



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-131-138>

Технология лечения витреомакулярной тракции методом однопортового интравитреального введения коллагеназы в фовеолярную область

П.В. Лыскин, И.Р. Макаренко ✉

ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

Цель работы — разработать технологию лечения витреомакулярной тракции (ВМТ) с интравитреальным введением бактериальной коллагеназы в дозе, соответствующей инструкции по применению препарата. **Материал и методы.** Проведено моделирование различных вариантов доставки коллагеназы к зоне ее воздействия. При расчетах учитывали средние стандартные анатомические параметры нормального глаза. Для технической реализации использовали современные возможности аппаратного обеспечения в офтальмохирургии. **Результаты.** Разработана технология доставки бактериальной коллагеназы в дозе 1 KE (разрешенная по инструкции) к фовеолярной зоне сетчатки. С помощью инструментов калибра 27G, канюли с силиконовым кончиком и микроскопа OMS-800 (Торсон, Япония), оснащенного системами визуализации OFFISS, осуществлена доставка препарата непосредственно к зоне ВМТ на 35 глазах. ВМТ устранена в 26 (74,3%) случаях, при этом максимальная корригированная острота зрения повысилась на $0,20 \pm 0,21$ (с $0,46 \pm 0,21$ до $0,66 \pm 0,26$). **Заключение.** Разработанная технология лечения ВМТ может быть использована в клинической практике, поскольку позволяет добиться эффективной концентрации препарата в области фовеа с использованием минимальной дозировки, рекомендованной производителем в инструкции по применению препарата, при этом исключается травматизация сетчатки во время манипуляции.

Ключевые слова: бактериальная коллагеназа; витреомакулярная тракция

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Лыскин П.В., Макаренко И.Р. Технология лечения витреомакулярной тракции методом однопортового интравитреального введения коллагеназы в фовеолярную область. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (4): 131–8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-131-138>

A technology of vitreomacular traction treatment by single-port intravitreal injection of bacterial collagenase into the foveolar area

Pavel V. Lyskin, Irina R. Makarenko ✉

S.N. Fedorov Eye Microsurgery Complex, 59a, Beskudnikovsky Blvd. Moscow, 127486, Russia
makarenkoirina505@gmail.com

Purpose: to develop a technology for the treatment of vitreomacular traction (VMT) with intravitreal injection of bacterial collagenase so that the dosage corresponds to the instruction for use of the drug. **Material and methods.** We carried out the modeling of a variety of variants of collagenase delivery to the area where it should act, taking into account the standard average anatomical parameters of the normal eye. We used modern facilities available in present-day ophthalmic surgery appliances. **Results.** A technology of bacterial collagenase delivery to the foveolar region of the retina was developed which ensured the injection of 1 KE dosage as permitted by the instruction for use. 27G caliber

*instruments, a cannula with a silicone tip and an OMS-800 microscope (Topcon, Japan), equipped with the OFFISS imaging systems, were used to deliver the drug directly to the VMT area of 35 eyes. Of these, VMT could be eliminated in 26 cases (74.3%), the best corrected visual acuity increased by 0.20 ± 0.21 (from 0.46 ± 0.21 to 0.66 ± 0.26). **Conclusion.** The developed technology of VMT treatment may be used in clinical practice as it ensures an effective concentration of the bacterial collagenase in the fovea area using the minimum dose recommended by the manufacturer in the instruction for drug use while avoiding retinal traumatization during the procedure.*

Keywords: bacterial collagenase; vitreomacular traction

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

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

For citation: Lyskin P.V., Makarenko I.R. A technology of vitreomacular traction treatment by single-port intravitreal injection of bacterial collagenase into the foveolar area. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (4): 131-8 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-131-138>

Лечение витреомакулярной тракции (ВМТ) без применения витреоретинального вмешательства, включающего субтотальную витрэктомию и фактоэмulsionфикацию хрусталика с имплантацией ИОЛ, стало возможным благодаря интравитреальному введению раствора бактериальной коллагеназы. Бактериальная коллагеназа в силу своей высокой специфичности воздействия на коллагеновые структуры дает возможность устранять патологическую фиксацию стекловидного тела (СТ) к макулярной области и тем самым обеспечивает излечение [1–3]. Предварительно проведенные исследования показали, что патологическая фиксация СТ к сетчатке обуславливается коллагеновыми структурами [4, 5]. Экспериментальные исследования подтвердили теоретическую возможность использования бактериальной коллагеназы для устранения ВМТ: показано, что бактериальная коллагеназа способна растворять коллагеновые структуры СТ человека и не воздействует на интравитреальные структуры [3]. Токсикологические исследования с использованием фармакокинетической модели «доза — эффект зависимости цитотоксической реакции на препарат Коллализин» показали полное отсутствие цитотоксичности при дозировке препарата 15 КЕ / 100 мкл (150 КЕ / 1 мл) при условии длительной экспозиции [6–7]. При пересчете полученных данных о безопасной, нетоксичной дозе коллагеназы на объем витреальной полости нормального глаза (4 мл), нетоксичная доза коллагеназы при длительной экспозиции составляет 600 КЕ [7]. По совокупности данных экспериментальных и токсикологических исследований дозировка бактериальной коллагеназы от 1 до 5 КЕ на витреальную полость находится далеко за пределами опасности токсического воздействия на ткани глаза, так как такая доза препарата в 120–200 раз меньше максимальной безопасной токсической дозы и может рассматриваться как ориентир для интравитреального применения препарата в клинической практике. По инструкции производителя для интравитреального применения рекомендована дозировка в 1 КЕ. Ранее была представлена методика лечения витреомакулярной тракции инъекцией в СТ 3–5 КЕ бактериальной коллагеназы. Препарат вводили через прокол в проекции плоской части цилиарного тела в геометрический центр витреальной полости. Методика показала свою эффективность и безопасность в доклиническом применении [8]. Несмотря на простоту применения, отсутствие необходимости в дополнительном сложном оборудовании, методика не могла быть внедрена в клиническую практику, поскольку доза вводимого препарата превышала дозу, рекомендованную производителем для интравитреального введения, при этом рекомендованная доза в 1 КЕ не позволяла добиться необходимого результата при инъекционном введении в центр витреальной полости. Очевидной стала необходимость разработки технологии лечения ВМТ с применением

интравитреального введения бактериальной коллагеназы в дозе, не превышающей рекомендованную производителем.

ЦЕЛЬ работы — разработать технологию лечения ВМТ с интравитреальным введением бактериальной коллагеназы для клинической практики, соответствующую инструкции по применению препарата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На основе ранее разработанной технологии инъекционного введения коллагеназы и ее теоретического моделирования определены условия, которым должна соответствовать разрабатываемая технология, обеспечивающие ее соответствие инструкции по применению препарата. Для разработки технологии использовано моделирование процессов, сопровождающих различные варианты доставки коллагеназы к зоне ее воздействия. Учитывались средние стандартные анатомические параметры глаза (длина глаза, объем и размеры витреальной полости, размеры анатомических структур макулярной области). Для технического обеспечения, позволяющего применить разработанную технологию на практике, использовались современные возможности аппаратного обеспечения в офтальмохирургии.

Моделирование технологии. За основу взята ранее разработанная для доклинического применения технология интравитреального введения раствора коллагеназы в центр витреальной полости, согласно которой в момент введения препарата острие инъекционной иглы располагается в геометрическом центре витреальной полости. Теоретическое моделирование введения бактериальной коллагеназы в зону приложения препарата производили исходя из средних стандартных анатомических параметров нормального глаза, физических размеров используемых инструментов и дозировки бактериальной коллагеназы, рекомендованной производителем для интравитреального применения.

С учетом анатомических параметров нормального глаза [9, 10] при расположении острия иглы в центре витреальной полости (ранее разработанная технология) расстояние от среза иглы до макулярной области сетчатки составит 11–12 мм (рис. 1, А). После медленного введения 0,1 мл раствора, содержащего 3 КЕ коллагеназы, происходит его плавное движение к макулярной области. Введенный раствор преодолевает расстояние в 12 мм до сетчатки. По мере движения к сетчатке происходит смешивание раствора коллагеназы с внутриглазной жидкостью и частичное рассеивание на пути следования и, соответственно, снижение его концентрации. При достижении сетчатки введенный раствор будет занимать не только всю поверхность макулярной области диаметром около 5 мм, но и парамакулярную область в пределах сосудистых аркад (рис. 2, А). Соответственно концентрация действующего вещества на единицу поверхности макулярной

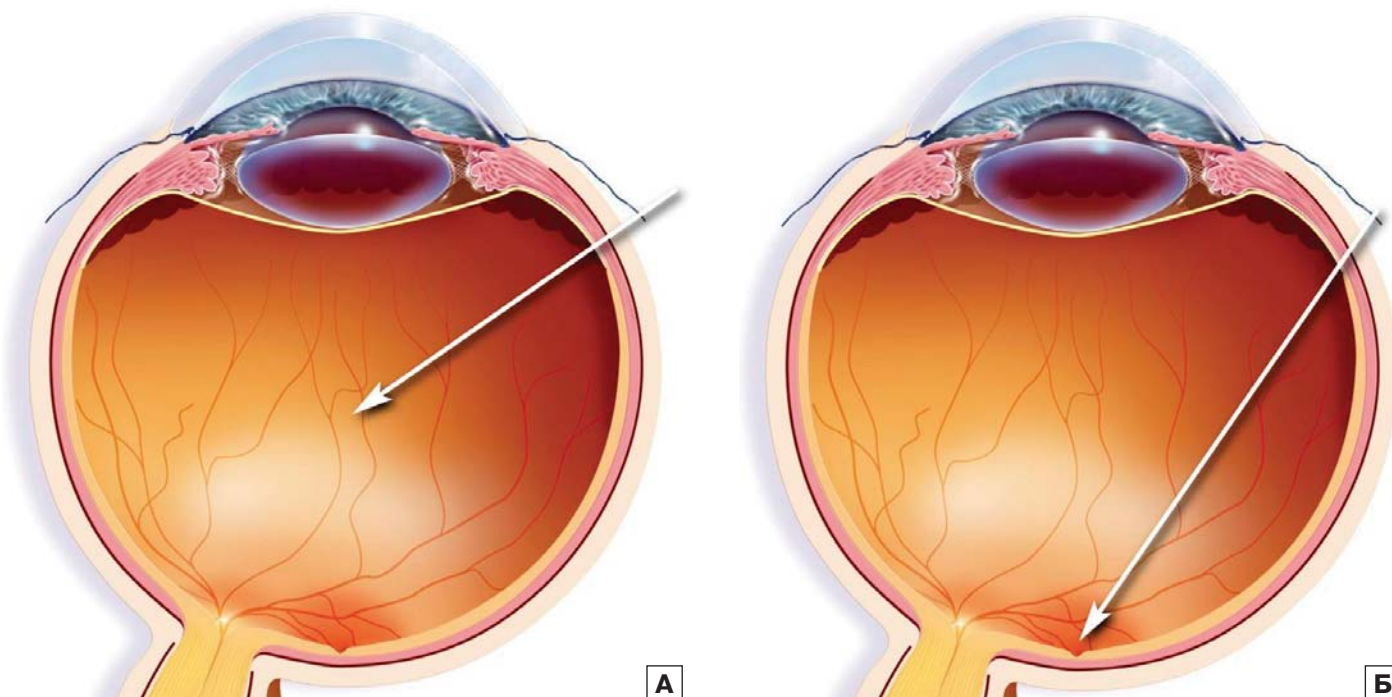


Рис. 1. Стрелкой указано положение острия инъекционной иглы в витреальной полости перед введением раствора коллагеназы: А — в центре витреальной полости; Б — в фовеолярной области

Fig. 1. The arrow indicates the position of the injection needle tip in the vitreal cavity before the introduction of collagenase solution: A — in the center of the vitreal cavity; Б — near the foveolar zone

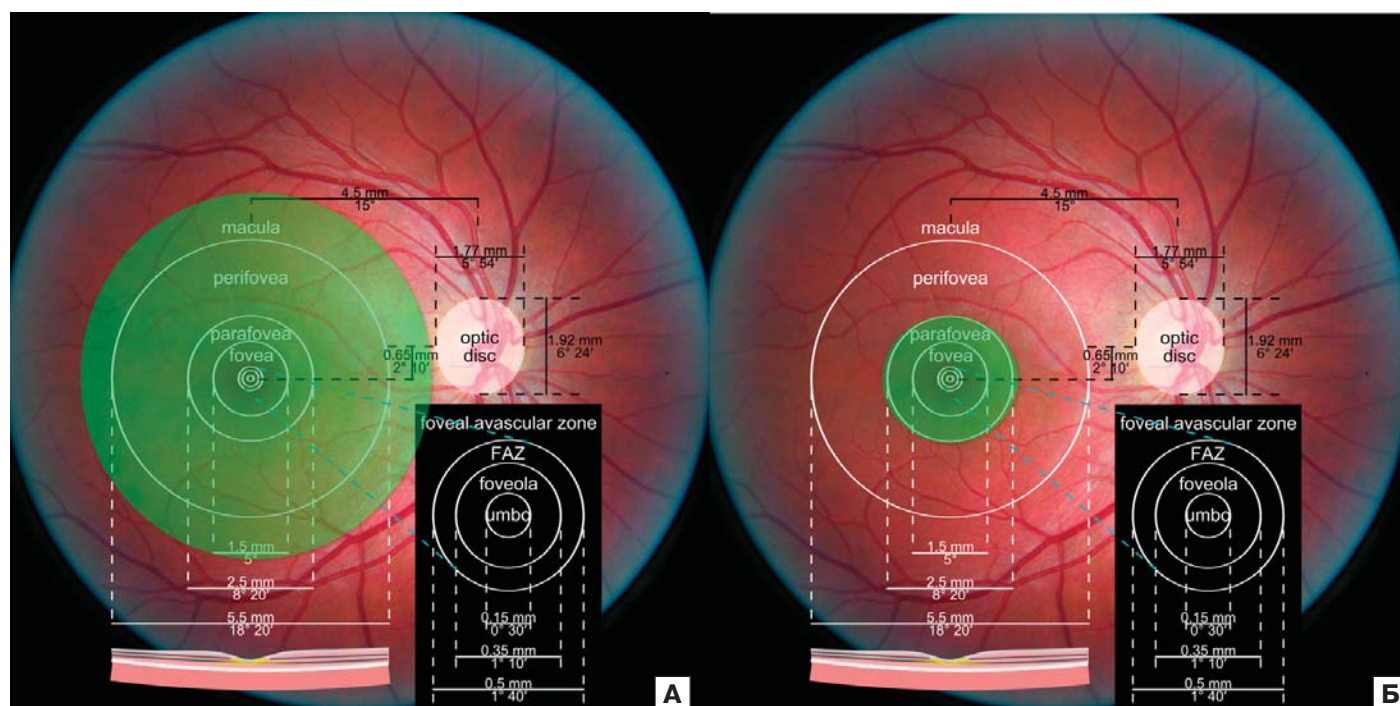


Рис. 2. Фотография центральной сетчатки человека с наложенными диаграммами, показывающими положение и размеры макулы и диска зрительного нерва (Photograph: Danny Hope from Brighton & Hove). Зеленым цветом схематически показано распределение препарата бактериальной коллагеназы при введении в центр стекловидного тела (А) и при введении непосредственно над фовеа (Б)

Fig. 2. Photo of the human central retina with diagrams showing the position and size of the macula and optic disc. The green color shows the distribution of bacterial collagenase when injected into the center of the vitreous body (A) and when injected directly over the fovea (Б)

области будет существенно ниже, чем его концентрация у среза иглы в момент введения раствора препарата в центр витреальной полости.

Основной задачей является создание эффективной концентрации препарата в зоне фиксации СТ к макуле при использовании дозы в 1 КЕ, рекомендованной производи-

телем. Выполнение данной задачи невозможно при введении дозы в 1 КЕ в центр витреальной полости, так как на пути следования раствора препарата происходит его смешивание с внутриглазной жидкостью и рассеивание над макулярной областью, приводящее к снижению эффективной концентрации препарата. Условием создания эффективной концентрации действующего вещества является технология применения препарата, исключающая снижение его эффективной концентрации в процессе применения, т. е. доставку препарата непосредственно в область, где необходимо его воздействие, т. е. сокращение дистанции между местом введения препарата и областью воздействия до минимально возможной — 0,3–0,5 мм (рис. 1, Б). Однако такая дистанция повышает риск ятрогенного повреждения сетчатки, поэтому следующим условием выполнения процедуры является учет этого фактора. На теоретической модели нормального глаза длиной 22–24 мм и со средними анатомическими параметрами определено, что длина инъекционной иглы должна составлять не менее 30 мм. Диаметр инъекционных игл длиной более 30 мм начинается с 0,6 мм (калибр 23 G). Наличие острия у иглы повышает риск ятрогенных повреждений при приближении к сетчатке и не позволяет сократить дистанцию при введении препарата до минимальной. Наиболее предпочтительно применение

канюли, вводимой через предварительно устанавливаемый порт диаметром 0,4 мм (калибр 27 G). Для проведения процедуры выбрана канюля диаметром 0,3 мм, длиной 40 мм, с силиконовым кончиком. Моделирование процедуры введения препарата показано на рисунках 1, А и 3. Наличие силиконового кончика снижает риск ятрогенных повреждений сетчатки при случайном прикосновении к ней. Порт 27-го калибра оснащен силиконовым клапаном, исключающим истечение внутриглазной жидкости при проведении вмешательства, и минимизирует риск снижения внутриглазного давления. Одновременно с уменьшением дистанции от кончика канюли до области воздействия для повышения концентрации действующего вещества уменьшен объем раствора коллагеназы до 0,05 мл. Сокращение дистанции, уменьшение объема раствора фермента с сохранением его прежней дозировки практически исключит смешивание препарата с внутриглазной жидкостью при достижении зоны воздействия, что позволит дополнительно увеличить точность доставки и концентрацию действующего фермента в области фиксации СТ к макуле и, соответственно, эффективность воздействия. Распространение препарата бактериальной коллагеназы при введении непосредственно над фовеолярной областью схематически показано на рисунке 1, Б.

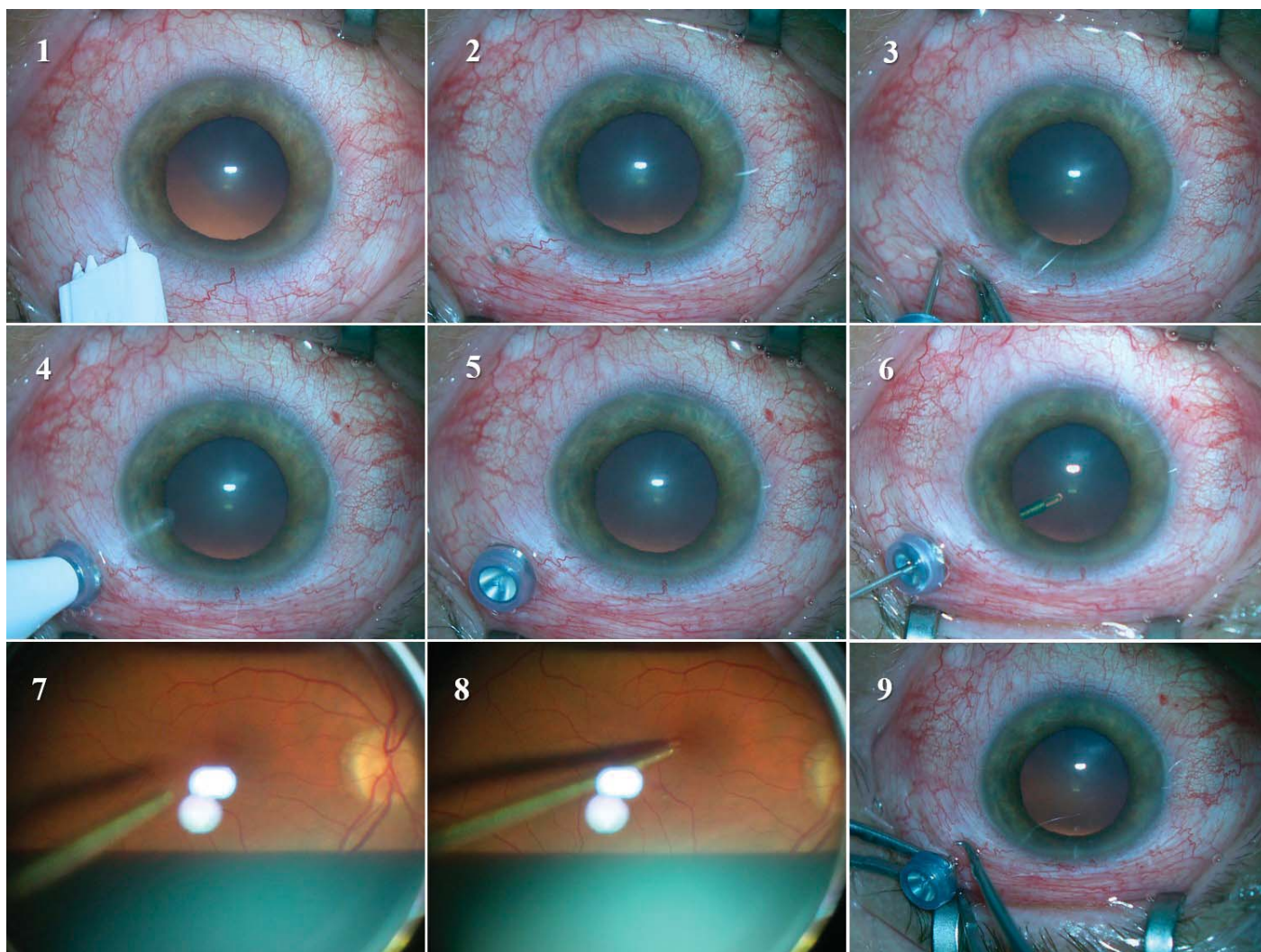


Рис. 3. Этапы процедуры однопортового интравитреального введения раствора бактериальной коллагеназы в фовеолярную область макулы
Fig. 3. Steps of the single-port intravitreal injection of bacterial collagenase solution into the foveolar region of the macula

Как было сказано выше, манипуляции в непосредственной близости от макулярной области повышают риск ятрогенного повреждения наиболее оптически значимой области сетчатки. Одним из основных условий применения технологии является обеспечение безопасности, исключение риска ятрогенных повреждений сетчатки в процессе проведения манипуляции. Для этого при выполнении вмешательства необходима максимально качественная визуализация, что невозможно без достаточного освещения, традиционно обеспечиваемого эндоосветителем. Установка второго порта для введения эндоиллюминатора предполагает нанесение дополнительной интраоперационной травмы.

Применение микроскопа OMS-800 фирмы Topcon (Япония), оснащенного системами визуализации OFFISS (Optical Fiber-free Intravitreal Surgery System), позволяет исключить необходимость в установке второго порта для эндоосветителя. Система визуализации OFFISS обеспечивает высокое качество интраоперационной визуализации витреальной полости и необходимое увеличение и позволяет выполнять манипуляции в непосредственной близости от макулярной области сетчатки, что обеспечивает безопасность и минимизирует риск ятрогенного воздействия на сетчатку в процессе лечебного вмешательства. Проведение процедуры может быть выполнено витреоретинальным хирургом, имеющим необходимые навыки и опыт более сложных витреоретинальных вмешательств.

Основываясь на указанных предпосылках и теоретическом моделировании, мы разработали технологию однопортового интравитреального введения бактериальной коллагеназы непосредственно в фовеолярную область макулы для практического применения (см. рис. 3). Разработанная технология включает следующие этапы.

Разметка места инъекции. Производится аппланация циркуля или разметчика по краю роговицы, дистальная часть инструмента слегка прижимается через конъюнктиву к склере на 2–3 с. На факичном глазу отметка производится в 4 мм от лимба, на артифактном — в 3 мм (рис. 3.1). На поверхности формируется хорошо видимая отметка, которая бесследно исчезает через 20–30 с (рис. 3.2).

Смещение конъюнктивы над местом инъекции. В 3 мм дистальнее отметки места инъекции конъюнктиву смещается в сторону роговицы пинцетом (рис. 3.3).

Формирование туннельного двухходового канала. Под острым углом к поверхности склеры производится вкол стилета до уровня начала порта (рис. 3.3), после чего производится позиционирование порта перпендикулярно склере и установка порта на всю глубину (рис. 3.4). Извлечение стилета производится перпендикулярно склере (рис. 3.5). Наличие силиконового клапана исключает истечение внутриглазной жидкости из порта. Формирование туннельного двухходового канала производится с целью улучшения самогерметизации инъекционного канала после извлечения порта.

Позиционирование канюли в ретролентальном пространстве. Через порт в витреальную полость вводится канюля с силиконовым кончиком, надетая на шприц, содержащий раствор коллагеназы. Канюля позиционируется в ретролентальном пространстве на расстоянии 5–7 мм от задней поверхности хрусталика по центру (рис. 3.6). Позиционирование канюли в ретролентальном пространстве исключает ятрогенное воздействие на интраокулярные структуры глаза.

Позиционирование канюли в витреальной полости. После расположения канюли в ретролентальном пространстве ассистент опускает над роговицей систему визуализации OFFISS. Канюля располагается в 5–7 мм от поверхности макулы (рис. 3.7). Одновременно с помощью педали про-

изводится настройка максимально качественного интраоперационного изображения по резкости, освещению и увеличению.

Позиционирование канюли в фовеолярной области макулы и введение препарата. После настройки максимально комфортного для хирурга изображения канюля медленно подводится непосредственно к фовеа на расстояние 0,5–0,3 мм (масштабным ориентиром служит диаметр канюли). После расположения кончика канюли над фовеа производится медленное введение раствора фермента, обеспечивающее ламинарное истечение раствора препарата и его сосредоточение преимущественно в фовеолярной области (рис. 3.8). Кончик канюли отводится от фовеа на расстояние около 12 мм и располагается в центре витреальной полости.

Извлечение канюли и порта. После позиционирования канюли в центре витреальной полости канюля извлекается из порта перпендикулярно склере. Система визуализации OFFISS поднимается. Производится извлечение порта с одновременным зашпицовыванием склеры в области его вкола браншами конъюнктивального пинцета на 60 с (рис. 3.9). Данный прием позволяет исключить обратный ток жидкости из инъекционного канала во время его адаптации и самогерметизацию под воздействием тканевого тургора склеры.

Эффективность разработанной технологии подтверждена клинической практикой. Лечение ВМТ проведено на 35 глазах. Устранения ВМТ удалось добиться в 26 (74,3%) случаях. Девяти (25,7%) пациентам, у которых эффект не был достигнут, проведено хирургическое лечение с применением традиционной технологии (факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ, субтотальная витрэктомия, тампонада витреальной полости воздухом). Максимальная скорректированная острота зрения (МКОЗ) в группе пациентов с устраненной ВМТ до лечения составляла $0,46 \pm 0,21$, после лечения — $0,66 \pm 0,26$, прибавка составила $0,20 \pm 0,21$.

Предлагаемая технология позволила избежать применения объемного хирургического вмешательства у 74% пациентов с ВМТ. Эффективность применяемой методики иллюстрируется клиническими примерами.

Клинический пример 1. Пациентка Е., 54 года. При обращении предъявляла жалобы на ухудшение зрения. Указанные жалобы отмечала около 2–3 мес. МКОЗ — 0,5. По данным оптической когерентной томографии (ОКТ) выявлена ВМТ протяженностью 318 мкм (рис. 4, А). Пациентке было проведено лечение по разработанной технологии. Через месяц после лечения пациентка отметила улучшение зрения: МКОЗ — 0,7. Глаз спокоен, среды прозрачны, передний отдел глаза, СТ, сетчатка без особенностей. По данным ОКТ выявлено устранение ВМТ с восстановлением макулярного профиля сетчатки, в наружных слоях сетчатки сохранилась небольшая интравитреальная киста (рис. 4, Б).

Клинический пример 2. Пациент К., 61 год. При обращении предъявлял жалобы на ухудшение зрения, появление искажений. Указанные жалобы отмечал около 3 мес. МКОЗ — 0,3. По данным ОКТ выявлена ВМТ протяженностью 155 мкм с угрозой формирования макулярного отверстия (рис. 5, А). Пациенту проведено лечение по разработанной технологии. Через месяц после лечения пациент отметил улучшение зрения: МКОЗ — 0,6. Глаз спокоен, среды прозрачны, передний отдел глаза, СТ, сетчатка — без особенностей. По данным ОКТ выявлено устранение ВМТ с восстановлением макулярного профиля сетчатки, в наружных слоях сетчатки сохранилась небольшая интравитреальная киста (рис. 5, Б).

Клинический пример 3. Пациентка С., 57 лет. При обращении жалобы на ухудшение зрения, появление темно-

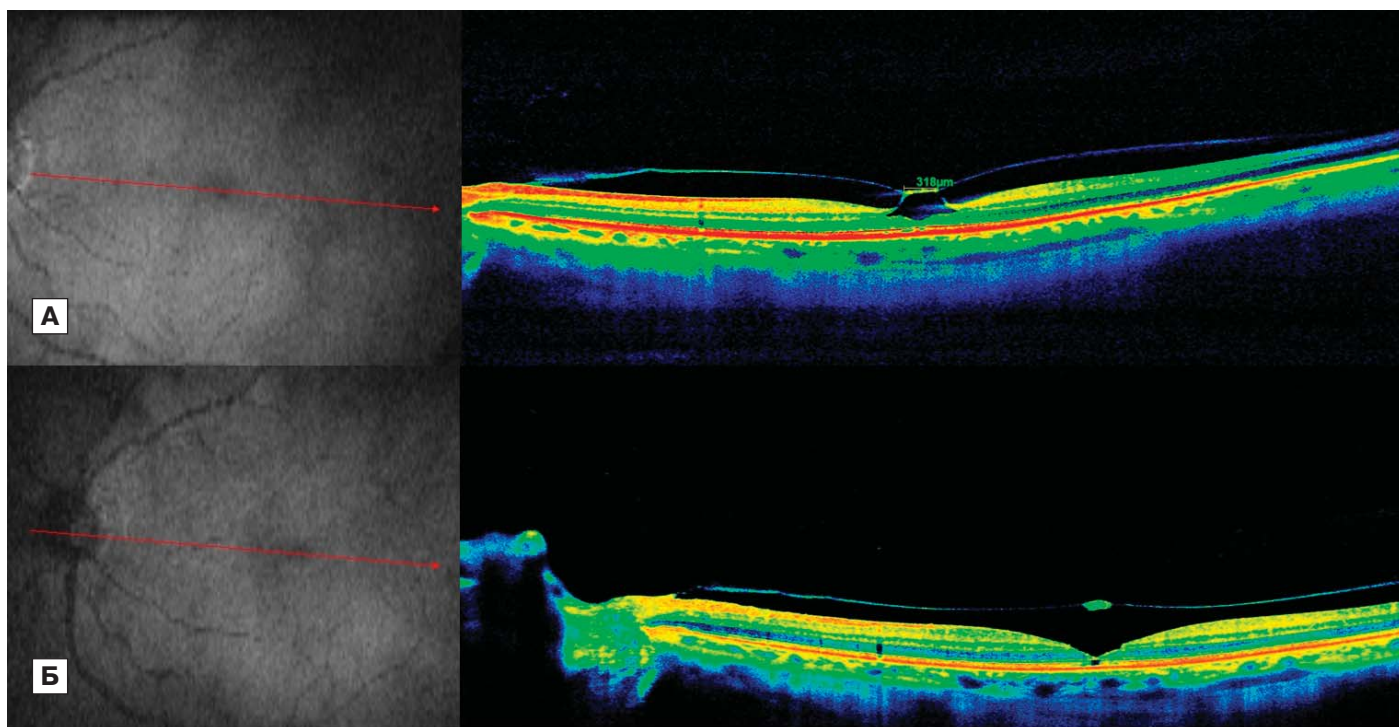


Рис. 4. ОКТ-сканограмма (справа) и фотография (слева) макулярной области сетчатки до (А) и после (Б) лечения (клинический пример 1)
Fig. 4. OCT scan (right) and photo (left) of the macular zone before (A) and after (B) treatment (clinical case 1)

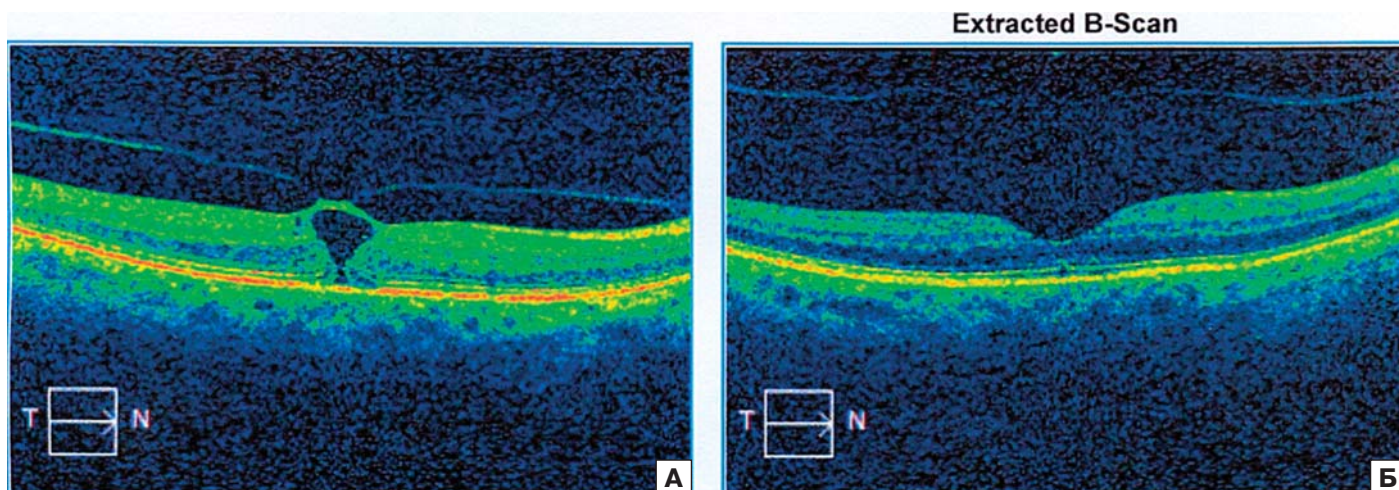


Рис. 5. ОКТ-сканограмма макулярной области сетчатки до (А) и после (Б) лечения (клинический пример 2)
Fig. 5. OCT scan of the macular zone before (A) and after (B) treatment (clinical case 2)

го пятна в центре, МКОЗ — 0,2. По данным периметрии: центральная скотома. По данным ОКТ выявлена ВМТ протяженностью около 270 мкм (рис. 6, А). Пациентке проведено лечение по разработанной технологии. Через месяц после лечения пациентка отметила улучшение зрения: МКОЗ — 0,6. Глаз спокоен, среды прозрачны, передний отдел глаза, СТ, сетчатка — без особенностей. По данным ОКТ выявлено устранение ВМТ с восстановлением макулярного профиля сетчатки, закрытие макулярного отверстия (рис. 6, Б).

ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей разрабатываемой технологии являлось создание условий, при которых дозировка применяемого препарата будет соответствовать инструкции, данной производителем для интравитреального применения, и

обеспечение необходимой эффективности лечения. Необходимость в этом обусловлена тем, что ранее разработанная технология лечения ВМТ методом инъекционного интравитреального введения коллагеназы не могла быть применена в клинической практике, так как в доклиническом исследовании доза вводимого препарата превышала дозу в 1 КЕ, рекомендованную производителем для интравитреального применения, а использование дозировки в 1 КЕ при традиционном способе введения не обеспечивало должной эффективности. При инъекции в центр витреальной полости раствор коллагеназы в дозе 1 КЕ на пути движения к сетчатке смешивался с внутриглазной жидкостью и рассеивался, что приводило к снижению концентрации действующего вещества в зоне воздействия ниже эффективной. Необходимо было создать условия, при которых станет возможным ло-

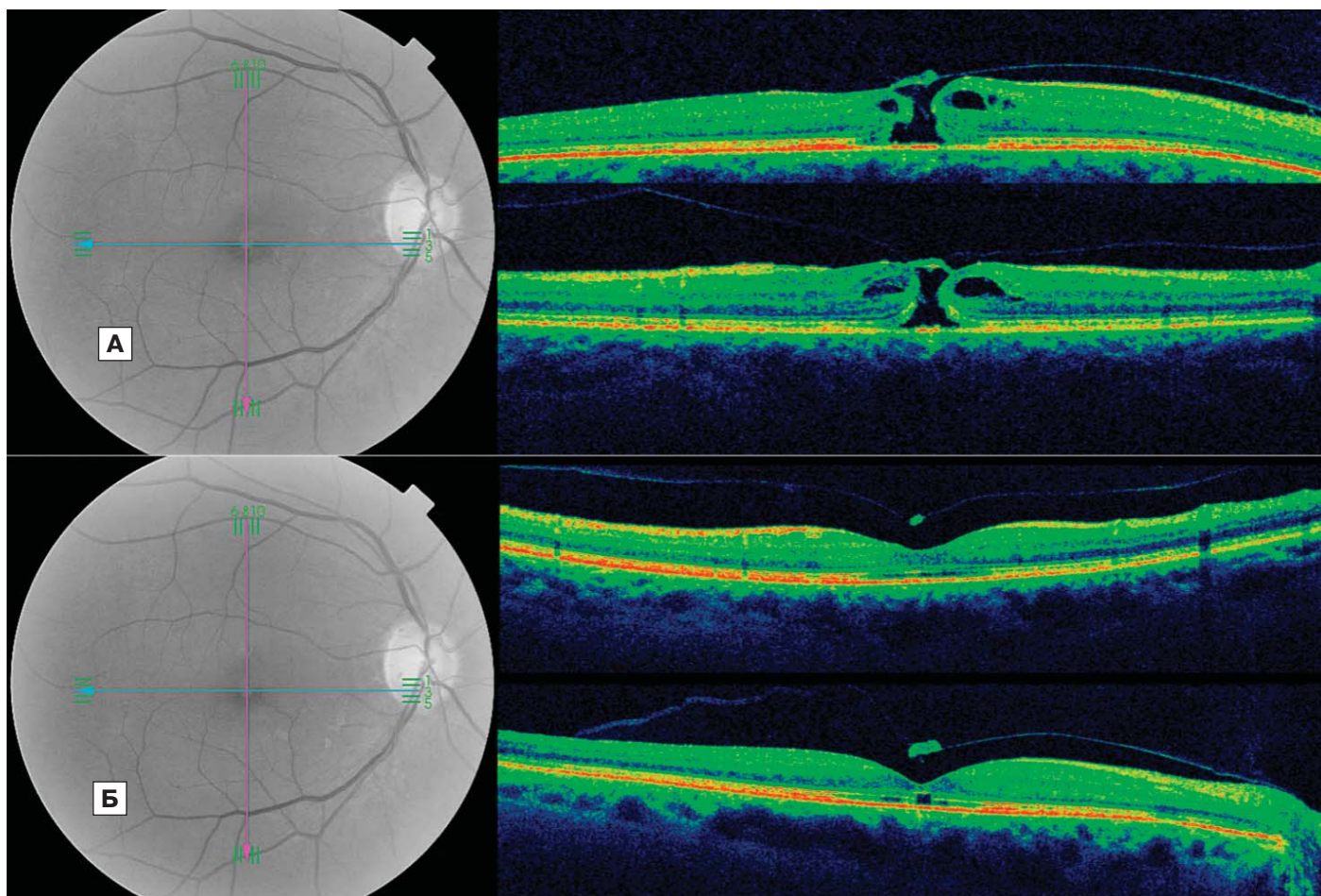


Рис. 6. ОКТ-сканограмма макулярной области сетчатки до (А) и после (Б) лечения (клинический пример 3)
Fig. 6. OCT scan of the macular zone before (A) and after (B) treatment (clinical case 3)

кализация эффективной концентрации препарата в области воздействия при использовании рекомендованной производителем дозировки в 1 КЕ. Теоретически это возможно при уменьшении дистанции от источника введения препарата до зоны воздействия (фовеа) до минимально возможной в 0,3–0,5 мм с одновременным уменьшением объема раствора препарата и, соответственно, дополнительного увеличения его концентрации в зоне воздействия. Применение инъекционных игл не позволяет сократить дистанцию до минимальной из-за наличия диагонального среза иглы. Сокращение дистанции до сетчатки существенно повышает риск ятрогенных повреждений во время манипуляции, что в свою очередь требует учета этого фактора в аспекте минимизации риска повреждения сетчатки. Минимизация риска травмы возможна при условии максимального контроля, невозможного без качественной визуализации процесса введения препарата. Традиционно для интраоперационной визуализации витреоретинальных вмешательств используется эндоосветитель, вводимый через предварительно устанавливаемый порт. Установка дополнительного порта увеличивает травматичность процедуры. Целесообразно обеспечить качественную визуализацию без использования дополнительного эндоосветителя. Технология лечения ВМТ с применением интравитреального введения бактериальной коллагеназы была модифицирована с учетом перечисленных условий. Технология заключается в доставке 0,05 мл физиологического раствора, содержащего 1 КЕ коллагеназы. Раствор вводится непосредственно в фовеолярную область через каню-

лю с силиконовым кончиком диаметром 27G, вводимую в витреальную полость через предварительно установленный порт, имеющий силиконовый клапан. Доставка действующего вещества непосредственно в фовеолярную область позволяет добиться его максимальной концентрации в фовеа и парафовеа. Наличие силиконового кончика снижает риск ятрогенного повреждения сетчатки при случайном касании. Качественная визуализация процесса проведения процедуры введения препарата, включая необходимое увеличение, обеспечивается микроскопом, оснащенным системой визуализации OFFISS, что способствует точной доставке препарата в фовеа и минимизирует риск ятрогенных повреждений. Разработанная технология лечения ВМТ методом однопортового интравитреального введения препарата в фовеолярную область минимально травматична, так как травма, заключающаяся в установке порта калибра 27G сопоставима с аналогичной травмой, вызванной интравитреальной инъекцией с использованием инъекционной иглы калибра 29G. В то же время разработанная технология более сложна в исполнении, требует специализированного оборудования и может быть проведена витреоретинальным хирургом с соответствующей квалификацией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология лечения ВМТ методом однопортового интравитреального введения препарата в фовеолярную область макулы позволяет добиться максимальной концентрации препарата в зоне витреомакулярной тракции с

использованием дозировки, указанной производителем в инструкции по применению, и может быть рекомендована для применения в клинической практике. Внесение производителем препарата изменений в инструкцию по применению, в частности увеличение дозировки препарата для интравитреального применения до 3–5 КЕ, позволит перейти на более простую технологию, не требующую специального оборудования и высокой квалификации хирурга.

Литература/References

1. O'Neill R., Shea M. The effects of bacterial collagenase in rabbit vitreous. *Can. J. Ophthalmol.* 1973; 8: (2): 366–70.
2. Duker J. S., Kaiser P.K., Binder S., et al. The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology.* 2013; 120: (12): 2611–9. doi: 10.1016/j.ophtha.2013.07.042
3. Лыскин П.В. Воздействие клостридиальной коллагеназы на эпиретинальные структуры глаза человека. *Российская детская офтальмология.* 2019; (1): 34–8. [Lyskin P.V. The impact of clostridial collagenase on epiretinal structures of the human retina. *Russian ophthalmology of children.* 2019; (1): 34–8 (in Russian)]. doi:10.25276/2307-6658-2019-1-34-38
4. Лыскин П.В. Микроанатомия витреоретинальных взаимоотношений макулярной и парамаккулярной областей. *Казанский медицинский журнал.* 2019; 100: (4): 595–600 [Lyskin P.V. Microanatomy of vitreoretinal interactions in macular and paramacular areas. *Kazan medical journal.* 2019; 100 (4): 595–600 (in Russian)]. doi:10.17816/KMJ2019-595
5. Лыскин П.В. Новые данные о механизме витреоретинальной адгезии и задней отслойке стекловидного тела человека. *Российская детская*

офтальмологии 2019; (2): 57–62. [Lyskin P.V. New data of mechanism in vitreoretinal adhesion and posterior vitreous detachment in humans. *Russian ophthalmology of children* 2019; (2): 57–62 (in Russian)]. doi:10.25276/2307-6658-2019-2-57-62

6. Тахчиди Х.П., Лыскин П.В., Лозинская О.Л. и др. Ферментная витрэктомия в лечении идиопатических макулярных разрывов. *Офтальмохирургия.* 2010; (1): 19–24. [Takhchidi Kh.P., Lyskin P.V., Lozinskaya O.L., et al. Enzyme- assisted vitrectomy for treatment of idiopathic macular holes. *Ophthalmosurgery.* 2010; (1): 19–24 (in Russian)].
7. Лыскин П.В., Захаров В.Д., Перова Н.В., Лозинская О.Л., Згоба М.И. Моделирование цитотоксического воздействия препарата Коллализин в различных концентрациях на культуре фибробластов мыши линии NIH 3T3 в условиях in vitro. *Российская детская офтальмология.* 2018; (4): 33–7. [Lyskin P.V., Zakharov V.D., Perova N.V., Lozinskaya O.L., Zgoba M.I. Simulation of the cytotoxic effect of the drug Collalizin at various concentrations on the culture of mouse fibroblasts of the NIH 3T3 line in vitro (in Russian)]. doi:10.25276/2307-6658-2018-4-33-37
8. Лыскин П.В., Захаров В.Д., Шпак А.А., Згоба М.И. Микроинвазивное нехирургическое лечение витреомакулярной тракции. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2018; 14 (4): 846–9. [Lyskin P.V., Zakharov V.D., Shpak A.A., Zgoba M.I. Microinvasive non-surgical treatment of vitreomacular traction. *Saratov J. Medical Scientific Research.* 2018; 14 (4): 846–9 (in Russian)].
9. Аветисов Э.С. Близорукость. Москва: Медицина; 1999. [Avetisov E.S. Myopia. Moscow: Medicine; 1999. (in Russian)].
10. Аветисов С.Э., Егоров Е.А., Мошетова Л.К., Нероев В.В., Тахчиди Х.П., ред. Офтальмология. Национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2008. [Avetisov S.E., Egorov E.A., Moshetova L.K., Neroev, V.V., Takhchidi Kh.P., eds. National guidelines on glaucoma for doctors. Moscow: GEOTAR-Media; 2008 (in Russian)].

Вклад авторов в работу: П.В. Лыскин, И.Р. Макаренко — сбор и анализ данных, написание статьи.

Authors' contribution: P.V. Lyskin, I.R. Makarenko — data collection and analysis, writing of the article.

Поступила: 25.11.2021. Переработана: 28.01.2022. Принята к печати: 02.02.2022

Originally received: 25.11.2021. Final revision: 28.01.2022. Accepted: 02.02.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГАУНМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

Павел Владимирович Лыскин — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела витреоретинальной хирургии, ORCID ID 0000-0002-5189-322X

Ирина Романовна Макаренко — аспирант отдела витреоретинальной хирургии, ORCID ID 0000-0001-6719-6878

Для контактов: Ирина Романовна Макаренко, makarenkoirina505@gmail.com

S.N. Fedorov NMRC MNTK "Eye Microsurgery", Beskudnikovskii blvd. 59A, Moscow, 127486, Russia

Pavel V. Lyskin — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist in vitreoretinal surgery department, ORCID ID 0000-0002-5189-322X

Irina R. Makarenko — PhD student, vitreoretinal surgery department, ORCID ID 0000-0001-6719-6878

Contact information: Irina R. Makarenko, makarenkoirina505@gmail.com