

Оптимизированная технология YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела

Ю.Ю. Хзарджан¹, В.П. Фокин¹, А.С. Балалин¹, С.В. Балалин^{1, 2}

¹ ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Волгоградский филиал;

² ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра офтальмологии Института НМФО

РЕФЕРАТ

Актуальность. Помутнения стекловидного тела встречаются достаточно часто – в 76% случаев, а в 33% из них значительно снижают качество жизни. Nd:YAG-лазерный витреолизис рассматривается как альтернативный метод лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела. **Цель.** Разработать оптимизированную технологию YAG-лазерного витреолизиса, основанную на оценке акустической плотности помутнений стекловидного тела. **Материал и методы.** Проанализированы результаты YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у 318 пациентов (318 глаз). Разработан фотооптический метод визуализации помутнений стекловидного тела, регистрирующий площадь помутнений и индекс интенсив-

ности затемнения сетчатки. Разработан способ персонализированного подбора лазерной энергии с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела. **Результаты.** После выполнения многоэтапного лазерного лечения отмечены достоверное уменьшение по данным фотооптического метода площади помутнений и индекса интенсивности затемнения сетчатки, повышение порога светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии, снижение акустической плотности помутнений. **Заключение.** Применение оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела позволяет достигнуть наилучших значений клинико-функциональных показателей ($p < 0.05$).

Ключевые слова: помутнения стекловидного тела, фотооптический метод, эффективность YAG-лазерного витреолизиса ■

Для цитирования: Хзарджан Ю.Ю., Фокин В.П., Балалин А.С., Балалин С.В. Оптимизированная технология YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Офтальмохирургия. 2021;3: 55–64. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2021-3-55-64>.

ABSTRACT

Optimized technology of YAG-laser vitreolysis of occurrence of the vitreous body

Yu.Yu. Khzardzhan¹, V.P. Fokin¹, A.S. Balalin¹, S.V. Balalin^{1,2}

¹ Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Volgograd Branch, Russian Federation;

² Volgograd State Medical University, Russian Federation

Introduction. Vitreous opacities are quite common, occurring in 76% of cases and significantly reducing quality of life in 33% of them. YAG-laser vitreolysis is considered as an alternative treatment option for patients with floating vitreous opacities. **Purpose.** To develop an optimized YAG-laser vitreolysis technology based on the assessment of the acoustic density of the vitreous opacities. **Material and methods.** The results of YAG-laser vitreolysis of vitreous opacities in 318 patients (318 eyes) were analyzed. A photo-optical method has been developed for visualizing opacities of the vitreous body, registering the area of opacities and the dimming intensity index. A method has been developed

for the personalized selection of laser energy taking into account the acoustic density of the vitreous opacities. **Results.** After performing multi-stage laser treatment, a significant decrease in the area of opacities and the dimming intensity index, an increase in the threshold of retinal photosensitivity according to microperimetry data and a decrease in the acoustic density of opacities were noted. **Conclusions.** Application of optimized YAG-laser vitreolysis technology for vitreous opacities allows to achieve the best values of clinical and functional parameters ($p < 0.05$).

Key words: vitreous body opacities, photo-optical method, efficiency of YAG-laser vitreolysis ■

For quoting: Khzardzhan Yu.Yu., Fokin V.P., Balalin A.S., Balalin S.V. Optimized technology of YAG-laser vitreolysis of occurrence of the vitreous body. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2021;3: 55–64. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2021-3-55-64>.

ВВЕДЕНИЕ

Помутнения стекловидного тела, которые возникают с возрастом вследствие его деструкции, разжижения и сморщивания (синерезиса), встречаются достаточно часто – в 76% случаев, а в 33% из них значительно снижают качество жизни [1]. Сморщивание стекловидного тела приводит также к смещению задних его слоев кпереди, вызывая отрыв задней гиаловидной мембраны с формированием задней отслойки стекловидного тела [2].

Для разработки оптимальных методов диагностики и лечения помутнений стекловидного тела необходим современный подход, прежде всего к визуализации данной патологии на основе углубленного знания анатомии и физиологии глаза, а также совершенствования представлений об этиологии и патогенезе витреодеструкции [3–10].

Одним из эффективных методов диагностики структурных нарушений стекловидного тела является ультразвуковое исследование, так как оно позволяет с высокой точностью определить расположение, объем и плотность помутнений, оценить расстояние от помутнения до сетчатки и хрусталика [11–14].

В связи с тем, что операция витрэктомия зачастую сопровождается большим количеством послеоперационных осложнений, Nd:YAG-лазерный витреолизис рассматривается как альтернативный метод лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела [15]. Основными преимуществами данного метода являются неинвазивный характер процедуры, невысокий процент осложнений, отсутствие ограничений в послеоперационном периоде, а также экономическая целесообразность [13, 15, 16]. По мнению многих авторов, Nd:YAG-лазерный витреолизис является наиболее эффективной методикой лечения деструкций стекловидного тела [12, 16–18].

Большинство авторов отмечают высокую эффективность и безопасность данного метода [19, 20]. Однако, по данным литературы, встречаются осложнения: травматическая катаракта – в 0,05–8,5% случаев [21, 22]; ретинальный разрыв с отслойкой сетчатки – в 0–1,7% [21, 23]; незначительное кровоизлияние в сетчатку – в 6,8% [23]. Кроме того, при лечении плавающих помутнений стекловидного тела методом витреолизиса у некоторых пациентов возникала глазная гипертензия, в том числе открытоугольная глаукома [24, 25].

Однако в настоящее время недостаточно изучена возможность персонализированного лечения пациентов,

основанного на индивидуальном подборе энергии лазерного импульса с учетом акустической плотности помутнений, с целью повышения эффективности и безопасности выполнения YAG-лазерного витреолизиса.

Все вышеизложенное позволило сформулировать цель настоящего исследования.

ЦЕЛЬ

Разработать оптимизированную технологию YAG-лазерного витреолизиса, основанную на оценке акустической плотности и площади помутнений стекловидного тела.

Основной задачей данной работы стали разработка алгоритма подбора энергии и оценка эффективности лечения при проведении YAG-лазерного витреолизиса у пациентов с помутнениями стекловидного тела на основе определения акустической плотности помутнений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОД

Исследование проведено в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Были обследованы 318 пациентов (318 глаз) с помутнениями стекловидного тела, которые были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли 158 пациентов (158 глаз) с помутнениями стекловидного тела – контрольная группа. В контрольной группе проводилась комплексная диагностика и выполнялась стандартная технология YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

Во 2-ю группу вошли 160 пациентов (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела, которые составили основную группу. В основной группе у пациентов для регистрации помутнений стекловидного тела применяли разработанный фотооптический метод в комплексной диагностике до и после применения оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса, а также при проведении последующего мониторинга и оценки эффективности лечения.

Возраст пациентов варьировал от 20 до 88 лет. Средний возраст составлял $57,9 \pm 11,8$ года ($M \pm s$).

Критерии включения пациентов в группу исследования: жалобы пациента на длительно существующие (более 3 месяцев) плавающие помутнения, влияющие на качество зрения.

Критериями исключения пациентов из исследования были: воспалительные заболевания переднего и заднего отрезка глаза, отслойка сетчатки, сосудистые заболевания сетчатки, наличие помутнений роговицы и хрусталика, наличие помутнений стекловидного тела на расстоянии менее 3 мм от сетчатки и задней капсулы хрусталика, наличие периферической витреохориоретинальной дистрофии с факторами риска развития отслойки сетчатки.

Для корреспонденции:

Балалин Сергей Викторович, д.м.н., профессор
ORCID ID: 0000-0002-5250-3692. E-mail: s.v.balalin@gmail.com

For correspondence:

Sergey Balalin, MD, Professor
ORCID ID: 0000-0002-5250-3692. E-mail: s.v.balalin@gmail.com

У всех обследуемых проводилось комплексное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, офтальмобиомикроскопия, сканирующая офтальмоскопия, пахиметрия, ультразвуковая биометрия, тонометрия, тонография, денситометрия, ультразвуковая биомикроскопия глазного яблока.

Определение акустической плотности помутнений стекловидного тела выполнялось на приборе UD-8000 Tomey (Германия–Япония). Исследование проводилось при мощности ультразвука 101 дБ, что позволяло визуализировать не только склеру и сетчатку, но также структуру стекловидного тела.

Для определения акустической плотности помутнений стекловидного тела уменьшали величину мощности ультразвука до исчезновения визуализации помутнений. Акустическую плотность помутнений стекловидного тела определяли как разницу между мощностью ультразвука при исследовании (101 дБ) и величиной мощности ультразвука при исчезновении визуализации помутнений. Расстояние от помутнения до сетчатки и задней капсулы хрусталика определяли также на приборе UD-8000 Tomey (Германия–Япония).

Для разработки способа визуализации и измерения площади помутнений стекловидного тела был применен сканирующий лазерный офтальмоскоп и лазерный ангиограф NIDEK F-10 (Япония). Способ визуализации помутнений стекловидного тела основан на фоторегистрации помутнений стекловидного тела в инфракрасном режиме на фоне глазного дна. Фоторегистрация проводилась при помощи лазерной сканирующей офтальмоскопии в инфракрасном режиме с длиной волны 790 нм с оценкой расположения и площади помутнений. По результатам фоторегистрации определялась площадь помутнения и оценивалась степень затемнения сетчатки. Для оценки степени затемнения сетчатки проводился фотокolorиметрический анализ по шкале яркости фона глазного дна и среднего цвета выбранных зон площади помутнения в графическом редакторе. Показатель затемнения (dimming factor – DF) определялся как разность между яркостью цвета фона глазного дна (Lфона) в диапазоне от белого до черного и яркостью среднего цвета выбранных зон площади помутнения (Lпомутнения):

$$DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}}. (1)$$

Далее осуществлялся расчет индекса интенсивности затемнения (IndexDF) как произведение полученного показателя затемнения (DF) на площадь помутнений стекловидного тела (S):

$$\text{IndexDF} = DF \times S (2).$$

Данный фотооптический метод оценки помутнений стекловидного тела применялся у пациентов до и после проведения YAG-лазерного витреолизиса (патент РФ на изобретение № 2674926 «Способ оценки эффективности витреолизиса помутнений стекловидного тела» от 01.02.2018). После выполнения YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела повторное применение фотооптического метода использовали для

оценки эффективности процедуры и необходимости проведения повторного этапа лечения.

Полученные в результате проведенных исследований цифровые значения рефракции, тонометрии, тонографии, микропериметрии, площади и акустической плотности плавающих помутнений стекловидного тела, индекса интенсивности затемнения обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). Для оценки достоверности различия между средними значениями ($M \pm s$) рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента (t), и при его величине от 2,0 и выше и показателю достоверности различия (p) менее 0,05 ($p < 0,05$) различие расценивалось как статистически значимое. Для изучения взаимосвязи между исследуемыми показателями проводили корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходные клиничко-функциональные результаты обследования 160 пациентов (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до проведения YAG-лазерного витреолизиса представлены в *таблице 1*.

У пациентов основной группы с помутнениями стекловидного тела преобладала миопическая рефракция, которая составила в среднем $-3,8 \pm 4,25$ дптр, а передне-задний размер глазного яблока был равен $25,1 \pm 1,9$ мм ($M \pm s$). Среднее значение светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии составило $25,5 \pm 2,6$ дБ, а ее диапазон был от 19,2 до 30,8 дБ.

Все пациенты основной группы с помутнениями стекловидного тела (160 глаз) были разделены в зависимости от форм помутнений: точки (36 глаз; 22,5%), пятна (48 глаз; 30%), кольца, полукольца (39 глаз; 24,4%) и тяжи (37 глаз; 23,1%). Для выделения форм учитывали площадь помутнений: при точечном помутнении его площадь не превышала $0,5 \text{ мм}^2$, при помутнении в виде пятна – свыше $0,5 \text{ мм}^2$.

Клинический пример по применению фотооптического метода в визуализации помутнений стекловидного тела

На *рисунке 1* представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле, выполненная на фундус-камере (*рис. 1 а*) и с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) (*рис. 1 б*). Помутнение стекловидного тела обозначено стрелками. Если на цветной фотографии (*рис. 1 а*) плавающее помутнение визуализируется в виде светло-серого полупрозрачного тяжа, то на фотографии в инфракрасном режиме (*рис. 1 б*) определяется плавающее помутнение черного цвета с более четкими границами и лучшей детализацией. Возможности сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) позволяют опреде-

Таблица 1

Значения клинико-функциональных показателей у 160 пациентов основной группы, 160 глаз

Table 1

Values of clinical and functional parameters in 160 patients of the main group, 160 eyes

Показатель Parameter	M±s	Min	Max
Максимальная скорректированная острота зрения Best-corrected visual acuity	0,69±0,24	0,1	1
Рефракция на фоне медикаментозной циклоплегии, дптр Refraction against the background of drug cycloplegia, diopters	-3,8±4,25	-18,0	1,25
Передне-задний размер глазного яблока, мм Anterior-posterior size of the eyeball, mm	25,1±1,9	21,8	30,5
Светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии, дБ Retinal photosensitivity according to microperimetry data, dB	25,5±2,6	19,2	30,8
Фиксация взгляда по данным микропериметрии, % Fixation of gaze according to microperimetry data, %	96,7±3,4	84,5	100
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ Acoustic density of vitreous opacities, dB	24,7±7,6	11	36

лить площадь помутнения, а колориметрический анализ – оценить степень затемнения сетчатки, вызванного помутнением стекловидного тела, относительно окружающего фона. Так, площадь помутнения составила 9,04 мм². По данным колориметрического анализа, при яркости фона 57 и яркости объекта 4, показатель затемнения (DF) составил:

$$DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}} = 57 - 4 = 53.$$

Далее был определен индекс интенсивности затемнения:

$$\text{IndexDF} = DF \times S = 9,04 \times 53 = 479,23.$$

На рисунке 2 (а, б) представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, выполненная на фундус-камере (рис. 2 а) после выполнения второго этапа YAG-лазерного витреолизиса плавающего помутнения стекловидного тела, а также с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) (рис. 2 б). Помутнение стекловидного тела обозначено стрелками. Применение сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) после второ-

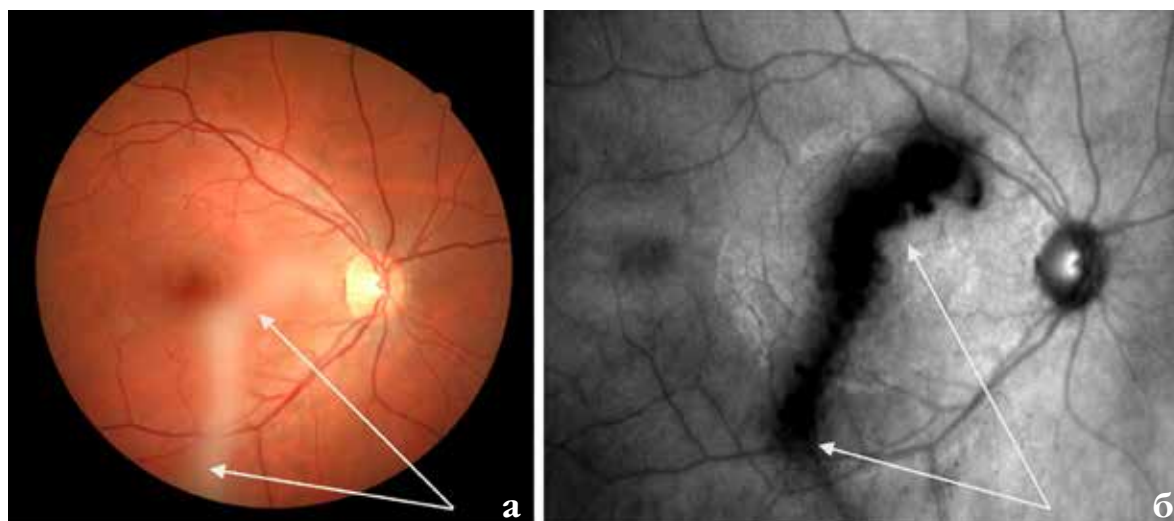


Рис. 1. Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле: а) цветная фотография; б) фотография глазного дна в инфракрасном режиме

Fig. 1. Photo of the fundus of the right eye of patient D., 28 years old, with floating opacity in the vitreous body: а) color picture; б) picture of the fundus in infrared mode

Таблица 2

Средние значения акустической плотности в зависимости от формы помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы, 160 глаз

Table 2

Average values of acoustic density depending on the form of opacities of the vitreous body in patients of the main group, 160 eyes

Показатель Parameter	Среднее значение акустической плотности, дБ. Average value of acoustic density, dB, M±s	Min	Max
Формы помутнений Shapes of opacities			
Точки Points	22,7±7,2	10	35
Пятна Spots	24,2±9,4	7	42
Тяжи Stains	24,8±8,2	8	40
Кольцо, полукольцо Ring, half ring	24,1±7,8	9	39

го этапа YAG-лазерного витреолизиса позволило определить, что площадь плавающего помутнения уменьшилась 2,3 раза – до 3,9 мм². По данным колориметрического анализа, яркость фона составила 43, а яркость объекта – 29. Как следствие, показатель затемнения (DF) стал равен 14, а индекс интенсивности затемнения IndexDF уменьшился в 8,8 раза и стал равен 54,5.

Таким образом, в отличие от цветной фотографии, фотооптический метод с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа

NIDEK F-10 позволяет количественно определить площадь помутнения, показатель затемнения (DF) и индекс интенсивности затемнения (IndexDF), а также проанализировать изменение данных показателей после выполнения YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

В таблице 2 представлено влияние форм помутнений на их акустическую плотность, которую определяли на аппарате UD-8000 Tomey (Германия–Япония). Различия между средними значениями акустической плот-

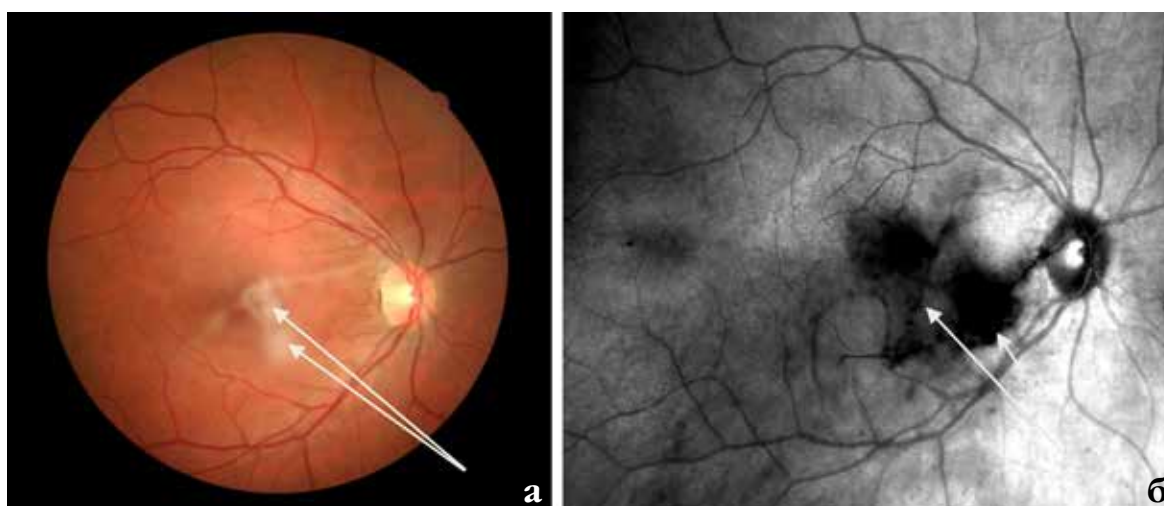


Рис. 2. Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, после YAG-лазерного витреолизиса плавающего помутнения стекловидного тела: а) цветная фотография; б) фотография глазного дна в инфракрасном режиме

Fig. 2. Photo of the fundus of the right eye of patient D., 28 years old, after YAG-laser vitreolysis of floating opacity of the vitreous body: a) color picture; б) picture of the fundus in infrared mode

ности при различных формах помутнений стекловидного тела у пациентов были статистически недостоверны ($p < 0,05$). Это означает, что отсутствует зависимость между акустической плотностью и формой помутнения стекловидного тела. При точечных помутнениях стекловидного тела акустическая плотность находилась от 10 до 35 дБ. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин практически совпадает от 7–9 до 39–42 дБ.

Применение ультразвукового исследования (В-сканирование) на аппарате UD-8000 Tomey (Германия–Япония) позволило также определить глубину расположения помутнений относительно роговицы. На 83 глазах (51,9%) помутнения располагались в задней трети стекловидного тела, а на 77 глазах (48,1%) – в средней трети стекловидного тела. Среднее значение расположения помутнений в стекловидном теле от задней поверхности хрусталика составляло $16,4 \pm 3,2$ мм ($M \pm s$) (от 10,5 до 22,5 мм).

Для выбора оптимального уровня лазерной энергии первоначально было проведено исследование у 50 пациентов (50 глаз) с помутнениями стекловидного тела. Для этого была исследована зависимость между значениями минимальной лазерной энергией и акустической плотностью помутнений стекловидного тела (рис. 3).

Отмечалась сильная корреляционная зависимость между плотностью помутнений стекловидного тела и энергией лазерного импульса при проведении YAG-лазерного витреолизиса, которая определялась у данных пациентов по формуле:

$$E = 0,4767 + 0,1126 \times Q \text{ (5)},$$

где Q – акустическая плотность помутнений стекловидного тела; E – величина лазерной энергии.

Коэффициент корреляции $gx/y = 0,89$ при $r = 0,00001$.

С учетом полученной зависимости был разработан метод оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса на основании персонализированного подбора энергии в зависимости от акустической плотности помутнений (патент РФ № 2726468 от 07.08.2020), который заключался в следующем, во-первых: по данным ультразвукового исследования определялась акустическая плотность помутнений в стекловидном теле и рассчитывалась необходимая минимальная энергия для проведения YAG-лазерного витреолизиса. Во-вторых, в условиях медикаментозного миозина на роговицу пациента под местной инстилляционной анестезией устанавливалась контактная линза, в зависимости от локализации и его лучшей визуализации: «Reuman 18 mm» (Ocular, США) – для плавающих помутнений стекловидного тела в передней трети витреальной полости; «Karickhoff 23» (Ocular, США) – для плавающих помутнений стекловидного тела в средней трети витреальной полости; «Karickhoff 25 mm Off-Axis» (Ocular, США) – для плавающих помутнений стекловидного тела в задней трети витреальной полости. Для парацентрально расположенных плавающих помутнений стекловидного тела

относительно зрительной оси использовалась линза «Reichel-Mainster 1X Retina». В-третьих, YAG-лазерный витреолизис выполнялся на установке «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия) с техническими параметрами: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8 мкм, длительность импульса 4 нс. За один сеанс YAG-лазерного витреолизиса производилось от 30 до 150 импульсов с энергией в диапазоне от 2 до 5,5 мДж. Энергия лазерного импульса определялась по формуле с учетом акустической плотности помутнения. При недостаточной эффективности процедуры проводились повторные этапы через 1 месяц, выполнялось от 1 до 5 этапов выполнения процедуры. Индивидуальный подбор энергии позволил удалять помутнения в щадящем для окружающих тканей режиме.

В таблице 3 представлены значения лазерной энергии, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у 160 пациентов (160 глаз).

В таблице 4 представлены клинико-функциональные показатели обследования пациентов контрольной группы до и после проведения оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса. Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после YAG-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов уже на 1-е сутки после операции: регистрировалось по данным фотооптического метода уменьшение средней величины площади помутнений ($t = 3,58$; $p < 0,01$), показателя затемнения ($t = 6,8$; $p = 0,001$) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ($t = 3,0$; $p < 0,001$), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ($t = 8,5$; $p = 0,001$).

Наилучшие результаты по данным показателям отмечались через 1 месяц после операции. Достоверное повышение светочувствительности макулы по данным микропериметрии и повышение остроты зрения отмечалось через 1 и 3 месяца после операции ($t = 2,7$; $p < 0,05$ и $t = 2,19$; $p < 0,05$ соответственно).

В таблице 5 представлены клинико-функциональные показатели пациентов (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 6, 12 и 24 месяцев после проведения оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса.

Наилучшие клинико-функциональные показатели после YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечались через 1–3 месяца после операции. Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений максимальной корригированной остроты зрения, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений перед операцией.

В раннем послеоперационном периоде, через 1 ч после операции, было зафиксировано повышение уровня внутриглазного давления на 3 мм рт.ст. только на 4 глазах (в 2,5% случаях). Назначение после операции одно-

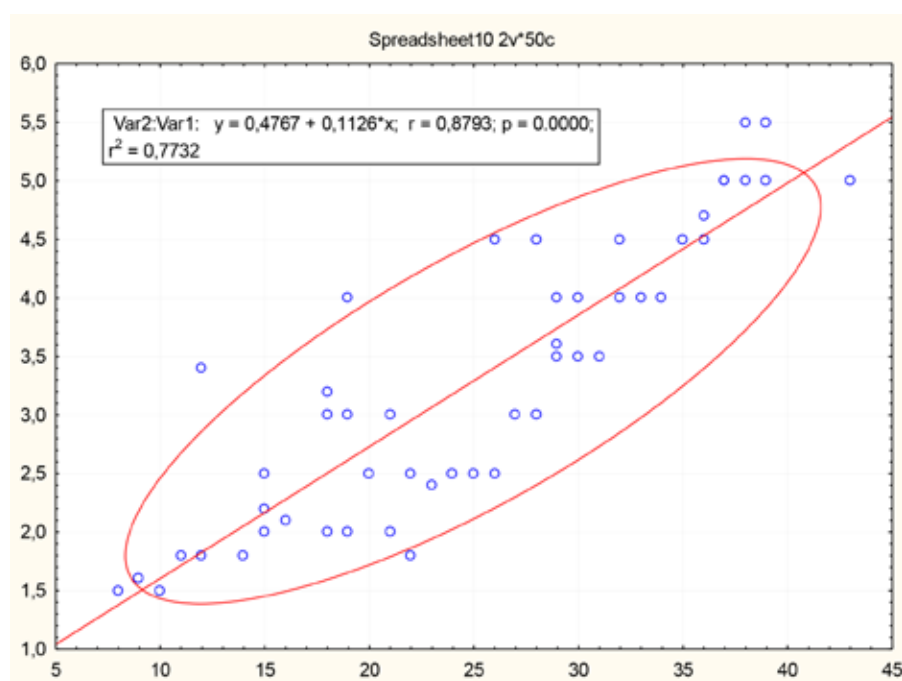


Рис. 3. Зависимость выбора лазерной энергии от акустической плотности помутнений стекловидного тела

Fig. 3. Dependence of the choice of laser energy on the acoustic density of the vitreous opacities

Таблица 3

Значения лазерной энергии импульса, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы, 160 глаз

Table 3

Values of laser pulse energy, number of pulses and total energy during YAG laser vitreolysis of vitreous opacities in patients of the main group, 160 eyes

Показатель Parameter	Среднее значение, Mean M±s	Min	Max
Энергия импульса Pulse energy	4,24±0,9	1,8	5,5
Количество импульсов Number of impulses	76,7±27	18	150
Суммарная энергия Total energy	333,1±152,6	36	750
Количество этапов выполнения процедуры The number of stages of the procedure	3,1±0,9	1	5

кратно инстилляцией 0,5% раствора β-блокаторов или ингибиторов карбоангидразы (1% раствора Brinzolamidi или 2% раствора Dorzolamidi) приводило к нормализации внутриглазного давления и показателей гидродинамики глаза через 1 ч после операции.

В *таблице 6* представлен сравнительный анализ клинико-функциональных показателей после YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела через 24 месяца у пациентов контрольной и основной групп.

Таблица 4

Клинико-функциональные результаты у пациентов основной группы (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и после проведения оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса, M±s

Table 4

Clinical and functional results in patients of the main group (160 eyes) with opacities of the vitreous body before and after the optimized technology of YAG laser vitreolysis, M±s

Показатель Parameter	До операции PreOp	Через 24 часа после операции 24 hours after surgery	1 мес. после операции 1 month after operation	3 мес. после операции 3 months after operation
Максимальная корригированная острота зрения Best-corrected visual acuity	0,69±0,24	0,7±0,2*	0,74±0,16**	0,75±0,13**
Светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии, дБ Retinal photosensitivity according to microperimetry data, dB	25,5±2,6	25,8±2,7*	26,3±2,8**	26,7±2,7**
Фиксация взора по данным микропериметрии, % Fixation stability according to microperimetry data, %	96,7±3,4	96,8±1,8*	97±1,9*	97,2±1,6*
Площадь помутнения, мм ² Opacities area, mm ²	3,2±5,8	1,3±3,3**	1,1±1,8**	0,8±1,5**
Показатель затемнения Dimming factor	24,4±12,5	15,2±11,4**	14,6±9,6**	14,1±10,2**
Индекс интенсивности затемнения сетчатки Retinal dimming intensity index	66,1±92,7	38,8±18,3**	13,7±9,4**	10±8,9**
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ Acoustic density of vitreous opacities, dB	24,7±7,6	16,7±9,1**	14,2±8,9**	12,4±9,4**

Примечание: различия между средними значениями, отмеченные значками * и **, статистически достоверны (t>2,0; p<0,05).

Таблица 5

Клинико-функциональные результаты у пациентов основной группы (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 6, 12 и 24 месяцев после проведения оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса, M±s

Table 5

Clinical and functional results in patients of the main group (160 eyes) with opacities of the vitreous before and after 6, 12 and 24 months. after optimized YAG laser vitreolysis technology, M±s

Показатели Parameters	До операции Before surgery	6 мес. после операции 6 months after surgery	12 мес. после операции 12 months after surgery	24 мес. после операции 24 months after surgery
Максимальная корригированная острота зрения Best-corrected visual acuity	0,69±0,24	0,76±0,14**	0,76±0,15**	0,77±0,13**
Светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии, дБ Retinal photosensitivity according to microperimetry data, dB	25,5±2,6	26,8±2,4**	26,9±2,8**	26,9±2,5**
Фиксация взора по данным микропериметрии, % Fixation stability according to microperimetry data, %	96,7±3,4	97,2±1,6*	97±1,7*	97,2±1,6*
Площадь помутнения, мм ² Opacities area, mm ²	3,2±5,8	0,8±1,5**	0,7±1,4**	0,5±1,1**
Показатель затемнения Dimming factor	24,4±12,5	13,2±10,8**	13,0±10,7**	12,2±10,2**
Индекс интенсивности затемнения сетчатки Retinal dimming intensity index	66,1±92,7	10±8,9**	9,6±9,2**	8,6±9,4**
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ Acoustic density of vitreous opacities, dB	24,7±7,6	11,7±8,5**	10,2±8,2**	9,6±8,1**

Примечание: различие между средними значениями, отмеченные значками * и **, статистически достоверны (t>2,0; p<0,05).

Таблица 6

Средние значения клинико-функциональных показателей после YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела через 24 месяца у пациентов контрольной и основной групп, 318 глаз, $M \pm s$

Table 6

Average values of clinical and functional indicators after YAG-laser vitreolysis of vitreous opacities after 24 months in patients of the control and main groups, 318 eyes, $M \pm s$

Показатель Index	Контрольная группа Control group 158 глаз	Основная группа Main group 160 глаз	T	p
Максимальная корригированная острота зрения (Best-corrected visual acuity)	0.72±0.14**	0.77±0.13**	3,3	<0,01
Светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии, дБ Retinal photosensitivity according to microperimetry data, dB	25,6±3,8**	26,9±2,5**	3,6	<0,001
Фиксация взора по данным микропериметрии, % Fixation stability according to microperimetry data, %	97±1,7*	97,2±1,6*	1,05	>0,05
Площадь помутнения, мм ² Opacities area, mm ²	0,9±1,9**	0,5±1,1**	2,3	<0,05
Показатель затемнения Dimming factor	16,2±9,8**	12,2±10,2**	3,57	<0,01
Индекс интенсивности затемнения сетчатки Retinal dimming intensity index	15,6±19,1**	8,6±9,4**	4,15	<0,001
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ Acoustic density of vitreous opacities, dB	16,4±9,5**	9,6±8,1**	6,9	<0,001

Проведение оптимизированной технологии YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы позволило добиться наилучших клинико-функциональных результатов ($p < 0,05$).

До и после у пациентов (160 глаз), по данным ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза, в верхнем, наружном, внутреннем и нижнем отделах не обнаружены структурные изменения ($p > 0,05$) со стороны ширины угла передней камеры глаза, толщины цилиарного тела и длины цинновых связок.

Таким образом, применение фотооптического и акустического методов исследования помутнений стекловидного тела позволяет наиболее точно измерять площадь помутнений, их акустическую плотность, определять индекс интенсивности затемнения сетчатки, подбирать оптимальную энергию с учетом акустической плотности помутнения, а также оценивать эффективность выполнения каждого этапа YAG-лазерного витреолизиса, что в итоге позволяет добиться при применении оптимизированной технологии наилучших клинических результатов по сравнению со стандартной технологией лазерной хирургии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение оптимизированной персонализированной технологии YAG-лазерного витреолизиса помутне-

ний стекловидного тела позволяет достигнуть наилучших значений клинико-функциональных показателей по МКОЗ, светочувствительности сетчатки, площади помутнений, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела через 24 месяца, в отличие от пациентов контрольной группы ($p < 0,05$).

Вклад авторов в работу:

Ю.Ю. Хзарджан: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста.

В.П. Фокин: редактирование, окончательное утверждение рукописи, подлежащей публикации.

А.С. Балалин: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста.

С.В. Балалин: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

Author's contribution:

Y.Y. Khzardzhan: substantial contributions to the conception and design of the work, acquisition, analysis and processing of the material, writing the text.

V.P. Vokin: editing, final approval of the manuscript to be published.

A.S. Balalin: substantial contributions to the conception and design of the work, acquisition, analysis and processing of the material, writing the text.

S.V. Balalin: substantial contribution to conception and design, statistical data processing, writing text, editing, final approval of the version to be published.

Финансирование: Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Авторство: Все авторы подтверждают, что они соответствуют действующим критериям авторства ICMJE.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

ORCID ID: Балалин С.В. 0000-0002-5250-3692

Funding: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authorship: All authors confirm that they meet the current ICMJE authorship criteria.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

ORCID ID: Balalin S.V. 0000-0002-5250-3692

ЛИТЕРАТУРА

- Webb BF. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smartphone users. *Int J Ophthalmol.* 2013;6(3): 402–405. <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27>
- Milton R, Madigan MC, Sebag J. Vitreous floaters: etiology, diagnostics and management. *Surv Ophthalmol.* 2016;61(2): 211–227.
- Лыскин П.В., Захаров В.Д., Шпак А.А., Згоба М.И. Микроинвазивное нехирургическое лечение витреомacularной тракции. Саратовский научно-медицинский журнал. 2018;14(4): 846–849. [Lyskin PV, Zakharov VD, Shpak AA, Zgoba MI. Microinvasive non-surgical treatment of vitreomacular traction. *Saratov Journal of Medical Scientific Research.* 2018;14(4): 846–849. (In Russ.)]
- Нефёдова О.Н., Кислицына Н.М., Новиков С.В., Колесник С.В., Веселкова М.П. Оценка влияния фактоэмulsификации на структуру стекловидного тела методом контрастирования. Современные технологии в офтальмологии. 2018;4: 204–205. [Nefedova ON, Kislicyna NM, Novikov SV, Kolesnik SV, Veselkova MP Assessment of the effect of phacoemulsification on the structure of the vitreous body by contrasting method. *Modern technologies in ophthalmology.* 2018;4: 204–205. (In Russ.)]
- Суетов А.А., Бойко Э.В. Гиалциты стекловидного тела и их значение в глазной патологии. Офтальмохирургия. 2019;1: 39–43. [Suetov AA, Boyko EV. Hyalocytes of the vitreous body and their importance in eye pathology. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2019;1: 39–43. (In Russ.)]
- Foos RY. Vitreoretinal junction over retinal vessels. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* 1977;204(4): 223–234.
- Lumi X, Hawlina M, Glavac D, et al. Ageing of the vitreous: from acute onset floaters and flashes to retinal detachment. *Ageing Research Reviews.* 2015;21: 71–77.
- Reardon AJ, Le Goff M, Briggs MD, McLeod D, Sheehan JK, Thornton DJ, Bishop PN. Identification in vitreous and molecular cloning of opticin, a novel member of the family of leucine-rich repeat proteins of the extracellular matrix. *J Biol Chem.* 2000;275(3): 2123–2129.
- Sabates NR, Sabates NR. The MP-1 microperimeter – clinical applications in retinal pathologies. *Highlights of Ophthalmology.* 2015;33(4): 1217.
- Насникова И.Ю., Харлап С.И., Круглова Е.В. Пространственная ультразвуковая диагностика заболеваний глаза и орбиты: клин. рук. Мед. центр Упр. делами Президента РФ, ГУ НИИ глазных болезней РАМН. М.; 2004. [Nasnikova IYu, Kharlap SI, Kruglova EV. Spatial ultrasound diagnostics of diseases of the eye and orbit, GU Research Institute of Eye Diseases of the Russian Academy of Medical Sciences. Moscow; 2004. (In Russ.)]
- Mamou J, Wa CA, Yee KM, Silverman RH, Ketterling JA, Sadun AA, Sebag J. Ultrasound-based quantification of vitreous floaters correlates with contrast sensitivity and quality of life. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015; 56(3): 1611–1617.
- Педанова Е.К., Качалина Г.Ф., Крыль Л.А. Первые результаты YAG-лазерного витреолизиса на установке Ultra Q Reflex. Современные технологии в офтальмологии. 2016;1(9): 179–181. [Pedanova EK, Kachalina GF, Kryl LA. First results of YAG-laser vitreolysis on the Ultra Q Reflex device. *Modern technologies in ophthalmology.* 2016;1(9): 179–181. (In Russ.)]
- Karickhoff JR. Laser treatment of eye floaters. Washington: Washington medical publishing; 2005.
- Tsai WF, Chen YC, Su CY. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser. *Br J Ophthalmol.* 1993;77(8): 485–488.
- Shah CP. YAG laser vitreolysis vs sham YAG vitreolysis for symptomatic vitreous floaters: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135(9): 918–923.
- Шаймова В.А., Шаймов Т.Б., Галин А.Ю., Шаймов Р.Б., Козель А.И., Гиниятуллин Р.У., Голощапова Ж.А., Кравченко Т.Г., Голощапова А.К. Лазерный витреолизис плавающих помутнений стекловидного тела. Лазерная медицина. 2018;22(4): 23–27. [Shaimova VA, Shaimov TB, Galin AY, Shaimov RB, Kozel AI, Giniyatullin RU, Goloshchapova Zha, Kravchenko TG, Goloshchapova AK. Laser vitreolysis of floating opacities of the vitreous body. *Laser Medicine.* 2018;22(4): 23–27. (In Russ.)]
- Нормаев Б.А., Дог А.В., Буряков Д.А. Эффективность YAG-лазерного витреолизиса в лечении различных типов помутнений стекловидного тела. Практическая медицина. 2018; 3(114): 136–140. [Normaev BA, Doga AV, Buryakov DA. Efficiency of YAG-laser vitreolysis in the treatment of various types of opacities of the vitreous body. *Practical medicine.* 2018;3(114): 136–140. (In Russ.)]
- Singh IP. Novel OCT application and optimized YAG laser enable visualization and treatment of mid to posterior vitreous floaters. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2018;49(10): 806–811.
- Янилкина Ю.Е., Маслова Н.А., Володин П.Л., Нормаев Б.А., Волков О.А. Лазерная тиндаляметрия в оценке реакции глаза после ИАГ-витреолизиса у пациентов с деструкцией стекловидного тела. Современные технологии в офтальмологии. 2020;1(32): 73–77. [Yanilkina YuE, Maslova NA, Volodin PL, Normaev BA, Volkov OA. Laser tindalectometry in assessing the reaction of the eye after YAG vitreolysis in patients with destruction of the vitreous body. *Modern technologies in ophthalmology.* 2020;1(32): 73–77. (In Russ.)]
- O'Day R, Cugley D, Chen C, Fabin D. Bilateral posterior capsule injury after Nd:YAG laser vitreolysis: unintended consequence of floaters treatment. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018;46(8): 956–958.
- Koo EH, Haddock LJ, Bhardway N, Fortun JA. Cataracts induced by neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser lysis of vitreous floaters. *Br J Ophthalmol.* 2017;101(6): 709–711.
- Noristani R, Schultz T, Dick HB. Cataract formation after YAG laser vitreolysis: importance of femtosecond laser anterior capsulotomies in perforated posterior capsules. *Eur J Ophthalmol.* 2016;26(6): 149–151.
- Little HL, Jack RL. Q-switched neodymium: YAG laser surgery of the vitreous. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1986;24(3): 240–246.
- Hahn P, Schneider EW, Tabandeh H. Reported complications following laser vitreolysis. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135(9): 973–976. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.2477
- Cowan LA, Khine KT, Chopra V, Fazio DT, Francis BA. Refractory open-angle glaucoma after neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser lysis of vitreous floaters. *Am J Ophthalmol.* 2015;159: 138–143.

Поступила: 12.07.2021

Переработана: 15.08.2021

Принята к печати: 31.08.2021

Originally received: 12.07.2021

Final revision: 15.08.2021

Accepted: 31.08.2021