

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА В ХИРУРГИИ ОТКРЫТОЙ ТРАВМЫ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА С ВНУТРИГЛАЗНЫМ ИНОРОДНЫМ ТЕЛОМ

Иванов А.М.*¹, Терещенко А.В.^{1,2}, Шилов Н.М.¹, Трифаненкова И.Г.^{1,2},
Юдина Н.Н.¹, Булдыгин А.А.¹, Ерёмин Д.Р.¹

DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_S1_86

¹ Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, Калуга

² Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», Калуга

Резюме. Актуальность: открытая травма глаз (ОТГ) с присутствием внутриглазного инородного тела (ВГИТ) продолжает оставаться среди ведущих причин потери зрения и инвалидизации на глобальном уровне.

Цель — изучить возможность проведения заднего фемтокапсулорексиса у пациентов с открытой травмой глазного яблока и оценить его эффективность в сохранении опорной функции капсульного мешка хрусталика при удалении ВГИТ через переднюю камеру глаза.

Материалы и методы: за 2023–2024 гг. в Калужском филиале «Микрохирургия глаза» на лечении находились 7 пациентов (7 глаз), с диагнозом: открытая травма глазного яблока с внутриглазным инородным телом. Возраст пациентов от 20 до 66 лет. Всем пациентам было проведено диагностическое обследование. Пациентам было рекомендовано хирургическое лечение в следующем объеме: факоаспирация прозрачного хрусталика (или факоэмульсификация травматической катаракты) с фемтолазерным сопровождением на этапе заднего капсулорексиса + витрэктомия + удаление ВГИТ комбинированным способом + имплантация ИОЛ.

Результаты: все хирургические вмешательства были проведены без интраоперационных осложнений. У всех пациентов ВГИТ было удалено комбинированным путём через переднюю камеру и корнеосклеральный тоннельный разрез. Во всех случаях ИОЛ удалось имплантировать в капсульный мешок.

Заключение: разработанная методика выполнения заднего фемтокапсулорексиса при ОТГ с ВГИТ повышает функциональную и анатомическую эффективность хирургического лечения пациентов с травмой глазного яблока при удалении ВГИТ из витреальной полости через переднюю камеру.

Ключевые слова: травма глазного яблока, внутриглазное инородное тело, открытая травма глаз.

Актуальность

Открытая травма глаз (ОТГ) с присутствием внутриглазного инородного тела (ВГИТ) представляет собой одну из актуальных проблем современной офтальмологической практики. Офтальмотравма продолжает оставаться среди ведущих причин потери зрения и инвалидизации на глобальном уровне. Наличие ВГИТ в большинстве случаев сопряжено с серьезными осложнениями, такими как развитие воспалительного процесса, глаукомы, катаракты и других заболеваний, что существенно ухудшает прогноз зрительных функций [1; 2].

Социальная значимость данной проблемы обуславливается тем, что большинство пациентов с ОТГ составляют трудоспособное население. Качественное и своевременное оказание медицинской помощи в таких случаях минимизирует риски инвалидизации и, как

APPLICATION OF FEMTOSECOND LASER IN SURGERY OF OPEN TRAUMA OF THE EYEBALL WITH INTRAOCULAR FOREIGN BODY

Ivanov A.M.*¹, Tereshchenko A.V.^{1,2}, Shilov N.M.¹, Trifanenkova I.G.^{1,2},
Yudina N.N.¹, Buldygin A.A.¹, Eremin D.R.¹

¹ The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga

² Medical Institute of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski», Kaluga

Abstract. Rationale: open eye trauma with the presence of an intraocular foreign body continues to be among the leading causes of vision loss and disability globally.

Objective: — to study the possibility of performing posterior femtocapsulorhexis in patients with open eyeball trauma and to evaluate its effectiveness in preserving the supporting function of the lens capsular bag during removal of an intraocular foreign body through the anterior chamber of the eye.

Methods: in 2023–2024, 7 patients (7 eyes) were treated at the Kaluga branch of “Eye Microsurgery” with a diagnosis of open trauma to the eyeball with an intraocular foreign body. The age of patients ranged from 20 to 66 years. All patients underwent diagnostic examination. The patients were recommended surgical treatment in the following scope: phacoaspiration of the transparent lens (or phacoemulsification of traumatic cataract) with femtosecond laser accompaniment at the stage of posterior capsulorhexis + vitrectomy + removal of intraocular foreign body by a combined method + IOL implantation.

Results: all surgical interventions were performed without intraoperative complications. In all patients, the intraocular foreign body was removed using a combined approach through the anterior chamber and corneoscleral tunnel incision. In all cases, the IOL was successfully implanted into the capsular bag.

Conclusion: the developed technique for performing posterior femtocapsulorhexis in open eye trauma with an intraocular foreign body increases the functional and anatomical effectiveness of surgical treatment of patients with eyeball trauma during removal of an intraocular foreign body from the vitreous cavity through the anterior chamber.

Keywords: eyeball trauma, intraocular foreign body, open eye trauma.

следствие, способствует поддержанию активного образа жизни данной категории пациентов [3; 4].

В практике используют следующие пути удаления ВГИТ: передний, трансквитреальный, диасклеральный, через раневое отверстие и комбинированный путь. Выбор способа удаления ВГИТ из заднего отрезка глазного яблока зависит от следующих факторов: тяжести травмы, расположения инородного тела, его размера и свойств [5; 6]. ВГИТ металлической природы опасны токсическим воздействием продуктом его окисления, развитием металлозов [1]. ВГИТ из химически инертных материалов таких как стекло и камень вызывают слабую воспалительную и могут оставаться в глазу бессимптомно длительное время.

В последнее время применение трёхпортовой 25-G витрэктомия и современной оптики, освещения, маг-

* e-mail: nauka@eye-kaluga.com

нитов и пинцетов является «золотым стандартом» при удалении ВГИТ [7; 8].

Группой исследователей было предложено удалять ВГИТ более чем 4×4×4 мм через корнеосклеральный туннельный разрез после pars-plana лентэктомии, что обеспечивает его хорошую визуализацию в момент удаления [9]. Однако при удалении ВГИТ через переднюю камеру глаза и корнеосклеральный разрез можно повредить как заднюю, так и переднюю капсулы хрусталика, нарушив тем самым опорную функцию капсульного мешка.

Для сохранения опорной функции капсульного мешка в процессе удаления ВГИТ через переднюю камеру [10] и последующей интракапсулярной имплантации интраокулярной линзы (ИОЛ) были предложены методики с выполнением заднего капсулорексиса при помощи пинцета или витреотома (витрэкторексис) [11; 10]. Однако указанные методики не исключали рисков радиализации заднего капсулорексиса, возникновения грыжи стекловидного тела и потери опорной функции капсульного мешка.

Применение технологии фемтолазерной капсулотомии позволяет выполнить непрерывный дозированный как передний, так и задний капсулорексис прогнозируемой локализации [12; 13]. Данные преимущества фемтолазерной технологии помогают минимизировать риск радиализации, «убегания» капсулорексиса, и, как следствие, снижения потери опорной функции капсульного мешка для интракапсулярной фиксации ИОЛ.

Цель – изучить возможность проведения заднего фемтокапсулорексиса у пациентов с открытой травмой глазного яблока и оценить его эффективность в сохранении опорной функции капсульного мешка хрусталика при удалении ВГИТ через переднюю камеру глаза.

Материалы и методы

За 2023–2024 гг. в Калужском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России на лечении находились 7 пациентов

(7 глаз), из них 6 мужчин и одна женщина, с диагнозом: открытая травма глазного яблока с внутриглазным инородным телом. Возраст пациентов варьировал от 20 до 66 лет. В шести случаях травма имела бытовой характер, в одном случае – в результате дорожно-транспортного происшествия. Срок обращения пациентов за медицинской помощью варьировал от 7-ми до 30-ти дней после полученной травмы глазного яблока. В трех случаях ПХО уже было проведено по месту жительства при первичном обращении.

У четырех пациентов была перфорация склеры с ВГИТ (металл), у троих — перфорация роговицы с ВГИТ (металл – 2, стекло – 1). Во всех случаях оптическая зона роговицы была прозрачной, капсульный мешок и связочный аппарат хрусталика – без обширных повреждений, ВГИТ не были вколоченными и свободно локализовались в витреальной полости. Размеры и положение ВГИТ были определены с помощью рентгенографии и компьютерной томографии (Таблица 1).

Всем пациентам было проведено диагностическое обследование, включавшее биомикроскопию, офтальмоскопию, рефрактометрию, визометрию, тонометрию, биометрию, ультразвуковое офтальмосканирование и ультразвуковую биомикроскопию.

По данным офтальмосканирования, в витреальной полости глазного яблока у всех пациентов были обнаружены ВГИТ. Офтальмоскопически ВГИТ визуализировалось в 3-х случаях.

Травматическая катаракта с локальным повреждением капсулы хрусталика обнаружена у 2-х пациентов, частичный гемофтальм – у 3-х, повреждение сетчатки травмирующим агентом – у 4-х.

Предоперационно максимальная коррегированная острота зрения (МКОЗ) варьировала от 0,05 до 0,5 (см. Таблицу 1).

Поскольку во всех случаях предоперационное состояние наружных оболочек глаза и капсульного мешка

Табл. 1. Предоперационная характеристика пациентов

№	Пол	Возраст	МКОЗ	Обстоятельства травмы	Травмирующий агент	Локализация ранения	Размер ВГИТ	Сопутствующие изменения	Срок с момента травмы
1	ж	54	0.3	ДТП	Осколок стекла	Роговичное (после ПХО)	6*3*2	Повреждение связочного аппарата хрусталика	7 дней
2	м	66	0.5	Бытовая	Осколок металла	Роговичное (адаптированное)	2*2	Травматическая катаракта, повреждение передней и задней капсулы хрусталика	3 дня
3	м	20	0.05	Бытовая	Осколок металла	Склеральное (после ПХО)	4*3*2	Гемофтальм, повреждение связочного аппарата хрусталика, локальная отслойка сетчатки	2 дня
4	м	50	0.5	Бытовая	Осколок металла	Склеральное (после ПХО)	4*2	Частичный гемофтальм, повреждение сетчатки	5 дней
5	м	56	0.5	Бытовая	Осколок металла	Склеральное (адаптированное)	2*5	Локальная отслойка сетчатки	30 дней
6	м	54	0.1	Бытовая	Осколок металла	Склеральное (адаптированное)	3*4	Частичный гемофтальм, повреждение сетчатки	2 дня
7	м	49	0.3	Бытовая	Осколок металла	Роговичное (адаптированное)	2*3	Травматическая катаракта, повреждение передней и задней капсулы	1 день

хрусталика позволяло применить фемтосекундное лазерное сопровождение (выполнить докинг и задний капсулорексис), пациентам было рекомендовано хирургическое лечение в следующем объеме: факоаспирация прозрачного хрусталика (или факоэмульсификация травматической катаракты) с фемтолазерным сопровождением на этапе заднего капсулорексиса + витрэктомия + удаление ВГИТ комбинированным способом + имплантация ИОЛ.

Техника операции. Выполняли факоаспирацию прозрачного хрусталика или факоэмульсификацию травматической катаракты (Рис. 1 А) по стандартной технологии, переднюю камеру и капсульный мешок заполняли вискоэластиком. В капсульный мешок имплантировали капсульное кольцо (Рис. 1 Б). Далее на глаз пациента устанавливали штатный пластиковый интерфейс фемтолазера с вакуумным кольцом, которое располагали строго концентрично лимбу. В интерфейс, на поверхность глаза, наливали сбалансированный солевой раствор (BSS). Затем стыковали интерфейс с «рабочим модулем» фемтолазерного лазера, регистрировали положение задней капсулы хрусталика и на экране прибора задавали параметры заднего капсулорексиса: диаметр, локализацию и значение фемтолазерной энергии. Диаметр заднего капсулорексиса определяли в зависимости от размеров ВГИТ. Диапазон энергетических параметров составил 100-140%. Проводили фемтолазерное воздействие на заднюю капсулу хрусталика, формируя в ней непрерывный круговой диск заданного диаметра [14] (Рис. 1 В). Затем выполняли эвакуацию высеченного фрагмента задней капсулы хрусталика при помощи витреотома (Рис. 1 Г), а также субтотальную 25G витрэктомии по стандартной методике (Рис. 1 Д). Применяли комбинированный способ удаления ВГИТ: выделяли ВГИТ при помощи

пинцета или магнита, выводили его через сформированный задний фемтокапсулорексис в переднюю камеру (Рис. 1 Е). Далее ВГИТ удаляли через корнеосклеральный разрез. Имплантировали ИОЛ в капсульный мешок. Выполняли эндолазеркоагуляцию сетчатки при наличии зон её повреждения и тампонаду витреальной полости воздухом или силиконовым маслом с ушиванием или самогерметизацией склеротомий.

Сроки наблюдения составили до 6 месяцев.

Результаты

Все хирургические вмешательства были проведены без интраоперационных осложнений. У всех пациентов ВГИТ было удалено комбинированным путём через переднюю камеру и корнеосклеральный тоннельный разрез. Во всех случаях ИОЛ удалось имплантировать в капсульный мешок. Интраоперационные показатели заднего фемтокапсулорексиса, положения ИОЛ, вида тампонады витреальной полости представлены в таблице 2.

В 2-х случаях потребовалась воздушная тампонада витреальной полости из-за повреждений сетчатки травмирующим агентом и риска развития отслойки сетчатки, в 2-х – силиконовая тампонада витреальной полости из-за локальной отслойки сетчатки с вторичным субретинальным кровоизлиянием в месте повреждающего воздействия ВГИТ. Силиконовое масло было удалено через 2 месяца после первичного хирургического вмешательства.

В отдаленные сроки наблюдения размер заднего капсулорексиса не менялся, ИОЛ занимала центральное положение в капсульном мешке. Следует отметить, что за период наблюдения ни в одном случае не наблюдали развития отслойки сетчатки или её рецидива.

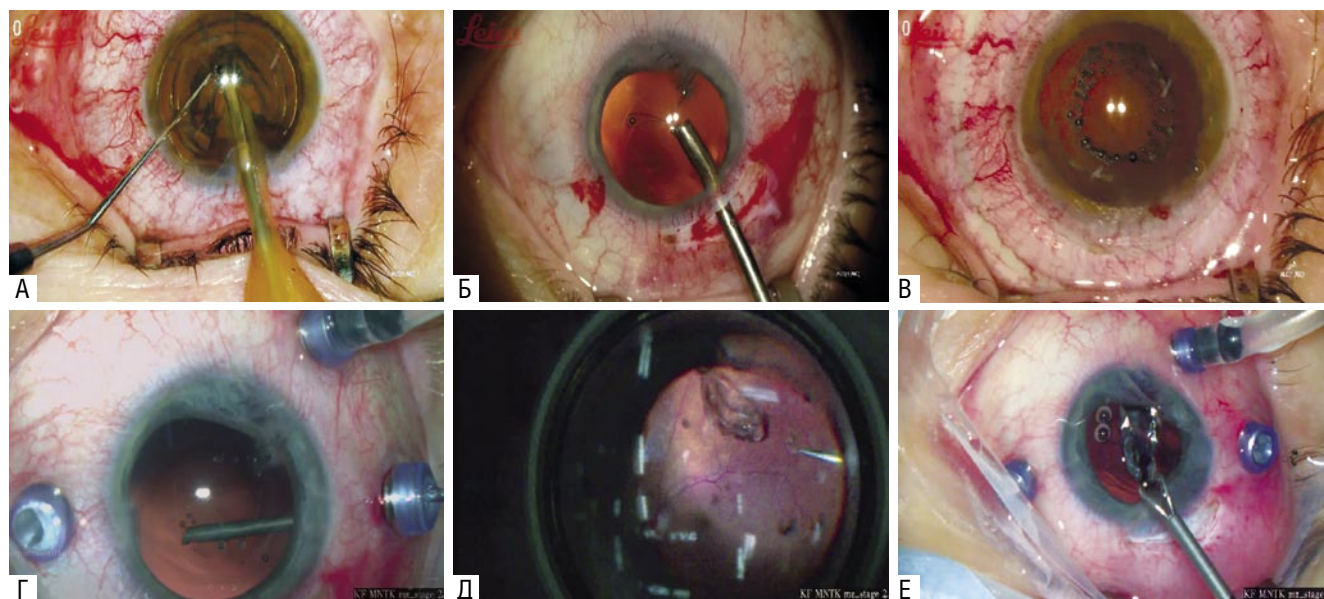


Рис. 1. А – факоэмульсификация катаракты; Б – имплантация капсульного кольца; В – высеченный диск задней капсулы; Г – удаление витреотомом высеченного фемтолазером диска задней капсулы; Д – проведение субтотальной 25G витрэктомии; Е – удаление ВГИТ комбинированным путём через переднюю камеру и корнеосклеральный тоннельный разрез.

Табл. 2. Интраоперационные показатели заднего фемтокапсулорексиса, положения ИОЛ, вида тампонады витреальной полости

№	Пол	Возраст	Диаметр заднего фемтокапсулорексиса, мм	Качество заднего фемтокапсулорексиса			Интракапсулярное центральное положение ИОЛ	Тампонада витреальной полости
				Круглый	Интраоперационная радиализация	Непрорезание		
1	ж	54	5,0	+	-	-	+	Воздух
2	м	66	3,0	+	-	-	+	-
3	м	20	4,5	+	-	+(1,0 мм)	+	СМ
4	м	50	4,0	+	-	-	+	Воздух
5	м	56	4,5	+	-	-	+	-
6	м	54	3,5	+	-	-	+	СМ
7	м	49	3,0	+	-	-	+	-

Табл. 3. Результаты хирургического лечения открытой травмы глазного яблока с внутриглазным инородным телом с применением заднего фемтокапсулорексиса

№	Пол	Возраст	До операции		МКОЗ после операции			Кераторефрактометрия		ВГД, мм рт. ст.		ОКТ
			НКОЗ	МКОЗ	1 мес.	3 мес.	6 мес.	До операции	1 мес.	До	1 мес.	6 мес.
1	ж	54	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	Sph+0.5 Cyl -5.0 ax 177	Sph+1.5 Cyl -4.0 ax 155	13	17	Эпиретинальный фиброз. Диффузный субклинический макулярный отек (без отрицательной динамики)
2	м	66	0,2	0,5	0,6	0,8	0,8	Sph+0.75 Cyl -1.0 ax 172	Sph+0.0 Cyl -0.5 ax 160	15	18	MZ – без патологии
3	м	20	0,05	0,05	0,1	0,4	0,5	Sph-0.25 Cyl -1.5 ax 100	Sph+0.5 Cyl -1.0 ax 80	16	20	MZ – без патологии
4	м	50	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	Sph-0.5 Cyl -0.5 ax 80	Sph+0.5 Cyl -0.75 ax 90	16	16	MZ – без патологии
5	м	56	0,2	0,5	1,0	-	-	Sph-1.25 Cyl -1.0 ax 165	Sph+0.75 Cyl -1.25 ax 151	16	17	MZ – без патологии
6	м	54	0,1	0,1	0,4	0,5	0,5	Sph+1.25 Cyl -0.75 ax 177	Sph+0.75 Cyl -1.0 ax 160	15	21	MZ – без патологии
7	м	49	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	Sph-0.5 Cyl -1.0 ax 163	Sph+0.5 Cyl -1.25 ax 150	14	17	MZ – без патологии

Результаты хирургического лечения открытой травмы глазного яблока с внутриглазным инородным телом по предложенной технологии представлены в таблице 3.

Улучшение МКОЗ достигнуто во всех случаях. Через 3 месяца МКОЗ у 3-х пациентов составила 0,8. Достигнутая в раннем послеоперационном периоде высокая острота зрения сохранялась и в отдаленные сроки наблюдения.

У одного пациента с травматическим повреждением роговицы в результате возникновения рубца роговицы и развития астигматизма МКОЗ составила 0,4 через 1 месяц после операции и 0,5 в отдаленные сроки. У одного пациента после удаления силиконового масла МКОЗ повысилась до 0,5 и в дальнейшем оставалась стабильной.

В конце периода наблюдения, по данным СОКТ, у прооперированных пациентов структурных изменений центральной сетчатки выявлено не было, за исключением одного случая, в котором до хирургического лечения был выявлен эпиретинальный фиброз, без прогрессирования за период наблюдения.

Обсуждение

Осколки стекла и камня являются химически инертными материалами и, находясь в заднем отрезке глаза, могут длительное время оставаться инертными [15] или

вызывать незначительную воспалительную реакцию, но в редких случаях возможен эндофтальмит. Вместе с тем, инородное тело металлической природы, проникая через оболочку глазного яблока, помимо механического повреждения вызывает осложнения – эндофтальмит в раннем периоде и металлоинтоксикацию в позднем. Поэтому для снижения риска возникновения эндофтальмита рекомендуется удалять любые ВГИТ в течение 24 часов после получения травмы [16; 17].

Проведение стандартной pars-plana витрэктомии связано с удалением ВГИТ через склеротомический разрез и рисками осложнений, а удаление ВГИТ через переднюю камеру глаза и корнеосклеральный туннель может нарушить опорную функцию капсульного мешка в результате повреждения передней и/или задней капсулы хрусталика [18; 19].

В 2010 году Торопыгин С.Г. с соавторами предложили способ, согласно которому проводят факоэмульсификацию и факоаспирацию вещества хрусталика по стандартной методике через тоннельный корнеосклеральный разрез [10]. Перфорируют иглой заднюю капсулу хрусталика, после чего отделяют ее от передней гиалоидной мембраны. Пинцетом выполняют задний непрерывный круговой капсулорексис (диаметр 4,0–5,0 мм). Далее, после стандартной трехпортовой субтотальной витрэктомии, ВГИТ канговым пинцетом выводят в переднюю камеру через

задний и передний капсулорексис. Из передней камеры ВГИТ удаляют через выполненный корнеосклеральный разрез, и имплантируют ИОЛ в капсульный мешок. Но при использовании указанной техники сохраняются риски выхода СТ в переднюю камеру и неконтролируемого расширения и радиализации заднего капсулорексиса, которые ставят под угрозу дальнейшую фиксацию ИОЛ в правильном интракапсулярном положении.

Ранее, в 2004 г., Vatauvuk Z. с соавторами описали технику заднего капсулорексиса с применением ретроиллюминации эндоосветителем и витреотома (задний витректорексис), которая позволяет эффективно сохранять опорную функцию капсулярного мешка, даже при удалении ВГИТ среднего размера [11]. При этом первичный задний капсулорексис выполняется сразу после удаления хрусталиковых масс. Витректорексис проводится после передней витректомии, снижая риск формирования грыжи СТ и радиализации заднего капсулорексиса с потерей опорной функции капсульного мешка для ИОЛ. Однако при использовании витреотома образуются неровные (фестончатые) края заднего капсулорексиса, которые являются слабыми местами с повышенным риском разрыва при натяжении капсулы и радиализации заднего капсулорексиса.

С целью минимизации операционной травмы цилиарного тела и снижения пролиферативного ответа Михин А. А. с соавторами в 2022 году предложили использовать «комбинированный путь» удаления ВГИТ с различными вариантами реализации (магнит-магнит, магнит-пинцет, пинцет-пинцет), при которых осколок выводится из заднего отрезка глазного яблока в передний при помощи трансквитреального доступа, а из передней камеры удаляется через стандартный корнеосклеральный разрез («передним» путем) [20]. Авторы заострили внимание на формировании заднего капсулорексиса с ровным краем для безопасного выведения ВГИТ в переднюю камеру при помощи пинцета, а не витреотома, указывая на риск образования фестончатого края капсулорексиса в таком случае. Кроме того, отметили необходимость тщательного иссечения передней гиалоидной мембраны, грыж стекловидного тела в ПК и имплантации кольца в капсульный мешок для снижения риска радиализации и «убегания» заднего капсулорексиса с потерей опорной функции капсульного мешка. Однако указанный способ полностью не исключает рисков радиализации заднего капсулорексиса при его мануальном выполнении, особенно при наличии травматического повреждения задней капсулы хрусталика, кроме того, следует отметить техническую сложность выполнения заднего капсулорексиса пинцетом на авитреальном глазу при отсутствии опоры со стороны стекловидного тела.

В настоящей работе задний капсулорексис выполняли при помощи фемтосекундного лазера, что обеспечило его идеально округлую форму, точную локализацию и размеры. Только в одном случае было зарегистрировано локальное непрорезание заднего фемторексиса, которое не повлияло на итоговый результат лечения.

Диаметр заднего фемтокапсулорексиса до 5,0-ти мм во всех случаях позволил беспрепятственно вывести ВГИТ в переднюю камеру глаза, не нарушив опорную функцию капсулы хрусталика, и имплантировать ИОЛ в капсульный мешок с её центральным расположением. При этом были сведены к минимуму риски повреждения внутриглазных структур (цилиарное тело, сетчатка, сосудистая оболочка), поскольку ВГИТ находилось в поле зрения хирурга, как при его выведении в ПК, так и при удалении из глаза через корнеосклеральный разрез.

В группе наблюдения у всех пациентов были получены высокие зрительные функции. Только у трех пациентов МКОЗ составила 0.5 (пять десятых), что связано с исходной тяжестью травмы.

Заключение

Разработанная методика выполнения заднего фемтокапсулорексиса при ОТГ с ВГИТ обеспечивает получение задней капсулотомии округлой формы и необходимого размера, снижает риск повреждения капсульного мешка хрусталика и сохраняет его опорную функцию для последующей интракапсулярной имплантации ИОЛ, повышает функциональную и анатомическую эффективность хирургического лечения пациентов с травмой глазного яблока при удалении ВГИТ из витреальной полости через переднюю камеру.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Красновид Т.А., Сидак-Петрецкая О.С., Бондарь Н.И. Осложнения длительно пребывающего в глазу металлического внутриглазного инородного тела // Офтальмологический журнал. — 2021. — Т.2. — №499. — С. 61-63. [Krasnovid TA, Sidak-Petretskaya OS, Bondar NI. Complications of a long-term metallic intraocular foreign body in the eye // Ophthalmological journal. 2021; 2(499): 61-63. (In Russ)].
2. Сидорович А.Р., Имшенецкая Т.А., Рубис В.В., и др. Анализ факторов, ассоциированных с неблагоприятным функциональным результатом восстановления остроты зрения, у пациентов с проникающим ранением глазного яблока с наличием внутриглазного инородного тела // Медицинский журнал. — 2023. — Т.2. — №84. — С. 93-97. [Sidorovich AR, Imshenetskaya TA, Rubis VV, et al. Analysis of factors associated with an unfavorable functional outcome of visual acuity restoration in patients with penetrating eyeball injury containing an intraocular foreign body. Medical journal. 2023; 2(84): 93-97. (In Russ)].
3. Машченко Н.В., Худяков А.Ю. Результаты хирургического лечения открытой травмы глаза с внутриглазным инородным телом // Современные технологии в офтальмологии. — 2018. — Т.1. — №21. — С. 258-260. [Mashchenko NV, Khudyakov AY. Results of surgical treatment of open eye injury with an intraocular foreign body. Modern technologies in ophthalmology. 2018; 1(21): 258-260. (In Russ)].
4. Куликов А.Н., Чурашов С.В., Михин А.А. и др. Удаление стеклянного внутриглазного инородного тела (анализ исходов и способов хирургического лечения) // Современные технологии в офтальмологии. — 2019. — Т.1. — С.109-111. [Kulikov AN, Churashov SV, Mikhin AA, et al. Removal of glass intraocular foreign body (analysis of outcomes and methods of surgical treatment). Modern technologies in ophthalmology. 2019; 1: 109-111. (In Russ)].
5. Попова А.А., Гусев А.А., Вашкулатова Э.А. Удаление внутриглазного инородного тела при проникающем ранении с применением высоких технологий // Научный медицинский вестник Югры. — 2017. — Т.1. — №11. — С. 88-89. [Popova AA, Gusev AA, Vashkulatova EA.

- Removal of intraocular foreign body in penetrating wound using high technologies. *Scientific Medical Bulletin of Yugra*. 2017; 1(11): 88-89. (In Russ)].
6. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Устинов А.В. Исследование свойств внутриглазного инородного тела на основе анализа рентгенографических изображений черепа // Компьютерная оптика. – 2011. – Т.35. – № 2. – С.265-274. [Ilyasova NY, Kupriyanov AV, Ustinov AV. Study of the properties of an intraocular foreign body based on the analysis of radiographic images of the skull. *Computer Optics*. 2011; 35(2): 265-274. (In Russ)].
 7. Wickham L, Xing W, Bunce C. et al. Outcomes of surgery for posterior segment intraocular foreign bodies: a retrospective review of 17 years of clinical experience. *Graefes Arch Clin. Exp. Ophthalmol*. 2006; 244: 1620-1626.
 8. Weichel ED, Colyer MH. Combat ocular trauma and systemic injury. *Curr. Opin. Ophthalmol*. 2008; 19: 519-525.
 9. Куликов А.Н., Чурашов С.В., Михин А.А. Комбинированный путь удаления внутриглазных инородных тел (способы и результаты) // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – Т.3. – С.104-107. [Kulikov AN, Churashov SV, Mikhin AA. Combined method of removing intraocular foreign bodies (methods and results). *Modern technologies in ophthalmology*. 2019; 3: 104-107. (In Russ)].
 10. Торопыгин С.Г., Мошетьева Л.К., Гундорова Р.А. Способ удаления внутриглазных инородных тел из заднего отдела глаза передним путем // Новое в офтальмологии. – 2010. – Т.1. – С.58. [Toropygin SG, Moshetova LK, Gundorova RA. Method of removing intraocular foreign bodies from the posterior segment of the eye by the anterior route. *New in ophthalmology*. 2010; 1: 58. (In Russ)].
 11. Vataavuk Z, Pentz A. Combined clear cornea phacoemulsification, vitrectomy, foreign body extraction and intraocular lens implantation. *Croat Med J*. 2004; 45: 295-298.
 12. Аветисов К.С., Иванов М.Н., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Асламашова А.Э., Фокина Н.Д. Морфологические и клинические аспекты передней капсулотомии в факохирургии с применением фемтосекундного лазера // Вестник офтальмологии. – 2017. – Т. 133. – № 4. – С. 83-88. [Avetisov KS, Ivanov MN, Yusef YN., Yusef SN, Aslamazova AE, Fokina ND. Morphological and clinical aspects of anterior capsulotomy in phacosurgery using a femtosecond laser. *Bulletin of ophthalmology*. 2017; 133(4): 83-88. (In Russ)].
 13. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Иванов А.М., и др. Задний фемтолазерный капсулорексис в хирургии катаракты в сочетании с силиконовой тампонадой. Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – Т.3. – С.175-179. [Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, Ivanov AM, et al. Posterior femtosecond laser capsulorhexis in cataract surgery in combination with silicone tamponade. *Modern technologies in ophthalmology*. 2019; 3: 175-179. (In Russ)].
 14. Патент РФ на изобретение № 2827577. Бюл. № 28. Терещенко А.В., Шилов Н.М., Трифаненкова И.Г., Юдина Н.Н., Иванов А.М., Булдыгин А.А. Способ снижения риска потери опорной функции капсульного мешка хрусталика с применением фемтосекундного сопровождения в ходе удаления внутриглазного инородного тела через переднюю камеру глаза. [Patent RUS № 2827577. Byul. №28. Tereshchenko AV, Shilov NM, Trifanenkova IG, Yudina NN, Ivanov AM, Buldygin AA. Method for Reducing the Risk of Loss of the Support Function of the Lens Capsular Bag Using Femtosecond Guidance During Removal of an Intraocular Foreign Body Through the Anterior Chamber of the Eye. (In Russ)] Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/57/e4/d8/f6b22bde0bca28/RU2827577C1.pdf> Ссылка активна на 10.10.2025.
 15. Чутко М. Осколки стекла и камня в глазу. – Изд. 2-е, доп. – Л.: Медгиз, 1961. – 152 с. [Chutko M. Fragments of glass and stone in the eye. – 2nd ed., suppl. – Leningrad: Medgiz; 1961. – 152 p. (In Russ)].
 16. Recchia FM, Stemberg PJ. Surgery for Ocular Trauma: Principles and Techniques of Treatment. *Retina*. 2013; 3(110): 1852-1875.
 17. Wirotko WJ, Bhatia S, Mieler WF. Removal of intraocular foreign bodies. *Vitreoretinal surgical techniques*. 2008; 49: 492-504.
 18. Weichel ED, Colyer MH. Treating Soldiers' IOFB Injuries at Walter Reed Combat related ocular trauma requires an array of ophthalmology subspecialists. *Review of Ophthalmology*. 2007; 14: 8.
 19. Yeh S, Colyer MH, Weichel ED. Current trends in the management of intraocular foreign bodies. *Curr Opin Ophthalmol*. 2008; 19: 225-233.
 20. Михин А.А., Чурашов С.В., Куликов А.Н., и др. Клинико-экспериментальное обоснование применения наконечника калибра 25G к постоянному магниту для удаления внутриглазных инородных тел // Офтальмология. – 2022. – Т.19. – № 1. – С.83-90. [Mikhin AA, Churashov SV, Kulikov AN, et al. Clinical and experimental justification for the use of a 25G caliber tip to a permanent magnet for removing intraocular foreign bodies. *Ophthalmology*. 2022; 19(1): 83-90. (In Russ)].