

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТООПТИЧЕСКОГО МЕТОДА В ДИАГНОСТИКЕ ПОМУТНЕНИЙ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА

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

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

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград,
кафедра офтальмологии института НМФО

Аннотация. Для регистрации у пациентов помутнений стекловидного тела разработан фотооптический метод, который позволяет оценивать площадь помутнений, определять показатель затемнения и индекс затемнения сетчатки. Исследования выполнены у 318 пациентов (318 глаз) с помутнениями стекловидного тела. Чувствительность фотооптического метода в регистрации помутнений стекловидного тела у пациентов составила 100 %, в отличие от применения цветной фотографии – 76,4 %. Фотооптический метод может быть использован также для оценки эффективности выполнения YAG-лазерного витреолизиса, что, в итоге, позволит добиться наилучших клинических результатов.

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

APPLICATION OF PHOTO-OPTICAL METHOD IN THE DIAGNOSIS OF VITREOUS OPACITIES

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

¹FSAI "S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery" of Healthcare of the Russian Federation, Volgograd Branch, Volgograd;

²FSBEI HE "Volgograd State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Volgograd, Department of ophthalmology ICMPE

Abstract. A photo-optical method has been developed to detect the vitreous body opacities in patients, which is used to estimate the opacities area, to determine the dimming intensity index and retinal dimming factor. Studies were performed in 318 patients (318 eyes) with vitreous opacities. The sensitivity of the photo-optical method in detecting vitreous opacities in patients was 100 %, in contrast to that color photography has 76,4 %. The photo-optical method can also be used to assess effectiveness of YAG-laser vitreolysis to achieve the best clinical results.

Keywords: vitreous body opacities, photo-optical method, efficiency of YAG-laser vitreolysis.

Помутнения стекловидного тела, которые возникают с возрастом вследствие его деструкции, разжижения и сморщивания (синерезиса), встречаются достаточно часто – в 76 % случаев и в 33 % из них значительно снижают качество жизни [18]. Сморщивание стекловидного тела приводит также к смещению задних его слоев кпереди, вызывая отрыв задней гиалоидной мембраны с формированием задней отслойки стекловидного тела (ЗОСТ) [12].

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 [2, 4, 7, 8, 10, 13, 14, 18].

Одним из эффективных методов диагностики структурных нарушений стекловидного тела является

ультразвуковое исследование (УЗИ), так как оно позволяет с высокой точностью определить расположение, объем и плотность помутнений [3, 11]. Однако отсутствие международного стандарта в протоколе ультразвуковой диагностики плавающих помутнений стекловидного тела (ППСТ), сохраняющаяся проблема их количественной характеристики, а также необходимость соблюдения безопасного расстояния от помутнения до сетчатки и хрусталика (по данным ряда авторов, оно составляет 3 мм и более) ограничивают применение УЗИ стекловидного тела в качестве информативного диагностического подхода [5, 9, 17].

Среди наиболее точных и информативных методов визуализации плавающих помутнений стекловидного тела также выделяют сканирующую лазерную офтальмоскопию (СЛО) и оптическую когерентную томографию (ОКТ) сетчатки. Если СЛО дает информацию о локализации, площади и интенсивности теней,

возникающих на сетчатке из-за ППСТ, то ОКТ позволяет качественно и количественно оценить помутнения стекловидного тела, расположенные вблизи сетчатки [6, 16].

Одним из современных и наиболее информативных методов определения функциональных резервов сетчатки является микропериметрия [1, 15]. В отличие от классической статической периметрии и визиометрии микропериметрия позволяет более точно локализовать центральные дефекты поля зрения.

Однако недостаточно изученными и разработанными остаются объективные методы диагностики помутнений стекловидного тела, которые были бы основаны на фоторегистрации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и степени их выраженности.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать фотооптический метод количественной оценки помутнений стекловидного тела и проанализировать его результаты применения в клинической практике как метода визуализации плавающих помутнений стекловидного тела.

Для решения поставленной цели были сформулирована основная задача исследования: разработать объективный способ визуализации помутнений стекловидного тела на основе применения фотооптического метода и определить диагностические критерии, позволяющие количественно оценивать помутнения стекловидного тела.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

С 2019 г. были обследованы 318 пациентов (318 глаз) с помутнениями стекловидного тела. Возраст пациентов был от 20 до 88 лет. Средний возраст составлял $(57,9 \pm 11,8)$ года, $(M \pm \sigma)$.

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

Все пациенты с помутнениями стекловидного тела (318 глаз) были разделены в зависимости от форм помутнений (табл. 1): точки (73 глаза; 23 %), пятна (92 глаза; 28,9 %), кольца, полукольца (77 глаз; 24,2 %) и тяжи (76 глаз; 23,9 %). Для выделения форм учитывали площадь помутнений: при точечном помутнении его площадь не превышала $0,5 \text{ мм}^2$, при помутнении в виде пятна – свыше $0,5 \text{ мм}^2$.

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

Для разработки способа визуализации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и интенсивности затемнения сетчатки был использован сканирующий лазерный офтальмоскоп и лазерный ангиограф NIDEK F-10, Япония (рис. 1). Сканирующая офтальмоскопия проводилась для мультимодальной характеристики помутнений стекловидного тела: определения площади и интенсивности помутнения стекловидного тела. Данный способ визуализации помутнений стекловидного тела основан на их фоторегистрации в инфракрасном режиме на фоне глазного дна. Фоторегистрацию проводили при помощи лазерной сканирующей офтальмоскопии в инфракрасном режиме длиной волны 790 нм. В режиме реального времени выполняется несколько снимков с интервалом 0,5–1 с в количестве, требуемом для оценки подвижности и площади помутнения стекловидного тела, его проекции на линии зора.



Рис. 1. Сканирующий лазерный офтальмоскоп F-10, Nidek, Япония

Данный прибор позволяет выполнять фоторегистрацию помутнений стекловидного тела с оценкой расположения и площади помутнений. По результатам фоторегистрации определяли площадь помутнения и оценивали степень затемнения сетчатки. Для оценки степени затемнения сетчатки по результатам фоторегистрации глазного дна проводили колориметрический анализ по шкале яркости фона глазного дна и среднего цвета выбранных зон площади помутнения в графическом редакторе. Показатель затемнения

(dimming factor – DF) определяли как разницу между яркостью цвета фона глазного дна ($L_{\text{фона}}$) в диапазоне от белого до черного и яркостью среднего цвета выбранных зон площади помутнения ($L_{\text{помутнения}}$): $DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}}$.

Затем осуществляли расчет индекса интенсивности затемнения ($Index_{DF}$) как произведение полученного показателя затемнения (DF) на площадь помутнений стекловидного тела (S): $Index_{DF} = DF \times S$. На данный способ оценки помутнений стекловидного тела получен патент РФ на изобретение № 2674926 от 01.02.2018 г.

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 фирмы StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различия между средними значениями ($M \pm \sigma$) 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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние форм помутнений стекловидного тела на результаты фотооптического метода у пациентов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Результаты фотооптического метода у пациентов (318 глаз) в зависимости от форм помутнений стекловидного тела, $M \pm \sigma$

Формы помутнений	Площадь помутнений, S, мм ²	Яркость фона, $L_{\text{фона}}$	Яркость объекта, $L_{\text{помутнения}}$	Показатель затемнения, DF	Индекс интенсивности затемнения, $Index_{DF}$
Точки	0,29 ± 0,11	44,8 ± 34,7	15,8 ± 29,7	29,1 ± 12,1	8,3 ± 4,2
Пятна	2,1 ± 2,9	36,1 ± 20,0	7,9 ± 7,4	28,2 ± 15,8	51,4 ± 49,9
Тяж	2,4 ± 2,5	37,4 ± 17,7	13,0 ± 13,9	24,4 ± 14,5	75,3 ± 152,0
Кольцо, полукольцо	5,9 ± 10,4	30,4 ± 15,6	9,3 ± 7,1	22,0 ± 12,5	99,7 ± 128,8

Наибольшие значения площади помутнения стекловидного тела и индекса интенсивности затемнения сетчатки по данным фотооптического метода отмечались у пациентов при форме помутнений в виде кольца (полукольца), затем тяжа, пятна и наименьшие – в виде точек. При этом наиболее разнообразные по площади помутнений и индексу интенсивности затемнения сетчатки были помутнения стекловидного тела в виде тяжа и кольца (полукольца). Различие между средними значениями помутнений стекловидного тела в виде точек и пятен по площади и индексу интенсивности затемнения $Index_{DF}$ было статистически достоверным ($t = 7,4$; $p = 0,001$ и $t = 10,7$; $p = 0,001$ соответственно).

В то же время различие между данными показателями при сравнении форм помутнений в виде пятна и тяжа было статистически недостоверным ($p > 0,05$). Достоверные различия между средними значениями площади помутнений и $Index_{DF}$ отмечались при сравнении форм помутнений стекловидного тела в виде пятна и кольца ($t = 4,4$; $p = 0,001$ и $t = 4,39$; $p = 0,001$ соответственно).

Различие между средними значениями индекса интенсивности затемнения $Index_{DF}$ при сравнении

форм помутнений стекловидного тела в виде тяжа и кольца было статистически недостоверным ($p > 0,05$), что было связано с более выраженным их разнообразием по площади помутнений и степени затемнения сетчатки.

В табл. 2 представлены средние значения показателей микропериметрии и фотооптического метода у пациентов с помутнениями стекловидного тела.

Зависимость светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии от площади помутнений стекловидного тела у пациентов (318 глаз) представлена на рис. 2.

Таблица 2

Средние значения показателей микропериметрии и фотооптического метода у пациентов с помутнениями стекловидного тела, $M \pm \sigma$

Группа	Светочувствительность сетчатки, дБ	Фиксация взора, %	Площадь помутнений, S, мм ²	Индекс интенсивности затемнения, $Index_{DF}$
Пациенты с ППСТ, 318 глаз	26,1 ± 2,6	96,7 ± 4,7	1,96 ± 3,2	58,8 ± 103,8

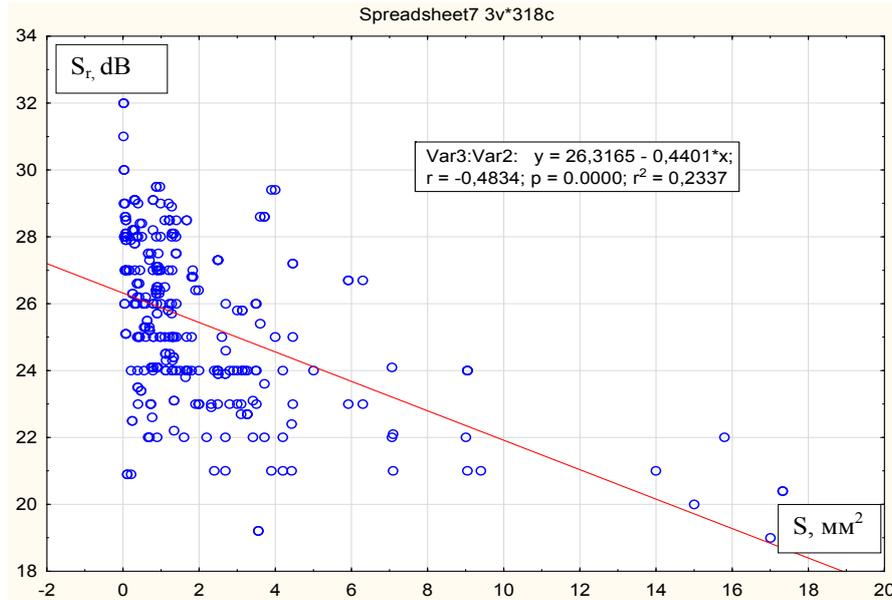


Рис. 2. Зависимость светочувствительности сетчатки от площади помутнений стекловидного тела у пациентов с помутнениями стекловидного тела

Зависимость между светочувствительностью сетчатки и площадью помутнений стекловидного тела характеризовалось формулой:

$$S_r = 26,32 - 0,44 \times S,$$

где S_r – светочувствительность сетчатки, S – площадь помутнений стекловидного тела.

С увеличением площади помутнений стекловидного тела отмечалось снижение по данным микропериметрии светочувствительности сетчатки. Коэффициент корреляции равен $r_{xy} = -0,48$ ($p = 0,0001$).

Зависимость между светочувствительностью сетчатки по данным микропериметрии от индекса интенсивности затемнения сетчатки ($Index_{DF}$) по данным фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп (318 глаз) представлена на рис. 3 и характеризовалась формулой:

$$S_r = 26 - 0,01 \times Index_{DF},$$

где S_r – светочувствительность сетчатки, $Index_{DF}$ – индекс интенсивности затемнения сетчатки помутнением стекловидного тела. Коэффициент корреляции равен $r_{xy} = -0,397$ ($p = 0,0001$).

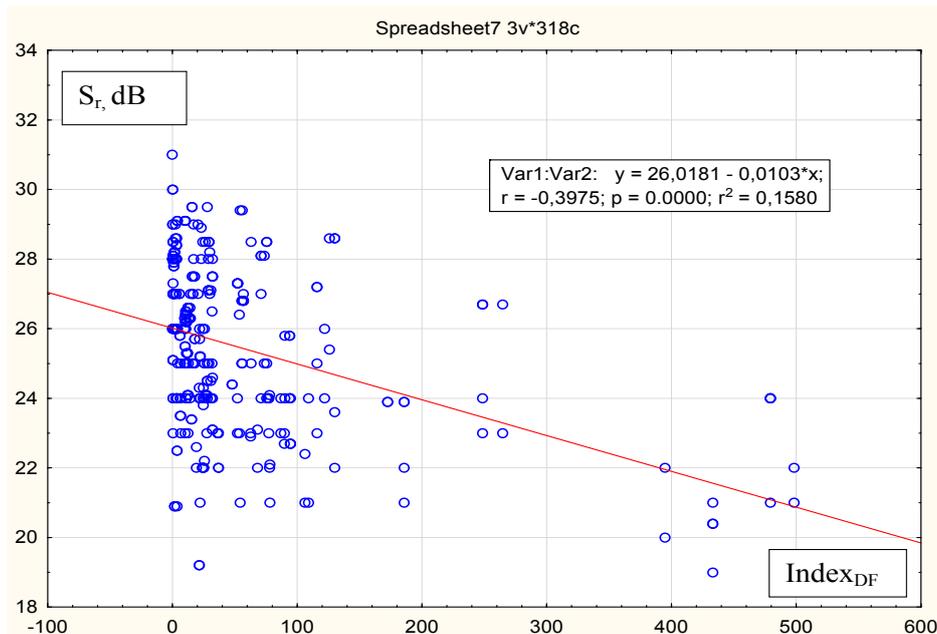


Рис. 3. Зависимость индекса интенсивности затемнения сетчатки $Index_{DF}$ у пациентов с помутнениями стекловидного тела от светочувствительности сетчатки (S_r)

Таким образом, у пациентов с увеличением величины индекса интенсивности затемнения сетчатки снижалась светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии.

Следует отметить, что фотооптический метод позволил определить площадь помутнений стекловидного тела, а также их влияние на степень затемнения сетчатки. Данные объективные количественные показатели были использованы при мониторинге пациента до и после YAG-лазерного витреолизиса ППСТ, а также в оценке эффективности выполненной лазерной операции.

Клинический пример

На рис. 4 представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле, выполненная на фундус-камере (рис. 4А) и с помощью сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10, Япония (рис. 4Б). Помутнение

стекловидного тела обозначено стрелками. Если на цветной фотографии (рис. 4А) плавающее помутнение в виде светло-серого полупрозрачного тяжа, то на фотографии в инфракрасном режиме (рис. 4Б) плавающее помутнение черного цвета с более четкими границами и лучшей его детализацией. Возможности сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) позволяют определить площадь помутнения, а колориметрический анализ – степень затемнения сетчатки, вызванного помутнением стекловидного тела, относительно окружающего фона. Так, площадь помутнения составила 9,04 мм². По данным колориметрического анализа, яркость фона составила 57, а яркость объекта 4, тогда показатель затемнения (DF) был равен $DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}} = 57 - 4 = 53$. Затем определили индекс интенсивности затемнения сетчатки, который был равен: $\text{Index}_{DF} = DF \times S = 9,04 \times 53 = 479,23$.

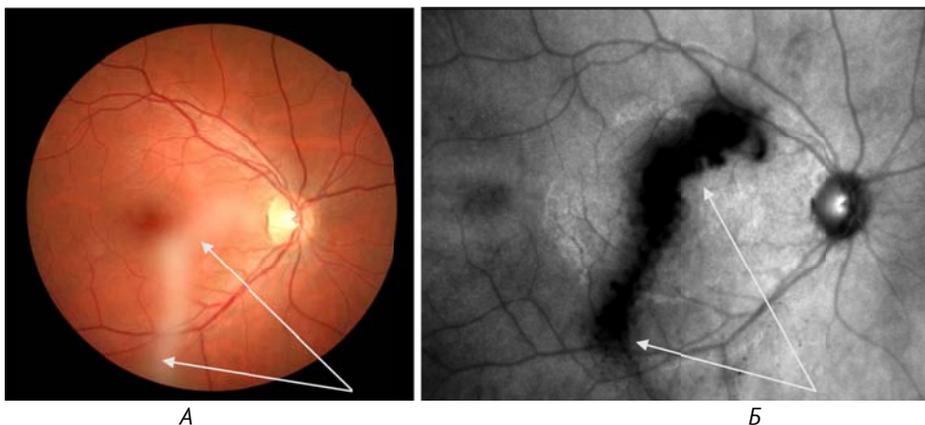


Рис. 4. Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле: А – цветная фотография, Б – фотография глазного дна в инфракрасном режиме

На рис. 5 представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, выполненная на фундус-камере (рис. 5А) после выполнения второго этапа YAG-лазерного витрео-

лизиса плавающего помутнения стекловидного тела, а также с помощью сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10, Япония (рис. 5Б).

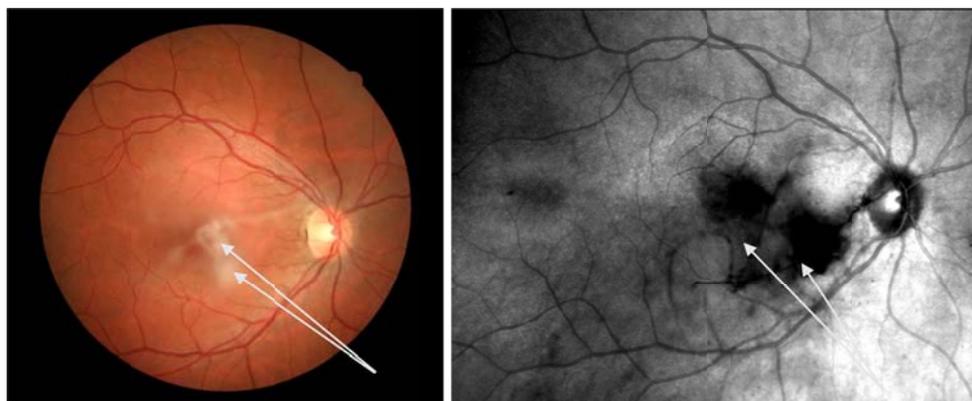


Рис. 5. Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, после YAG-лазерного витреолизиса плавающего помутнения стекловидного тела: А – цветная фотография, Б – фотография глазного дна в инфракрасном режиме

Помутнение стекловидного тела обозначено стрелками. С помощью сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) после второго этапа YAG-лазерного витреолизиса площадь плавающего помутнения уменьшилась 2,3 раза – до 3,89 мм². По данным колориметрического анализа, яркость фона составила 43, а яркость объекта 29, тогда показатель затемнения (DF) был равен 14, а индекс интенсивности затемнения Index_{DF} уменьшился в 8,8 раза и стал равен 54,46.

В отличие от цветной фотографии фотооптический метод при применении сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 позволяет количественно определить площадь помутнения, показатель затемнения (DF) и индекс интенсивности затемнения (Index_{DF}), а также проанализировать изменение данных показателей до и после выполнения YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Чувствительность фотооптического метода в регистрации помутнений стекловидного тела у пациентов составила 100 %, в отличие от цветной фотографии – 76,4 %.

Таким образом, обнаружение плавающих помутнений нередко вызывает определенные сложности у врача, поскольку стандартная офтальмоскопия в ряде случаев не позволяет выявить очаги деструкции стекловидного тела [11, 19].

Применение фотооптического метода исследования помутнений стекловидного тела позволяет наиболее точно измерять площадь помутнений, определять индекс интенсивности затемнения сетчатки, оценивать эффективность выполнения YAG-лазерного витреолизиса, что в итоге позволит добиться наилучших клинических результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фотооптический метод показал высокую степень визуализации помутнений стекловидного тела в сравнении с цветной фотографией. Данный метод может быть использован как для количественной оценки помутнений стекловидного тела, оценки степени их влияния на затемнение сетчатки, архивирования результатов операции, так и для последующего наблюдения за пациентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисочкина А.Б., Нечипоренко П.А. Микропериметрия: преимущества метода и практическое применение // Офтальмологические ведомости. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 19–22.
2. Лыскин П.В., Захаров В.Д., Шпак А.А., Згоба М.И. Микроинвазивное нехирургическое лечение витреомакулярной тракции // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 846–849.

3. Насникова И.Ю., Харлап С.И., Круглова Е.В. Пространственная ультразвуковая диагностика заболеваний глаза и орбиты: клиническое руководство // Мед. центр Упр. делами Президента РФ, ГУ НИИ глазных болезней РАМН. – М., 2004. – 174 с.

4. Нефёдова О.Н., Кислицына Н.М., Новиков С.В. и др. Оценка влияния факоэмульсификации на структуру стекловидного тела методом контрастирования // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 4. – С. 204–205.

5. Педанова Е.К., Качалина Г.Ф., Крыль Л.А. Первые результаты YAG-лазерного витреолизиса на установке Ultra Q Reflex // Современные технологии в офтальмологии. – 2016. – Т. 1, № 9. – С. 179–181.

6. Стебнев С.Д., Стебнев В.С., Малов И.В. и др. Возрастные изменения стекловидного тела // Казанский медицинский журнал. – 2019. – Т. 100, № 1. – С. 170–174.

7. Суетов А.А., Бойко Э.В. Гиалоциты стекловидного тела и их значение в глазной патологии // Офтальмохирургия. – 2019. – № 1. – С. 39–43.

8. Foos R.Y. Vitreoretinal juncture over retinal vessels // Albrecht Von Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 1977. – Vol. 204, no. 4. – P. 223–234.

9. Karickhoff J.R. Laser treatment of eye floaters. – Washington: Washington medical publishing, 2005. – 203 p.

10. Lumi X., Hawlina M., Glavač D., et al. Ageing of the vitreous: from acute onset floaters and flashes to retinal detachment // Ageing Research Reviews. – 2015. – Vol. 21. – P. 71–77.

11. Mamou J., Wa C.A., Yee K.M., et al. Ultrasound-based quantification of vitreous floaters correlates with contrast sensitivity and quality of life // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2015. – Vol. 56, no. 3. – P. 1611–1617.

12. Milston R., Madigan M.C., Sebag J. Vitreous floaters: etiology, diagnostics and management // Survey of Ophthalmology. – 2016. – Vol. 61, no. 2. – P. 211–227.

13. Reardon A.J., Le Goff M., Briggs M.D., et al. 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. – Vol. 275, no. 3. – P. 2123–2129.

14. Sabates N.R., Sabates N.R. The MP-1 microperimeter – clinical applications in retinal pathologies // Highlights of Ophthalmology. – 2015. – Vol. 33, no. 4. – P. 1217.

15. Schwartz S.G., Flynn Jr.H. W., Fisher Y.L. «Floater scotoma» demonstrated on spectral-domain optical coherence tomography and caused by vitreous opacification // Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina. – 2013. – Vol. 44, no. 4. – P. 415–418.

16. Sebag J. Anatomy and pathology of the vitreo-retinal interface // Eye. – 1992. – Vol. 6, no. 6. – P. 541–552.

17. Tsai W.F., Chen Y.C., Su C.Y. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser // Br. J. Ophthalmol. – 1993. – Vol. 77, no. 8. – P. 485–488.

18. Webb B.F. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smart- phone users // Int. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol. 6 (3). – P. 402–405. – <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27>.

19. Worst J., Los L.I. Cisternal anatomy of the vitreous. – Amsterdam – New York: Kugler Publ., 1995. – 148 p.

REFERENCES

1. Lisochkina A.B., Nechiporenko P.A. Mikroperimetriya: preimushchestva metoda i prakticheskoye primeneniye [Microperimetry: advantages of the method and practical application]. *Oftal'mologicheskiye vedomosti* [Ophthalmological vedomosti], 2019, vol. 2, no. 1, pp. 19–22. (In Russ.; abstr. in Engl.).
2. Lyskin P.V., Zakharov V.D., Shpak A.A., Zgoba M.I. Mikroinvazivnoye nekhirurgicheskoye lecheniye vitreomakulyarnoy traksii [Microinvasive non-surgical treatment of vitreomacular traction]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research], 2018, vol. 14, no. 4, pp. 846–849. (In Russ.; abstr. In Engl.).
3. Nasnikova I.Yu., Kharlap S.I., Kruglova E.V. Prostranstvennaya ul'trazvukovaya diagnostika zabolevaniy glaza i orbity: klin. ruk. [Spatial ultrasound diagnostics of diseases of the eye and orbit: a wedge. hands]. *Meditsinskiy tsentr Upravleniya delami Prezidenta RF, GU NII glaznykh bolezney RAMN* [Medical Center of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, State Research Institute of Eye Diseases of the Russian Academy of Medical Sciences]. Moscow, 2004. 174 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).
4. Nefedova O.N., Kislytsyna N.M., Novikov S.V., et al. Otsenka vliyaniya fakoemul'sifikatsii na strukturu steklovidnogo tela metodom kontrastirovaniya [Assessment of the effect of phacoemulsification on the structure of the vitreous body by contrasting method]. *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii* [Modern technologies in ophthalmology], 2018, no 4, pp. 204–205. (In Russ.; abstr. in Engl.).
5. Pedanova E.K., Kachalina G.F., Kryl L.A. Pervyye rezul'taty YAG-lazernogo vitreolizisa na ustanovke Ultra Q Reflex [First results of YAG-laser vitreolysis on the Ultra Q Reflex device]. *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii* [Modern technologies in ophthalmology], 2016, vol. 1, no. 9, pp. 179–181. (In Russ.; abstr. in Engl.).
6. Stebnev S.D., Stebnev V.S., Malov I.V., et al. Vozrastnyye izmeneniya steklovidnogo tela [Age-related changes in the vitreous body]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal* [Kazan medical journal], 2019, vol. 100, no. 1, pp. 170–174. (In Russ.; abstr. in Engl.).
7. Suetov A.A., Boyko E.V. Gialotsity steklovidnogo tela i ikh znachenije v glaznoy patologii [Vitreous hyalocytes and their importance in eye pathology]. *Oftal'mokhirurgiya* [Ophthalmosurgery], 2019, no. 1, pp. 39–43. (In Russ.; abstr. in Engl.).
8. Foos R.Y. Vitreoretinal juncture over retinal vessels. *Albrecht Von Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthalmol*, 1977, vol. 204, no. 4, pp. 223–234.
9. Karickhoff J. R. Laser treatment of eye floaters. Washington: Washington medical publishing, 2005, 203 p.
10. Lumi X., Hawlina M., Glavač D., et al. Ageing of the vitreous: from acute onset floaters and flashes to retinal detachment. *Ageing Research Reviews*, 2015, vol. 21, pp. 71–77.
11. Mamou J., Wa C.A., Yee K.M., et al. Ultrasound-based quantification of vitreous floaters correlates with contrast sensitivity and quality of life. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 2015, vol. 56, no. 3, pp. 1611–1617.
12. Milston R., Madigan M. C., Sebag J. Vitreous floaters: etiology, diagnostics and management. *Survey of Ophthalmology*, 2016, vol. 61, no. 2, pp. 211–227.
13. Reardon A. J., Le Goff M., Briggs M. D., McLeod D., Sheehan J. K., Thornton D.J., Bishop P. N. 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, vol. 275, no. 3, pp. 2123–2129.
14. Sabates N.R., Sabates N.R. The MP-1 microperimeter – clinical applications in retinal pathologies. *Highlights of Ophthalmology*, 2015, vol. 33, no. 4, p. 1217.
15. Schwartz S. G., Flynn Jr. H. W., Fisher Y. L. «Floater scotoma» demonstrated on spectral-domain optical coherence tomography and caused by vitreous opacification. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2013, vol. 44, no. 4, pp. 415–418.
16. Sebag J. Anatomy and pathology of the vitreoretinal interface. *Eye*, 1992, vol. 6, no. 6, pp. 541–552.
17. Tsai W.F., Chen Y.C., Su C.Y. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser. *Br. J. Ophthalmol*, 1993, vol. 77, no. 8, pp. 485–488.
18. Webb B.F. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smart- phone users // *Int. J. Ophthalmol*, 2013, vol. 6 (3), pp. 402–405. <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27>,
19. Worst J., Los L.I. Cisternal anatomy of the vitreous. Amsterdam – New York, Kugler Pub., 1995. 148 p.

Контактная информация

Балалин Сергей Викторович – д. м. н., профессор кафедры офтальмологии института НМФО ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, заведующий научным отделом Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: s.v.balalin@gmail.com