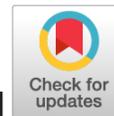


DOI: <https://doi.org/10.17816/OV89413>

Научная статья

# Сравнение показателей получаемой разными способами аутоплазмы, используемой для лечения пациентов с макулярным разрывом



Е.М. Попов, А.Н. Куликов, С.В. Чурашов, И.О. Гаврилюк, Е.Н. Егорова, А.И. Аббасова

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

**Актуальность.** В последние годы в лечении пациентов с макулярным разрывом всё чаще применяют аутологичную плазму крови. В исследовании проведён биологический анализ аутоплазмы, получаемой различными способами.

**Цель исследования** — сравнить клеточный и биохимический состав аутоплазмы, получаемой с помощью разных способов для использования в лечении пациентов с макулярным разрывом.

**Материалы и методы.** Выполнено исследование количества тромбоцитов, лейкоцитов и фибриногена в плазме крови 24 пациентов, полученной центрифугированием в оригинальных системах для заготовки аутоплазмы и в лабораторных пробирках.

**Результаты.** Показатели P-PRP, полученной в системе Arthrex ACP и в лабораторной пробирке, статистически не отличаются по количественным показателям фибриногена и тромбоцитов ( $p < 0,05$ ) и отличаются по содержанию лейкоцитов ( $p > 0,05$ ) в сторону увеличения количества лейкоцитов в субстрате, полученном в лабораторной пробирке. Показатели L-PRP, полученной в системе Ycellbio-Kit и в лабораторной пробирке, статистически не отличаются по количеству фибриногена ( $p < 0,05$ ) и отличаются по содержанию тромбоцитов и лейкоцитов ( $p > 0,05$ ) в сторону понижения их концентрации в аутоплазме, получаемой в лабораторной пробирке.

**Заключение.** Большой интерес для хирургии макулярного разрыва в настоящее время представляет аутоплазма, получаемая в системе Arthrex ACP по причине минимального содержания лейкоцитов, закрытости системы, лучших коагуляционных свойств получаемого субстрата. Лабораторные пробирки можно рассматривать как более доступную альтернативу для получения аутоплазмы (P-PRP) в целях лечения макулярного разрыва. Аутоплазма (L-PRP), получаемая в системе Ycellbio-Kit и лабораторной пробирке по своему составу в меньшей мере подходит для хирургии макулярного разрыва.

**Ключевые слова:** аутоплазма; макулярный разрыв; P-PRP; L-PRP; аутологичная кондиционированная плазма; ACP.

## Как цитировать:

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. Т. 14. № 4. С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV89413>

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV89413>

Research article

# Comparison of indicators of autologous serum obtained by different methods and used for the treatment of macular hole

Evgeniy M. Popov, Alexey N. Kulikov, Sergey V. Churashov, Il'ya O. Gavrilyuk, Elisaveta N. Egorova, Anastasiya I. Abbasova

S.M. Kirov Medical Military Academy, Saint Petersburg, Russia

**BACKGROUND:** In recent years, autologous serum has been increasingly used in the treatment of macular hole. The study carried out a biological analysis of autologous serum obtained by various methods.

**AIM:** The aim of the investigation is to compare the cellular and biochemical composition of autologous serum obtained using different methods for use in the macular hole treatment.

**MATERIALS AND METHODS:** The study of the number of platelets, leukocytes and fibrinogen level in the blood serum of 24 patients obtained by centrifugation in original systems for harvesting autologous serum and laboratory test tubes was performed.

**RESULTS:** The indices of P-PRP obtained in the Arthrex ACP system and in a laboratory test tube do not statistically differ in quantitative indices of fibrinogen and platelets ( $p < 0.05$ ), and differ in the content of leukocytes ( $p > 0.05$ ) in the direction of increasing the number of leukocytes in the substrate obtained in a laboratory test tube. The indicators of L-PRP obtained in the Ycellbio-Kit system and in a laboratory test tube do not statistically differ in the amount of fibrinogen ( $p < 0.05$ ) and differ in the content of platelets and leukocytes ( $p > 0.05$ ) in the direction of decreasing the concentration of leukocytes and platelets in the autologous serum obtained in a laboratory test tube.

**CONCLUSIONS:** Currently, autologous serum obtained in the Arthrex ACP system is of great interest for macular hole surgery due to the minimal content of leukocytes, the closed character of the system, and the best coagulation properties of the substrate obtained. Laboratory test tubes may be considered a more affordable alternative for the production of autologous serum (P-PRP) for the treatment of macular hole. The autologous serum (L-PRP) obtained in the Ycellbio-Kit system and in a laboratory test tube is less suitable for macular hole surgery according to its composition.

**Keywords:** autologous serum; macular hole; P-PRP; L-PRP; autologous conditioned serum; ACS.

**To cite this article:**

Popov EM, Kulikov AN, Churashov SV, Gavrilyuk IO, Egorova EN, Abbasova AI. Comparison of indicators of autologous serum obtained by different methods and used for the treatment of macular hole. *Ophthalmology Journal*. 2021;14(4):27-34. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV89413>

Received: 08.10.2021

Accepted: 29.11.2021

Published: 29.12.2021

## АКТУАЛЬНОСТЬ

В последние годы всё большее распространение в медицине, в частности в офтальмологии, получают методы лечения аутоплазмой крови с повышенным содержанием тромбоцитов [1–3]. Терапия такой плазмой является безопасным методом лечения и показания к её применению неуклонно расширяются [4]. Так, данные технологии могут быть использованы в хирургии макулярного разрыва, хирургии регматогенной отслойки сетчатки, при патологии роговицы [5–8].

На кафедре офтальмологии имени проф. В.В. Волкова Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова ведутся исследования репаративной способности аутоплазмы с повышенным содержанием тромбоцитов в хирургии макулярного разрыва [9].

В современной отечественной литературе есть множество публикаций по использованию в клинической офтальмологии аутоплазмы с повышенным содержанием тромбоцитов, но нет единой терминологии и единого представления о свойствах получаемых препаратов плазмы, зависящих от их клеточного состава и состояния активации фибриногена [10–12].

Согласно классификации, предложенной D.M. Dohan Ehrenfest и соавт. [13], выделено четыре основные группы препаратов плазмы с повышенным содержанием тромбоцитов в зависимости от их клеточного состава и активированности фибриногена.

1. P-PRP (pure platelet-rich plasma) — чистая обогащённая тромбоцитами плазма или бедная лейкоцитами плазма. Продукты этой группы имеют низкую вязкость, практически лишены лейкоцитов и содержат повышенную концентрацию тромбоцитов (концентрация тромбоцитов увеличивается в 2–3 раза от первоначального содержания в крови), фибриноген в их составе не активирован. Продукты P-PRP широко используют в клинической медицине (травматологии, спортивной медицине, косметологии, дерматологии), в том числе и в офтальмологической практике. Коммерческим продуктом P-PRP является ACP (autologous conditioned plasma — аутологичная кондиционированная плазма), получаемая при помощи оригинальной системы Arthrex ACP шприц в шприце (Артрекс, Германия).

2. L-PRP (leucocyte-platelet-rich plasma) — это группа препаратов плазмы, обогащённой тромбоцитами, которые так же, как и P-PRP, обладают низкой вязкостью, фибриноген в их составе не активирован, но они имеют более высокую концентрацию тромбоцитов (трёх-, четырёхкратно превосходящую начальную концентрацию) и большее количество лейкоцитов. L-PRP также широко применяют в различных областях клинической медицины, включая офтальмологию. Именно для заготовки этого семейства препаратов плазмы существует наибольшее количество систем, позволяющих минимизировать обработку образцов крови и максимально стандартизировать получаемый

субстрат. В эту группу входит оригинальная система для заготовки плазмы Ycellbio-Kit (Вайселлбиомедикал, Республика Корея).

3. P-PRF (pure platelet-rich fibrin) — препараты фибрина с повышенным содержанием тромбоцитов, практически не содержат лейкоцитов и имеют активированный фибриноген с фибриновой сетью высокой плотности.

4. L-PRF (leucocyte-platelet-rich fibrin) — препараты фибрина с повышенным содержанием тромбоцитов и лейкоцитов, имеющих активированный фибриноген с высокой плотностью фибриновой сети.

P-PRF и L-PRF обладают высокой вязкостью, существуют только в гелевой форме. Используются в реконструктивной костно-пластической хирургии, абдоминальной хирургии, урологии, комбустиологии. В офтальмологии находят применение как фибриновые клеи в целях реконструктивной хирургии глазной поверхности.

В настоящее время в клинической офтальмологии более широкое применение получили две оригинальные системы для заготовки аутоплазмы с повышенным содержанием тромбоцитов: Arthrex ACP и Ycellbio-Kit. Данные системы по различным причинам могут быть не всегда доступны к использованию. Это натолкнуло нас на поиск более доступных способов получения аутоплазмы с повышенным содержанием тромбоцитов для применения в целях витреоретинальной хирургии макулярного разрыва.

*Цель исследования* — сравнить клеточный и биохимический состав аутоплазмы, получаемой с помощью разных способов для использования в лечении пациентов с макулярным разрывом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включено 24 добровольца (12 мужчин, 12 женщин) из числа пациентов и сотрудников клиники офтальмологии Военно-медицинской академии, не имеющих соматических заболеваний в стадии дестабилизации, анемии любого генеза и не принимающих антикоагулянтную и антиагрегантную терапию (по данным клинического исследования крови и исследования коагулограммы у обследуемых отклонений от нормальных значений не было). Средний возраст участников исследования —  $41 \pm 17$  лет.

Каждому обследованному в условиях процедурного кабинета при температуре в помещении 20–22 °С из периферической вены без перерыва выполняли забор крови в объеме 54 мл в шприц ёмкостью 60 мл с предварительно набранным антикоагулянтом ACD-A (натрия цитрат — 2,2 %, глюкоза — 2,45 %, лимонная кислота — 0,8 %) 6 мл. ACD-A — один из рекомендованных антикоагулянтов для заготовки аутоплазмы в целях клинической офтальмологии, а соотношении крови к антикоагулянту 9 : 1 соответствует рекомендациям производителей систем для заготовки аутоплазмы Arthrex ACP и Ycellbio-Kit и рекомендациям по лабораторной диагностике

(лабораторное исследование плазмы без антикоагулянта затруднительно, из-за развития в короткие сроки коагуляции и искажения результатов исследования) [14–16]. После забора вращательными движениями шприца в течение 30 с кровь смешивалась с антикоагулянтом и переносилась в системы для получения аутоплазмы и лабораторные пробирки\*.

После центрифугирования в полученном субстрате оценивали количество тромбоцитов, лейкоцитов и фибриногена. Обработку результатов проводили с помощью стандартных инструментов описательной статистики Microsoft Office Excel 2016. Параметры представлены в формате  $M \pm SD$ , где  $M$  — среднее значение,  $SD$  — стандартное отклонение. Для определения достоверности использовали парный  $t$ -критерий Стьюдента для зависимых выборок. Для контроля исследуемые показатели также определялись в венозной крови с антикоагулянтом. Количественные показатели клеточного состава исследовали на гематологическом анализаторе BC Mindray 5800 (Shenzhen Mindray, Китай), показатели свертывающей системы крови — на автоматическом коагулометре ACL TOP 500 (Instrumentation Laboratory, США).

### Исследование богатой тромбоцитами и бедной лейкоцитами аутоплазмы (P-PRP)

P-PRP для исследования получали двумя способами: с помощью системы Arthrex ACP и лабораторной пробирки.

*Получение P-PRP с помощью системы Arthrex ACP.* В систему Arthrex ACP вносили 15 мл крови с антикоагулянтом и далее действовали согласно рекомендациям производителя системы [14]. Исследование выполняли в центрифуге Rotofix 32A (Hettich, Германия) при скорости 1500 об/мин в течение 5 мин. После центрифугирования плазму отбирали в вертикальном положении системы путем оттягивания поршня внутреннего шприца, не достигая 1,5 мм до уровня эритроцитов. Таким способом в среднем получали  $5,1 \pm 1,2$  мл плазмы (рис. 1).

*Получение P-PRP с помощью лабораторной пробирки.* В пробирку емкостью 12 мл вносили 10 мл крови с антикоагулянтом и центрифугировали на приборе Multi Centrifuge CM 6M (Elmi, Латвия) при скорости 1500 об/мин в течение 5 мин. После центрифугирования плазму отбирали в шприц емкостью 5 мл через инъекционную иглу 22 Ga 40 мм, не достигая 1,5 мм до уровня эритроцитов. Таким способом в среднем получали  $3,9 \pm 0,8$  мл плазмы (рис. 2).

### Исследование богатой тромбоцитами и лейкоцитами аутоплазмы (L-PRP)

L-PRP для исследования получали двумя способами: с помощью системы Ycellbio-Kit и лабораторной пробирки.

*Получение L-PRP с помощью системы Ycellbio-Kit.* В систему Ycellbio-Kit независимо от пола вносили 14 мл

крови с антикоагулянтом и далее действовали согласно рекомендациям производителя [15]. Для исследования применяли центрифугу Armed 80-2S («Армед», Россия) при скорости 3500 об/мин в течение 5 мин. После центрифугирования тромбоцитарно-лейкоцитарный слой концентрируется в узкой части системы между слоем эритроцитов и плазмы. Тромбоцитарно-лейкоцитарный клеточный пул вместе с плазмой отбирали в шприц емкостью 5 мл через инъекционную иглу 22 Ga 40 мм в объеме 1,5 мл. Для максимального аспирирования клеточных элементов слой тромбоцитов и лейкоцитов слегка взбалтывался круговыми движениями инъекционной иглы (рис. 3).

*Получение L-PRP с помощью лабораторной пробирки.* В пробирку емкостью 12 мл вносили 10 мл крови с антикоагулянтом и затем центрифугировали на приборе Multi Centrifuge CM 6M при скорости 1500 об/мин в течение 5 мин. После центрифугирования плазму отбирали в шприц емкостью 5 мл через инъекционную иглу 22 Ga 40 мм, не достигая 1,5 мм до уровня эритроцитов, и далее вносили в пробирку емкостью 12 мл и повторно использовали ту же центрифугу на скорости 2800 об/мин 2 мин. При увеличении скорости и/или длительности центрифугирования происходит активация тромбоцитов с формированием нерастворимого сгустка (рис. 4). При уменьшении скорости и/или длительности центрифугирования в полученном субстрате уменьшается количество тромбоцитов.

После центрифугирования клеточные элементы смещаются в сторону дна пробирки и видны в виде серовато-красноватого осадка. Верхние 2/3 части бедной тромбоцитами и лейкоцитами плазмы аспирировались, в пробирке оставалась 1/3 часть богатой тромбоцитами и лейкоцитами плазмы. Клеточные элементы, выпавшие в осадок, аккуратными качательными движениями пробирки переводились в раствор. Таким способом в среднем получали  $1,3 \pm 0,3$  мл плазмы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Количественные показатели фибриногена, тромбоцитов и лейкоцитов аутоплазмы, полученной различными способами, представлены в таблице.

Представленные в таблице исследуемые показатели P-PRP, полученной в системе Arthrex ACP и лабораторной пробирке, статистически значимо не отличаются по количественным показателям фибриногена и тромбоцитов ( $p < 0,05$ ) и достоверно отличаются по содержанию лейкоцитов ( $p > 0,05$ ) в сторону увеличения их количества в субстрате, полученном в лабораторной пробирке. Сравнимые показатели L-PRP, полученной в системе Ycellbio-Kit и лабораторной пробирке, статистически достоверно не отличаются по количеству фибриногена ( $p < 0,05$ ) и отличаются по содержанию тромбоцитов и лейкоцитов ( $p > 0,05$ ) в сторону уменьшения их концентрации в аутоплазме, получаемой в лабораторной пробирке.

\* В исследовании использовали лабораторную пробирку, в том числе с винтовой крышкой, производства фирмы NUOVA APТАКА С.Р.Л., Италия, РУ № ФСЗ 2011/09223 от 19.03.2012.



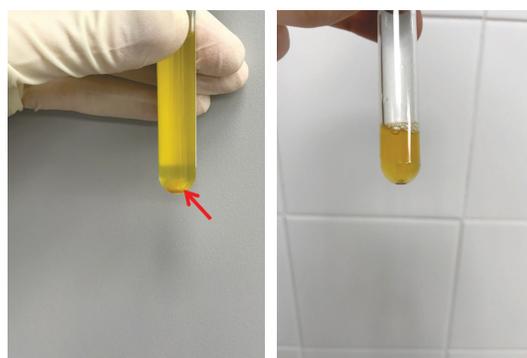
**Рис. 1.** Центрифуга Rotofix 32A и система Arthrex ACP для получения аутологичной кондиционированной плазмы  
**Fig. 1.** The Rotofix 32A centrifuge and the Arthrex ACP system for producing autologous conditioned serum



**Рис. 2.** Центрифуга Multi Centrifuge CM 6M и лабораторная пробирка для получения богатой тромбоцитами аутоплазмы  
**Fig. 2.** Multi Centrifuge CM 6M centrifuge and laboratory test tube for producing platelet-rich autologous serum



**Рис. 3.** Центрифуга Armed 80-2S и система Ycellbio-Kit для получения богатой тромбоцитами аутоплазмы  
**Fig. 3.** The Armed 80-2S centrifuge and the Ycellbio-Kit system for producing platelet-rich autologous serum



**Рис. 4.** Клеточные элементы крови (указаны стрелкой), выпавшие в осадок и полученная L-PRP  
**Fig. 4.** Precipitated blood cell elements (indicated by arrow), and obtained L-PRP

**Таблица.** Среднее количество фибриногена, тромбоцитов и лейкоцитов в венозной крови с антикоагулянтом и аутоплазме крови, полученной различными способами

**Table.** The average amount of fibrinogen, platelets and leukocytes in venous blood with anticoagulant and autologous serum obtained by various methods

Способ	Фибриноген, г/л	Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$	Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$
Контрольные показатели венозной крови с антикоагулянтом	$3,51 \pm 0,68$	$203,83 \pm 42,05$	$5,39 \pm 1,24$
Показатели P-PRP, полученной в системе Arthrex ACP	$3,57 \pm 0,56$	$451,17 \pm 114,32$	$0,48 \pm 0,74$
Показатели P-PRP, полученной в лабораторной пробирке	$3,56 \pm 0,59$	$454,33 \pm 104,90$	$0,85 \pm 0,56$
Показатели L-PRP, полученной в системе Ycellbio-Kit	$3,30 \pm 0,64$	$740,08 \pm 209,26$	$3,57 \pm 1,87$
Показатели L-PRP, полученной в лабораторной пробирке	$3,42 \pm 0,64$	$643,67 \pm 163,51$	$1,45 \pm 0,79$

## ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению многих авторов, наиболее значимыми показателями аутоплазмы, определяющими способность формировать тромбоцитарно-фибриновую «пробку» в диастазе макулярного разрыва и тромбоцитарно-фибриновую плёнку на поверхности макулярной сетчатки, являются фибриноген и тромбоциты [17, 18], которые, будучи физиологическими факторами гемостаза и восстановления сосудистой стенки, обеспечивают более деликатное, по сравнению с механическими техниками, закрытие макулярного разрыва.

Факторы роста  $\alpha$ -гранул тромбоцитов обеспечивают восстановление повреждённой ткани, при этом выраженность репаративной активности зависит от концентрации тромбоцитов. Считается, что максимальный репаративный эффект аутоплазмы достигается при концентрации тромбоцитов в ней от 1 млн клеток в мкл [19]. Напротив, медиаторы воспаления лейкоцитов могут пагубно воздействовать на зону макулярного разрыва, вызывая альтерацию, отёк и ишемию сетчатки, вместе с этим выраженность воспалительных проявлений прямо пропорционально зависит от концентрации лейкоцитов в аутоплазме [20].

Получаемая в лабораторной пробирке P-PRP имеет большее количество лейкоцитов, что при витреальной хирургии может увеличивать риск воспалительной реакции, и учитывая то, что при заготовке аутоплазмы с помощью лабораторной пробирки происходит контакт крови с внешней средой, возрастает возможность контаминации субстрата микроорганизмами, увеличивая вероятность послеоперационных инфекционно-воспалительных осложнений.

L-PRP, получаемая в лабораторной пробирке наряду со снижением концентрации лейкоцитов, содержит меньшее количество тромбоцитов, что, с одной стороны, может уменьшить воспалительный ответ на введение в ткани, а с другой стороны, снижает репаративную активность аутоплазмы.

Немаловажный аспект коагуляционной активности аутоплазмы — наличие или отсутствие антикоагулянта. Так, протокол получения аутоплазмы в системе Arthrex ACP позволяет получать субстрат без использования антикоагулянта, при этом концентрация фибринагена и клеточных элементов возрастает, повышая коагуляционную способность плазмы. Такие же свойства имеет аутоплазма (P-PRP), получаемая без антикоагулянта в лабораторной пробирке. Протокол заготовки аутоплазмы в системе Ycellbio-Kit без антикоагулянта не предусмотрен, поэтому плазма, полученная в системе Ycellbio-Kit, будет обладать заведомо худшими прокоагуляционными свойствами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в результате исследования данные свидетельствуют, что в настоящее время наибольший интерес для хирургии макулярного разрыва представляет аутоплазма, получаемая в системе Arthrex ACP, в связи с тем, что имеет наименьшее содержание лейкоцитов, максимальную защищённость системы от воздействия

внешних факторов, возможность получения аутоплазмы без антикоагулянта. Лабораторные пробирки могут быть рассмотрены более доступной альтернативой для получения P-PRP в целях лечения пациентов с макулярным разрывом, но с заведомо большим риском развития воспалительных осложнений. Аутоплазма, получаемая в системе Ycellbio-Kit, в меньшей мере пригодна для хирургии макулярного разрыва, по причине большего содержания лейкоцитов, необходимости использования антикоагулянта при заготовке, сложности технологического процесса заготовки. L-PRP, получаемая в лабораторной пробирке, имеет схожие недостатки с аутоплазмой, получаемой в системе Ycellbio-Kit, и так же малоприспособна для хирургии макулярного разрыва.

Таким образом, несмотря на проведенные многочисленные исследования в области получения аутоплазмы в целях хирургии макулярного разрыва, продолжается поиск препарата аутоплазмы с оптимальными свойствами, сочетающими низкую вязкость до применения, способность формировать тромбоцитарно-фибриновую «пробку» в диастазе макулярного разрыва и стимулировать максимальный репаративный эффект.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Не указан.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Degenhardt V., Busch C., Jochmann C., et al. Prognostic factors in patients with persistent full-thickness idiopathic macular holes treated with re-vitreotomy with autologous platelet concentrate // *Ophthalmologica*. 2019. Vol. 242. No. 4. P. 214–221. DOI: 10.1159/000502386
2. Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Krupina E.A. Surgical treatment of macular holes with and without the use of autologous platelet-rich plasma // *Int Ophthalmol*. 2021. Vol. 41. No. 3. P. 1043–1052. DOI: 10.1007/s10792-020-01662-4
3. Babu N., Kohli P., Ramachandran N.O., et al. Comparison of platelet-rich plasma and inverted internal limiting membrane flap for the management of large macular holes: A pilot study // *Indian J Ophthalmol*. 2020. Vol. 68. No. 5. P. 880–884. DOI: 10.4103/ijo.IJO\_1357\_19
4. Файзрахманов Р.Р., Крупина Е.А., Павловский О.А., и др. Анализ богатой тромбоцитами плазмы, полученной различными способами // *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2019. Т. 20, № 2. С. 363–372.
5. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Крупина Е.А. Хирургическое лечение первичного макулярного разрыва с применением богатой тромбоцитами плазмы крови // *Офтальмохирургия*. 2017. № 3. С. 27–30. DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30
6. Арсютов Д.Г. Использование аутологичной кондиционированной плазмы, обогащённой тромбоцитами, в хирургии регматогенной отслойки сетчатки с центральным, парацентральным и периферическими разрывами // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2019. Т. 15, № 2. С. 422–425.
7. Кузнецова Н.В., Куренков В.В., Куренкова Н.В., Абрамов С.И. Использование PRP-технологии в консервативном лечении диффузного ламеллярного кератита после Lasik // *Современные технологии в офтальмологии*. 2017. № 6. С. 183–185.
8. Тарабрина В.А., Гаврилюк И.О., Чурашов С.В., Куликов А.Н. Применение обогащённой тромбоцитами плазмы при экспериментальной хронической эрозии роговицы // *Современные технологии в офтальмологии*. 2020. № 3. С. 83–84. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-3-83-84

9. Куликов А.Н., Чурашов С.В., Попов Е.М. Методы лечения макулярного разрыва — история и перспективы // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2021. Т. 16, № 1. С. 135–138. DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.14.53.026

10. Бикбов М.М., Зайнуллин Р.М., Гильманшин Т.Р., и др. Богатая тромбоцитами аутоплазма крови (АСР) — новый «инструмент» в макулярной хирургии // Точка зрения. Восток–Запад. 2020. № 2. С. 33–35. DOI: 10.25276/2410-1257-2020-2-33-35

11. Петрачков Д.В., Алхарки Л., Матющенко А.Г., и др. Сравнение ранних результатов лечения больших сквозных макулярных разрывов при использовании различных хирургических методик // Офтальмология. 2021. Т. 18, № 3S. С. 681–687. DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3S-681-687

12. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Крупина Е.А., и др. Хирургическое лечение первичного макулярного разрыва с применением богатой тромбоцитами плазмы крови // Офтальмохирургия. 2017. № 3. С. 27–30. DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30

13. Dohan Ehrenfest D.M., Rasmusson L., Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: From pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) // Trends Biotechnol. 2009. Vol. 27. No. 3. P. 158–167. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009

14. Arthrex.com [Internet]. Инструкция по применению системы Arthrex ACP шприц в шприце фирмы Arthrex [дата обращения: 23.11.2021]. Доступ по ссылке: [https://www.arthrex.com/resources/brochures/pF8\\_4Jzo7U2V9AF47os7pg/arthrex-acp-double-syringe-hettich-centrifuge](https://www.arthrex.com/resources/brochures/pF8_4Jzo7U2V9AF47os7pg/arthrex-acp-double-syringe-hettich-centrifuge)

15. PRPLab [Internet]. Инструкция по применению системы Ycellbio-Kit фирмы Вайселлбиомедикал [дата обращения: 23.11.2021]. Доступ по ссылке: <http://www.prplab.ru/metod-prp.htm>

16. Долгов В.В., Меньшиков В.В. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство. Т. 1. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 928 с.

17. Арсютов Д.Г. Использование нового типа обогащённой тромбоцитами плазмы — аутологичной кондиционированной плазмы (АСР) в хирургии регматогенной отслойки сетчатки с большими и множественными разрывами, отрывом от зубчатой линии // Современные технологии в офтальмологии. 2019. № 1. С. 22–25. DOI: 10.25276/2312-4911-2019-1-22-25

18. Захаров В.Д., Шкворченко Д.О., Крупина Е.А., и др. Эффективность богатой тромбоцитами плазмы крови в хирургии больших макулярных разрывов // Практическая медицина. 2016. № 9. С. 118–121.

19. Федосеева Е.В., Ченцова Е.В., Боровкова Н.В., и др. Морфофункциональные особенности плазмы, богатой тромбоцитами, и её применение в офтальмологии // Офтальмология. 2018. Т. 15, № 4. С. 388–393. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-388-393

20. Крупина Е.А., Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А., и др. Анализ молекулярных и биологических аспектов применения PRP- и ACP-терапии // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2020. Т. 15, № 3–2. С. 80–85. DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.30.34.015

## REFERENCES

1. Degenhardt V, Busch C, Jochmann C, et al. Prognostic factors in patients with persistent full-thickness idiopathic macular holes treated with re-vitrectomy with autologous platelet concentrate. *Ophthalmologica*. 2019;242(4):214–221. DOI: 10.1159/000502386

2. Shpak AA, Shkvorchenko DO, Krupina EA. Surgical treatment of macular holes with and without the use of autologous platelet-rich plasma. *Int Ophthalmol*. 2021;41(3):1043–1052. DOI: 10.1007/s10792-020-01662-4

3. Babu N, Kohli P, Ramachandran NO, et al. Comparison of platelet-rich plasma and inverted internal limiting membrane flap for the management of large macular holes: A pilot study. *Indian J Ophthalmol*. 2020;68(5):880–884. DOI: 10.4103/ijo.IJO\_1357\_19

4. Fayzrahmanov RR, Krupina EA, Pavlovskiy OA, et al. Analysis of platelet-rich plasma obtained in various ways. *Medline. ru. Rossiiskii biomeditsinskii zhurnal* 2019;20(2):363–372. (In Russ.)

5. Shkvorchenko DO, Zakharov VD, Krupina EA, et al. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich plasma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2017;(3):27–30. (In Russ.) DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30

6. Arsyutov DG. The use of autologous conditioned platelet rich plasma in the surgery of rhegmatogenous retinal detachment with central, paracentral and peripheral tears. *Saratov journal of Medical Scientific Research*. 2019;15(2):422–425. (In Russ.)

7. Kuznetsova NV, Kurenkov VV, Kurenkova NV, Abramov SI. Ispol'zovanie PRP-tehnologii v konservativnom lechenii diffuznogo lamellyarnogo keratita posle Lasik. *Modern technologies in ophthalmology*. 2017;(6):183–185. (In Russ.)

8. Tarabrina VA, Gavrilyuk IO, Churashov SV, Kulikov AN. The use of platelet-rich plasma on the experimental corneal erosion.

*Modern technologies in ophthalmology*. 2020;(3):83–84. (In Russ.) DOI: 10.25276/2312-4911-2020-3-83-84

9. Kulikov AN, Churashov SV, Popov EM. Methods of treatment of macular hole: history and prospects. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021;16(1):135–138. (In Russ.) DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.14.53.026

10. Bikbov MM, Zainullin RM, Gilmanshin TR, et al. The results of large macular hole surgery using Autologous conditioned plasma. *Point of view. East–West*. 2020;(2):33–35. (In Russ.) DOI: 10.25276/2410-1257-2020-2-33-35

11. Petrachkov DV, Alkharki L, Matyushchenko AG, et al. Comparison of Early Treatment Outcomes for Large Macular Hole Using Various Surgical Techniques. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(3S):681–687. (In Russ.) DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3S-681-687

12. Shkvorchenko DO, Zakharov VD, Krupina EA, et al. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich plasma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2017;(3):27–30. (In Russ.) DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30

13. Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: From pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol*. 2009;27(3):158–167. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009

14. Arthrex.com [Internet]. Instruksiya po primeniyu sistemy Arthrex ACP shprits v shpritse firmy Arthrex [cited: 2021 Nov 23]. Available from: [https://www.arthrex.com/resources/brochures/pF8\\_4Jzo7U2V9AF47os7pg/arthrex-acp-double-syringe-hettich-centrifuge](https://www.arthrex.com/resources/brochures/pF8_4Jzo7U2V9AF47os7pg/arthrex-acp-double-syringe-hettich-centrifuge) (In Russ.)

15. PRPLab [Internet]. Instruksiya po primeneniyu sistemy Ycell-bio-Kit firmy Vaisellbiomedikal [cited: 2021 Nov 23]. Available from: <http://www.prplab.ru/metod-prp.htm> (In Russ.)

16. Dolgov VV, Men'shikov VV. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika: natsional'noe rukovodstvo, Vol. 1. Moscow: GEHOTAR-Media, 2012. 928 p. (In Russ.)

17. Arsyutov DG. The use of a new type of platelet-rich plasma — autologous conditioned plasma (ACP) in the surgery of rhegmatogenous retinal detachment with large and multiple breaks, abruption from the dentate line. *Modern technologies in ophthalmology*. 2019;(1):22–25. (In Russ.) DOI: 10.25276/2312-4911-2019-1-22-25

18. Zakharov VD, Shkvorchenko DO, Krupina EA, et al. Efficacy of platelet-rich plasma in surgery of large macular raptures. *Practical medicine*. 2016;(9):118–121. (In Russ.)

19. Fedoseeva EV, Chentsova EV, Borovkova NV, et al. Morphofunctional Peculiarities of Platelet Rich Plasma and Its Application in Ophthalmology. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(4):388–393. (In Russ.) DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-388-393

20. Krupina EA, Fajzrahmanov RR, Pavlovskij OA, et al. Molecular and biological aspects of platelet-rich plasma therapies. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2020;15(3–2):80–85. (In Russ.) DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.30.34.015

## ОБ АВТОРАХ

**\*Евгений Михайлович Попов**, адъюнкт кафедры офтальмологии; адрес: Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-7027>; eLibrary SPIN: 6909-0299; e-mail: [popov138army@mail.ru](mailto:popov138army@mail.ru)

**Алексей Николаевич Куликов**, д-р мед. наук, доцент, начальник кафедры (клиники) офтальмологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>; eLibrary SPIN: 6440-7706; e-mail: [alexey.kulikov@mail.ru](mailto:alexey.kulikov@mail.ru)

**Сергей Викторович Чурашов**, д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1197-9237>; eLibrary SPIN: 5370-7410; e-mail: [churashoff@mail.ru](mailto:churashoff@mail.ru)

**Илья Олегович Гаврилюк**, канд. мед. наук, преподаватель кафедры офтальмологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0932-2818>; eLibrary SPIN: 9649-7311; e-mail: [gavriliuk.vma@gmail.com](mailto:gavriliuk.vma@gmail.com)

**Елизавета Николаевна Егорова**, канд. мед. наук, заведующая биохимической лабораторией; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5272-361X>; e-mail: [egorovaelisaveta@mail.ru](mailto:egorovaelisaveta@mail.ru)

**Анастасия Игоревна Аббасова**, врач клинической лабораторной диагностики; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6850-4737>; e-mail: [3363939@mail.ru](mailto:3363939@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

**\*Evgeniy M. Popov**, Adjunct of the Department of ophthalmology; address: 6, Akademika Lebedeva st., Saint Petersburg, 194044, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-7027>; eLibrary SPIN: 6909-0299; e-mail: [popov138army@mail.ru](mailto:popov138army@mail.ru)

**Alexei N. Kulikov**, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of ophthalmology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>; eLibrary SPIN: 6440-7706; e-mail: [alexey.kulikov@mail.ru](mailto:alexey.kulikov@mail.ru)

**Sergey V. Churashov**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of ophthalmology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1197-9237>; eLibrary SPIN: 5370-7410; e-mail: [churashoff@mail.ru](mailto:churashoff@mail.ru)

**Il'ya O. Gavrilyuk**, Cand. Sci. (Med.), Lecturer of the Ophthalmology Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0932-2818>; eLibrary SPIN: 9649-7311; e-mail: [gavriliuk.vma@gmail.com](mailto:gavriliuk.vma@gmail.com)

**Elisaveta N. Egorova**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Biochemical Laboratory; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5272-361X>; e-mail: [egorovaelisaveta@mail.ru](mailto:egorovaelisaveta@mail.ru)

**Anastasiya I. Abbasova**, Doctor of clinical laboratory diagnostics of the clinical laboratory; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6850-4737>; e-mail: [3363939@mail.ru](mailto:3363939@mail.ru)