of the correlation of final visual acuity with initial visual acuity (A), reflexivity of the RPE (B) and reflexivity of the retinal tissue (C)

минимального и базального диаметра, высоту краев, объем СМР, лучше прогнозируют и анатомический результат, и, в меньшей степени, функциональный [12–15].

В этом исследовании было показано, что такие предложенные нами параметры, как прогрессирующее уменьшение средней площади с увеличением оптической плотности ткани сетчатки по краям разрыва вместе со снижением оптической плотности ПЭС, хорошо коррелируют и наглядно отражают прогрессирование дегенеративных изменений в макуле, вызванных формированием СМР и обуславливающих неудовлетворительный функциональный прогноз.

Функциональный результат при лечении СМР определяется состоянием ткани сетчатки в фовеа и статусом ПЭС. Эти структуры подвергаются альтерации на фоне персистирования макулярного разрыва из-за аккумуляции интратетинальной жидкости и контакта ПЭС с компонентами стекловидного тела. Это соответствует известной корреляции между длительностью существования разрыва и окончательной остротой зрения, что нашло подтверждение и в нашей работе.

В проведенных ранее исследованиях было показано наличие высокой корреляции между показателями финальной остроты зрения со средней площадью и оптической плотностью ретинальной ткани в центре макулы [18], а также показателями оптической плотности макулярного ПЭС [20] при прогнозировании функционального результата лечения ДМО и нВМД.

Выполненная нами работа демонстрирует высокую корреляционную связь между показателями финальной послеоперационной остроты зрения и средней площадью сетчатки, средней оптической плотностью ПЭС и обратную корреляционную связь с показателем средней оптической плотности сетчатки при СМР.

Описанные критерии функционального прогноза достаточно просты в вычислении, не требуют специальных навыков и длительного времени расчета, с большой достоверностью количественно способны отражать степень дегенеративных изменений в нейросенсорной сетчатке и ПЭС при СМР. Важное преимущество исследуемых критериев — их оценка только с помощью ОКТ, которая в настоящее время является наиболее

универсальным и распространенным диагностическим инструментом в ретинологии.

Сетчатка и ПЭС составляют единую систему, и оценка только одной части этой системы (или сетчатки, или ПЭС) не может гарантировать надежный функциональный прогноз. Одновременная оценка нейросенсорной сетчатки и ПЭС является принципиальной идеей предлагаемого подхода и потенциально надежным предиктором. Кроме того, оценка ретинальной ткани в данной работе включает не только количественные (площадь на ОКТ скане), но и качественные (рефлексивность) показатели. Последний крайне важен для оценки выраженности нейродегенерации фоторецепторного аппарата, имеющего ключевое значение для восстановления остроты зрения. Повышение рефлексивности сетчатки незначительно влияет на количественные показатели расчета, но напрямую отражает сохранность слоя фоторецепторов, имеющего минимальную рефлексивность.

Несмотря на выявление связи финальных зрительных функций с описанными критериями, исследование требует большего количества наблюдений для повышения достоверности. К ограничениям применения разработанного алгоритма прогнозирования в рутинной клинической практике также можно отнести необходимость адаптации методики для различных моделей томографов в связи с их отличиями, касающимися разрешающей способности и программного обеспечения.

В этой работе мы показали высокую степень корреляции показателей сохранности ретинальной ткани, включая площадь и рефлексивность ткани нейросенсорной сетчатки по краям разрыва, рефлексивность ПЭС в проекции разрыва, с функциональными результатами хирургического лечения. Данные показатели достоверно отражают сохранность структур сетчатки, ответственных за высокую остроту зрения, и могут быть использованы в прогнозировании результатов хирургии сквозных макулярных отверстий.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Попов Е.М. — написание текста, выполнение расчетов, подготовка иллюстраций; Мальцев Д.С. — концепция исследования, статистическая обработка материала, редактирование текста; Куликов А.Н. — заключительное редактирование текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. World Health Organization: Blindness and vision impairment. Fact sheets. World Health Organization, 2021. Доступно по: <https://www.who.int>. Ссылка активна на 12.09.2022.
2. Балашевич Л.И., Байбородов Я.В., Жоголев К.С. Хирургическое лечение патологии витреомакулярного интерфейса. Обзор литературы в вопросах и ответах. *Офтальмохирургия*. 2015;2:80–85. [Balashevich LI, Bayborodov YaV, Zhogolev KS. Surgical treatment of the pathology of the vitreomacular interface. A review of the literature in questions and answers. *Ophthalmosurgery = Oftalmokhirurgiya*. 2015;2:80–85 (In Russ.)]. DOI: 10.25276/0235-4160-2015-2-80-86
3. Kim SH, Kim HK, Yang JY, Lee SC, Kim SS. Visual Recovery after Macular Hole Surgery and Related Prognostic Factors. *Korean Journal of Ophthalmology*. 2018;32(2):140–146. DOI: 10.3341/kjo.2017.0085
4. Шамрей Д.В., Куликов А.Н., Бойко Э.В., Чурашов С.В., Кольбин А.А. Современные возможности микроинвазивной витреоретинальной хирургии в реабилитации пациентов с посттравматической субтотальной глаукомой. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2021;16(1):118–123. [Shamrei D.V., Kulikov A.N., Boiko E.V., Churashov S.V., Kol'bin A.A. Possibilities of microinvasive vitreoretinal surgery in the rehabilitation of patients with post-traumatic phthisis bulbi. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center = Vestnik Nacional'nogo mediko-khirurgicheskogo centra im. N.I. Pirogova*. 2021;16(1):118–123 (In Russ.)]. DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.18.96.022. — EDN XEVVZI
5. 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. [Popov E.M., Kulikov A.N., Churashov S.V., Gavriluk I.O., Egorova E.N., Abbasova A.I. Comparison of indicators of autologous serum obtained by different methods and used for the treatment of macular hole. *Ophthalmology journal = Oftalmologicheskie vedomosti*. 2021;14(4):27–34 (In Russ.)]. DOI: 10.17816/OV89413
6. Байбородов Я.В. Анатомические и функциональные результаты применения различных вариантов техники хирургического закрытия макулярных разрывов. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015;1:22–24. [Baiborodov JV.

- Anatomical and functional results of the application of various variants of the technique of surgical closure of macular holes. Modern technologies in ophthalmology = *Sovremennye tekhnologii v oftalmologii*. 2015;1:22–24 (In Russ.)). Доступно по: <https://www.eyepress.ru/article.aspx?16343>. Ссылка активна на 12.09.2022.
7. Gaudric A, Tadayoni R. Macular Hole. *Ryan's Retina, 6th Edition*. 2017;121. Доступно по: <https://www.elsevier.ca/ca/product.jsp?isbn=9780323401982>. Ссылка активна на 12.09.2022.
 8. Байбородов 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 мембраны. *Вестник офтальмологии*. 2017;133(6):90–98. [Bayborodov YaV, Zhogolev KS, Khizhnyak IV. Rates of recovery of visual acuity after surgical treatment of macular holes with intraoperative application of optical coherence tomography and various methods of visualization of the internal border membrane. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2017;133(6):90–98 (In Russ.)). DOI: 10.17116/oftalma2017133690-98]
 9. Шпак А.А., Шкворченко Д.О., Шарафетдинов И.Х., Юханова О.А. Функциональные результаты хирургического лечения идиопатических макулярных разрывов. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(2):14–20. [Shpak AA, Shkvorchenko DO, Sharafetdinov IKh, Yukhanova OA. Functional results of surgical treatment of idiopathic macular holes. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2016;132(2):14–20 (In Russ.)). DOI: 10.17116/oftalma2016132214-20]
 10. Javid CG, Lou PL. Complications of macular hole surgery. *International ophthalmology clinics*. 2000;40(1):225–232. DOI: 10.1097/00004397-200001000-00021
 11. Yu Y, Qi B, Liang X, Wang Z, Wang J, Liu W. Intraoperative iatrogenic retinal breaks in 23-gauge vitrectomy for stage 3 and stage 4 idiopathic macular holes. *British Journal of Ophthalmology*. 2021;105(1):93–96. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2019-315579
 12. Mester U, Becker M. Prognosefaktoren bei der Makulalochchirurgie Prognostic factors in surgery of macular holes. *Ophthalmologie*. 1998;95(3):158–162. DOI: 10.1007/s003470050255
 13. Poon WK, Ong GL, Ripley LG, Casswell AG. Chromatic contrast thresholds as a prognostic test for visual improvement after macular hole surgery: color vision and macular hole surgery outcome. *Retina*. 2001;21(6):619–626. DOI: 10.1097/00006982-200112000-00009
 14. Larsson J, Holm K, Lövestam-Adrian M. The presence of an operculum verified by optical coherence tomography and other prognostic factors in macular hole surgery. *Acta Ophthalmol Scand*. 2006;84(3):301–304. DOI: 10.1111/j.1600-0420.2006.00672.x
 15. Ruiz-Moreno JM, Staicu C, Piñero DP, Montero J, Lugo F, Amat P. Optical coherence tomography predictive factors for macular hole surgery outcome. *British Journal of Ophthalmology*. 2008;92(5):640–644. DOI: 10.1136/bjo.2007.136176
 16. Chen Q, Liu ZX. Idiopathic Macular Hole: A Comprehensive Review of Its Pathogenesis and of Advanced Studies on Metamorphopsia. *Journal of Ophthalmology*. 2019;23:7294952. DOI: 10.1155/2019/7294952
 17. Shpak AA, Shkvorchenko DO, Sharafetdinov IKh, Yukhanova OA. Predicting anatomical results of surgical treatment of idiopathic macular hole. *Int J Ophthalmol*. 2016;9(2):253–257. DOI: 10.18240/ijo.2016.02.13
 18. Boiko EV, Maltsev DS. Quantitative optical coherence tomography analysis of retinal degenerative changes in diabetic macular edema and neovascular age-related macular degeneration. *Retina*. 2018;38(7):1324–1330. DOI: 10.1097/iae.0000000000001696
 19. Armegoiu M. Pathogenesis of idiopathic macular hole — trend, opinions, discussions. *Oftalmologia*. 2003;56(1):6–10.
 20. Файзрахманов Р.Р., Зайнуллин Р.М., Насырова Д.Р., Усманова Г.М. Определение оптической плотности макулярного пигмента и выявление особенностей интерфейса центральной зоны сетчатки у пациентов с диабетическим макулярным отеком. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2015;2:83–86. [Fayzrahmanov RR, Zainullin RM, Nasirova DR, Usmanova GM. Determination of the optical density of macular pigment and identification of the interface features of the central retinal zone in patients with diabetic macular edema. *Point of View. East — West = Tochka Zreniya. Vostok — Zapad*. 2015;2:83–86 (In Russ.)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
 Попов Евгений Михайлович
 адъюнкт кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова
 ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-6606-7027>

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
 Мальцев Дмитрий Сергеевич
 доктор медицинских наук, заведующий лазерным отделением клиники кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова
 ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-6598-3982>

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
 Куликов Алексей Николаевич
 доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры (клиники) офтальмологии им. профессора В.В. Волкова
 ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

ABOUT THE AUTHORS

S.M. Kirov Military Medical Academy
 Popov Evgenii M.
 adjunct of the Ophthalmology department named after professor V.V. Volkov
 Academician Lebedev str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
 SPIN: 6909-0299
<https://orcid.org/0000-0002-6606-7027>

S.M. Kirov Military Medical Academy
 Maltsev Dmitrii S.
 MD, head of the Laser department of the Ophthalmology department named after professor V.V. Volkov
 Academician Lebedev str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-6598-3982>

S.M. Kirov Military Medical Academy
 Kulikov Aleksey N.
 MD, professor, head of the Ophthalmology department named after professor V.V. Volkov
 Academician Lebedev str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>