

А.В. ДОГА, Д.А. БУРЯКОВ, Б.А. НОРМАЕВ



ПЛАВАЮЩИЕ ПОМУТНЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ

Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс
«Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н.Федорова»
Министерства Здравоохранения Российской Федерации, г. Москва,
Российская Федерация

Помутнения стекловидного тела – это структурные изменения стекловидного тела, при которых образуются уплотненные образования, экранирующие свет, отбрасывающие тень на сетчатку и снижающие качество жизни и зрения пациентов.

Статья посвящена анализу современных представлений об анатомии и физиологии стекловидного тела, этиологии и патогенезу изменений его структуры, комплексу современных методов визуализации, диагностике помутнений стекловидного тела, оценке качества зрения у пациентов с плавающими помутнениями, а также анализу подходов к лечению данного заболевания, описанных в литературе. В настоящее время не существует единого мнения по поводу наиболее оптимальных методов диагностики и лечения помутнений стекловидного тела. В большинстве случаев пациентам предлагается динамическое наблюдение. Эффективность консервативной терапии не доказана, что обуславливает необходимость поиска альтернативных методов лечения пациентов. Анализ публикаций других авторов по лечению данной патологии свидетельствует о том, что существующие на сегодняшний день хирургические и лазерные методики воздействия на помутнения стекловидного тела являются весьма эффективными, но в то же время имеют свои особенности и ограничения, в связи с чем требуется дальнейшее их совершенствование, повышение эффективности и безопасности.

Ключевые слова: плавающие помутнения стекловидного тела, стекловидное тело, YAG-лазерный витреолизис, качество жизни, анкетирование, заболевания глаз

Vitreous floaters are the structural changes of the vitreous body accompanied by formation of vitreous collagen conglomerates that result in light scattering, umbra formation towards the retina and reducing of patients' life quality and vision quality.

This article is devoted to modern aspects of the anatomy and physiology of the vitreous body, the etiology and pathogenesis of its structure changes, modern imaging and diagnostic techniques of vitreous floaters, assessment of vision quality in patients with vitreous floaters and treatment approaches based on the literature review. At the moment there is no universal solution to the problem of vitreous floaters treatment. In most cases, dynamic observation is proposed to patients. The efficacy of the conservative therapy has not been proven and the elaboration of alternative treatment methods is needed. The analysis of other authors' publications concerning this pathology treatment testifies to the fact, that current surgical and laser techniques are highly effective but at the same time they have a number of limitations and peculiarities, therefore a further investigation of efficacy and safety issues is required.

Keywords: vitreous floaters, vitreous body, YAG-laser vitreolysis, quality of life, questionnaire, eye diseases

Novosti Khirurgii. 2018 Jul-Aug; Vol 26 (4): 482-490

Floaters of the Vitreous Body: Modern Approaches to Treatment

A.V. Doga, D.A. Buryakov, B.A. Normaev

Введение

Наличие плавающих «мушек» перед глазами является в настоящее время довольно частой причиной обращения к офтальмологу. В большинстве случаев данная симптоматика связана с тем, что в стекловидном теле формируются плавающие помутнения, представляющие собой изменение структуры и прозрачности стекловидного тела, а также его отделение от внутренних слоев сетчатки. По мнению В.Ф. Webb et al. [1], плавающие помутнения стекловидного тела (ПСТ) выявляются у 76% пациентов, а 33% связывают с ними снижение остроты зрения.

Цель. Проанализировать современные данные об анатомии и физиологии стекловидного тела, ключевых аспектах этиопатогенеза и диагностики помутнений стекловидного тела, а также эффективности различных способов лечения.

Анатомия стекловидного тела

Стекловидное тело (СТ) – это высокогидрофильный гель, который примерно на 98% состоит из воды и на 2% – из гликозаминогликанов, коллагеновых белков и других структурных элементов [2]. Коллаген и гиалуроновая кислота

(ГК) являются основными компонентами СТ. Коллагеновые волокна образуют матрикс, который является остовом структуры стекловидного тела. Молекулы гиалуроновой кислоты в совокупности с другими компонентами заполняют свободные пространства коллагеновой сети и поддерживают молекулы коллагена в обособленном состоянии. Существует предположение, что одноименные заряды ГК отталкиваются друг от друга и расправляют коллагеновую матрицу. Изменение заряда, потеря или вымывание молекул приводит к изменению первоначальной структуры и агрегации волокон. СТ в норме абсолютно прозрачно, что достигается за счет строго определенного строения молекул веществ, входящих в его состав. Под воздействием различных факторов эти молекулы могут распасться на фрагменты, изменяется конфигурация и взаимоотношение компонентов, что ведет к потере молекул гиалуроновой кислоты, агрегации коллагеновых волокон и образованию плавающих помутнений [3, 4].

Исследования по изучению структуры стекловидного тела предпринимались с XIX века. S.W. Duke-Elder предполагал, что СТ представляет собой сплетение волокон [5]. G. Eisner считал, что стекловидное тело сформировано особыми структурными компонентами – трактами [6]. Эти образования состоят из плотно упакованных коллагеновых пластинок. К ним относятся: ретролентальный, передний цилиарный, задний цилиарный, преретинальный тракты [6]. Кортикальными слоями стекловидного тела обычно обозначают уплотненные коллагеновые волокна по периферии СТ, которые прилежат и имеют непосредственную связь с внутренней поверхностью сетчатки. Некоторые авторы ее называют гиалоидной мембраной. В этой зоне отмечается относительно высокая концентрация коллагена и низкая концентрация гиалуроновой кислоты, что формирует более плотную структуру стекловидного тела [7].

Прочность прикрепления СТ к сетчатке зависит от топографического расположения. Наиболее плотным местом прикрепления стекловидного тела является базис СТ. В этой зоне коллагеновые фибриллы выстраиваются перпендикулярно сетчатке, проникают сквозь дефекты внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и связываются с нейроглией сетчатки, формируя достаточно сильную адгезию [8]. Прочность витреоретинальной адгезии выше в тех местах, где отмечается небольшая толщина коры СТ и внутренней пограничной мембраны. К ним относятся перипапиллярная и макулярная зоны, а также участки по ходу сосудов сетчатки [9, 10].

Существенный вклад в изучение структуры стекловидного тела внесли J.G.F. Worst и L.I. Los [11]. В ходе контрастирования аутопсийного материала было выявлено, что СТ имеет несколько иное от описанного ранее строение и включает в себя цистерны (ретроцилиарные, петалиформные, экваториальные), каналы (лентико-макулярный, оптико-цилиарный, соединительный), сумки (премакулярную, препапиллярную) [11]. В исследованиях Н.М. Кислицыной с соавт. была выявлена обособленная анатомическая многослойная структура в передних отделах стекловидного тела, тесно связанная с задней капсулой хрусталика. Это позволило авторам предположить наличие ранее не описанной ретролентоцилиарной сумки [12].

Этиология и патогенез плавающих помутнений стекловидного тела

Стекловидное тело в норме при рождении имеет однородную структуру, что подтверждается целым рядом работ, однако в процессе развития в СТ происходят дегенеративные процессы в виде разобщения структурных компонентов, особенно выраженные при миопии [3, 4, 10, 13]. Термином «синерезис» стекловидного тела принято называть процесс диссоциации коллагеновых волокон с молекулами ГК, в ходе которого происходят агрегация фибрилл и образование более крупных волокон, способных рассеивать свет с образованием теней на сетчатке [4, 10]. При дальнейшем прогрессировании вокруг конденсированных нитей протекает противоположный процесс – «синхазис». Он заключается в формировании оптически пустых пространств, заполненных внутриглазной жидкостью, которые способствуют коллапсу стекловидного тела [3, 14]. Еще одной причиной уменьшения объема СТ является потеря молекул гиалуроновой кислоты и изменение их заряда, так как при этом происходит потеря связанных с ними молекул воды [3]. С течением времени снижается прочность связи задней гиалоидной мембраны с ВПМ сетчатки, что в совокупности с прогрессированием коллапса стекловидного тела приводит к его задней отслойке с формированием в проекции диска зрительного нерва кольца Вейса [14]. Данные изменения приводят к формированию помутнений стекловидного тела (ПСТ).

По характеру возникновения ПСТ подразделяются на первичные и вторичные. Первичные помутнения стекловидного тела связаны с физиологическими процессами дегенерации самого СТ, включающими изменения его структуры (синхазис и синерезис) и ослабление связи

с сетчаткой [4]. Природа вторичных помутнений не имеет связи с изменениями стекловидного тела. Как правило, вторичные ПСТ состоят из экзогенных молекул и клеток. Наиболее частой природой вторичных помутнений являются интравитреальные кровоизлияния, вызванные тракционным повреждением ретинальных сосудов вследствие отслойки СТ, наличием очагов плоскостной и ретино-витреальной неоваскуляризации, а также других сосудистых патологий сетчатки, опухолей и травм глазного яблока [15, 16].

При воспалительных заболеваниях и опухолях глаза в стекловидном теле повышается концентрация клеточных элементов с последующей их агрегацией в конгломераты и появлением жалоб на плавающие пятна перед глазами [17].

Иногда причиной жалоб на внезапное появление плавающего пятна перед глазом является дырчатый разрыв сетчатки с формированием крышечки, которая смещается в оптическую зону [18]. Теоретически причиной вторичных ПСТ также могут быть остатки силиконового масла, перфторорганических соединений, пузырьки газа, а также интравитреальные имплантаты, насыщенные лекарственными препаратами. В ряде случаев в качестве ПСТ определяется астероидный гиалоз – накопление пирофосфата кальция в виде сфер золотисто-желтого цвета. Данное явление зачастую оказывает минимальное влияние на субъективные ощущения [19]. Существует мнение, что наличие у данного типа помутнений ровной и гладкой поверхности позволяет минимизировать светорассеивание и потому не оказывает существенного влияния на зрение. Напротив, шероховатая и неровная поверхность плавающего помутнения стекловидного тела вызывает значительное рассеивание света внутри глаза, что снижает качество зрения [20].

Методы визуализации помутнений стекловидного тела

Визуализация плавающих помутнений представляет определенные трудности, так как при офтальмоскопии не всегда возможно идентифицировать помутнения в стекловидном теле [20].

Стандартным методом диагностики СТ является ультразвуковое исследование (УЗИ), позволяющее оценить локализацию ПСТ, их плотность и объем. В частности, УЗИ высокоинформативно при задней отслойке стекловидного тела и формировании кольца Вейса [3, 20]. Однако основной нерешенной проблемой является количественная ультразвуковая характеристика помутнений, а также проблема

стандарта в протоколе исследования ПСТ. УЗИ несет большую практическую ценность в оценке расстояния от плавающего помутнения до сетчатки и хрусталика. По данным ряда авторов, безопасным значением является 3 мм и более [21, 22, 23].

Сканирующая лазерная офтальмоскопия (СЛО) и оптическая когерентная томография (ОКТ) сетчатки дают возможность более точно визуализировать помутнения стекловидного тела и документировать их. СЛО позволяет оценить площадь, интенсивность, локализацию теней и полутеней, отбрасываемых ПСТ на сетчатку. ОКТ дает качественную и количественную оценку ПСТ, однако данный метод применим только к помутнениям, расположенным вблизи сетчатки [24].

Методы оценки качества зрения

Важное значение имеет изучение влияния ПСТ на субъективные ощущения и качество жизни пациентов. По мнению А.М. Wagle, уровень жалоб некоторых пациентов с помутнениями стекловидного тела сопоставим или даже более выражен, чем при возрастной макулярной дегенерации, диабетической ретинопатии, глаукоме и сердечно-сосудистых заболеваниях [25]. Для оценки субъективных ощущений используются специальные тест-опросники. Рядом авторов показана возможность их эффективного применения у пациентов с ПСТ [20, 26]. При этом в данных исследованиях применялись как стандартизированные, так и нестандартизированные анкеты, что затрудняет анализ полученных результатов. Тем не менее, была показана возможность применения специального нестандартизированного тест-опросника для оценки субъективного качества зрения, учитывающего специфические жалобы пациентов с ПСТ, который показал свою эффективность при сравнительном изучении качества зрения до и после лазерного витреолизиса [27].

С учетом высоких исходных зрительных функций у большинства пациентов, необходимо применение более чувствительных методов диагностики. Рядом авторов выявлено статистически значимое снижение контрастной чувствительности у пациентов с помутнениями СТ по сравнению со здоровыми добровольцами сходного возраста [13].

Одним из первых методов оценки контрастной чувствительности (КЧ) является исследование при помощи стандартных таблиц Pelli-Robson [28]. К достоинствам метода можно отнести его доступность, а также простоту использования. Тем не менее, узкий спектр диа-

гностических возможностей ограничивает его применение. Еще одним способом оценки КЧ является исследование на приборе-видеотестере "Optec-6500" (Stereo Optical, США). При обследовании пациенту предъявляются паттерны в виде «решетки» с различной пространственной частотой, убывающей контрастностью в различных положениях. Прибор позволяет исследовать КЧ с созданием мезопических и фотопических условий, с дополнительным засветом и без него. Аппарат также имеет дополнительные возможности оценки остроты зрения, цветового зрения и стереопсиса, что дает более полную характеристику субъективных зрительных функций пациента [29].

Наряду с вышеперечисленными методиками, в 1985 году М. Vach во Фрайбургском институте разработал способ измерения КЧ при помощи компьютерной программы Freiburg Visual Acuity and Contrast Test (FrACT). Исследование заключается в предъявлении пациенту на мониторе компьютера колец Ландольта с убывающей контрастностью в восьми различных положениях [30]. Данный метод обладает достаточно высокой воспроизводимостью — 92,1% [31, 32]. В ходе клинических исследований была показана его эффективность в оценке контрастной чувствительности [13, 20]. Следует отметить, что еще одним достоинством FrACT является возможность индивидуальных настроек под размеры монитора и помещения, в котором проводится исследование [30]. По результатам недавних исследований было выявлено, что измерение контрастной чувствительности с применением FrACT-теста позволяет отметить достоверное улучшение субъективного качества зрения после YAG-лазерного лечения ПСТ [27, 33]. Таким образом, FrACT в силу простоты и скорости выполнения исследования может быть перспективным для оценки функционального состояния и эффективности проведенного лечения пациентов с ПСТ.

Ж. Матсуи в своем исследовании удалось произвести количественную оценку ПСТ, результаты которой имели корреляционную связь с данными КЧ и стандартизированных тест-опросников [20].

Исследование А.М. Waggle показало, что с течением времени адаптации к плавающим помутнениям не происходит, что обуславливает необходимость активной тактики ведения таких пациентов [25].

Методы лечения помутнений стекловидного тела

Консервативное лечение ПСТ является

наиболее распространенным методом. В настоящее время существует множество препаратов растительного происхождения, механизм действия которых, как считается, связан с селективной абсорбцией молекул коллагена и фибрина, формирующих ПСТ [21]. Однако, эффективность подобных препаратов вызывает определенные сомнения, отсутствуют данные об их накоплении в СТ в достаточной концентрации и избирательности воздействия на агрегаты коллагеновых волокон.

Одним из нехирургических подходов к лечению ПСТ является фармакологический витреолизис. Опыт применения фармакологических препаратов насчитывает около 20 лет [21]. Тем не менее, недостаточно данных получено по оценке изменений формы и размеров помутнений стекловидного тела до и после лечения. Клинические исследования по применению Окриплазмина продемонстрировали эффективность и безопасность препарата в лечении витреомакулярного тракционного синдрома, что теоретически может быть использовано для лечения ПСТ [34, 35]. Таким образом, фармакологический витреолизис представляется перспективным методом лечения ПСТ, однако метод требует дальнейшего изучения.

На сегодняшний день из существующих хирургических методов лечения ПСТ применяются два подхода: витрэктомия и YAG-лазерный витреолизис.

Витрэктомия является наиболее радикальным методом лечения, который позволяет удалить стекловидное тело с имеющимися помутнениями и тем самым достигнуть высоких клиничко-функциональных результатов. По данным ряда исследований, эффективность витрэктомии составляет 83,3-93,3% [13, 26, 36, 37]. Тем не менее, данный вид лечения в силу своего инвазивного характера имеет риск развития ряда осложнений, наиболее частым из которых является развитие катаракты в послеоперационном периоде, по данным различных авторов, ее частота составляет от 22,5% до 50% [26, 36]. Реже встречаются разрывы и регматогенные отслойки сетчатки (в 16,3% и 10,9% случаев соответственно) [13, 20, 26, 36, 37]. Кроме того, возможно развитие эндофтальмита, который является наиболее грозным осложнением витреальной хирургии, однако его вероятность составляет около 0,018-0,23% [38]. Таким образом, риск развития осложнений не позволяет считать витрэктомию оптимальным методом лечения ПСТ. Необходимо отметить, что витреоретинальные хирурги с осторожностью относятся к проведению данной операции при наличии исходной высокой остроты зрения

у пациентов [26].

Nd:YAG-лазеры уже более 30 лет применяются в офтальмологической практике [21]. Основной областью применения данных лазеров является патология переднего отрезка глаза. При этом, в силу технических особенностей первых моделей YAG-лазерных установок, которые обладали малым углом конвергенции лучей и большим диаметром пятна (что обуславливало необходимость повышения энергии импульса и, как следствие, увеличивало риск развития осложнений), воздействие в полости стекловидного тела было затруднительным [22, 39, 40].

Тенденция к широкому применению YAG-лазеров при лечении ПСТ наметилась только в последние годы. Это связано с отсутствием на сегодняшний день достоверных данных о том, какие изменения в СТ действительно снижают качество зрения и имеет ли место негативное воздействие энергии лазера на строение самого стекловидного тела, сохранность других структур и функций глаза [23].

Следует отметить, что большинство YAG-лазерных установок предназначено для манипуляций на переднем отрезке глазного яблока, таких как рассечение вторичной катаракты и выполнение базальной иридэктомии. При этом смещение осветителя щелевой лампы в сторону от оптической оси не снижает качества визуализации зоны интереса. Напротив, при лазерном воздействии на заднем отрезке глаза требуется строго коаксиальное положение осветителя для полноценной визуализации задней трети стекловидного тела и сетчатки [23].

В то же время имеется ряд технических особенностей лазерных установок, затрудняющих проведение витреолизиса. В частности, в большинстве моделей лазеров при коаксиальном положении осветителя щелевой лампы происходит частичное экранирование лазерного излучения в момент импульса и, как следствие, нарушается супергаусовское распределение энергии. Все это обуславливает повышение необходимой энергии импульса для получения «оптического пробоя», что, в свою очередь, увеличивает риск развития осложнений [23].

В настоящее время на офтальмологическом рынке появились новые модели YAG-лазеров, разработанные с учетом описанных выше технических проблем, которые позволяют проводить лечение в строго коаксиальном положении осветителя щелевой лампы, позволяющем использовать более низкие энергетические параметры, повышая тем самым точность и безопасность воздействия без потери качества визуализации [23].

На сегодняшний день в литературе имеется ограниченное количество публикаций о применении лазеров в лечении ПСТ, мало работ по изучению безопасности, а также отсутствуют единые критерии эффективности лечения. Исследователи использовали различные энергетические параметры и методики проведения витреолизиса. Так, Y.M. Delaney et al. применяли энергию импульса 1,2 мДж на расстоянии до сетчатки 2 мм [37], в отличие от других исследователей, которые использовали более высокие энергетические параметры, но на большем отдалении от сетчатки. D. Aron-Rosa и W.F. Tsai считали допустимым расположение ПСТ от сетчатки на расстоянии при использовании энергии импульса до 10-15 мДж не менее 4 мм [41]. Следует отметить, что ни в одной из публикаций не дается описание способа определения расстояния ПСТ до структур глаза. Среди исследователей нет общего мнения относительно способа оценки эффективности YAG-лазерного витреолизиса, что делает результаты неоднородными и затрудняет их интерпретацию. Большинство авторов отмечали динамику зрительных функций по субъективным ощущениям пациента. Y.M. Delaney et al. [37] применяли нестандартизированные тест-опросники, в отличие от них D. Aron-Rosa основывалась на данных офтальмоскопии. H.L. Little и R.L. Jack критерием эффективности считали повышение остроты зрения на 2 и более строчек, в связи с чем не получили улучшения со стороны органа зрения [39].

Следует отметить, что эффективность и необходимая степень лазерного воздействия (количество импульсов и суммарная энергия за сеанс) зависят от исходного типа ПСТ (структуры), его размеров и плотности [33].

Из осложнений лазерного витреолизиса в литературе описываются единичные случаи интравитреальных кровоизлияний, повреждений сетчатки, повреждений задней капсулы нативного хрусталика, транзиторного повышения внутриглазного давления и передних увеитов [37, 41, 42]. Часть осложнений связана с тем, что некоторые ПСТ представляли собой мембраны и шварты, фиксированные к сетчатке, в связи с чем проведение лазерного витреолизиса усиливало тракционное воздействие [42]. Тем не менее, общее количество осложнений в ходе YAG-лазерного воздействия довольно мало и составляет менее 0,1% [21].

В русскоязычной литературе сообщается об опыте применения лазерного витреолизиса для лечения посттравматического и диабетического гемофтальма, с эффективностью до 73,3% на фоне консервативного лечения. Эффектив-

ность методики авторы оценивали по снижению плотности плавающих помутнений по данным ультразвукового исследования [43, 44]. Также существуют работы, в которых сообщается об эффективности лазерного витреолизиса в лечении увеитов с образованием воспалительных инфильтратов ввиду отсутствия эффективности медикаментозной монотерапии. Авторы отмечают улучшение остроты зрения пациентов на 1-4 строчки в 66,6% случаев на фоне консервативного лечения [45].

Стоит отметить, что на сегодняшний день в доступной литературе недостаточно данных, касающихся изучения безопасности YAG-лазерного витреолизиса. Также отсутствуют единые критерии оценки эффективности лечения, в том числе в зависимости от исходного типа помутнений. Не определены показания и противопоказания к данной процедуре [23].

Для оценки безопасности лазерного воздействия в стекловидном теле помимо офтальмоскопии и контроля внутриглазного давления было предложено применение метода компьютерной микропериметрии. В ходе исследования было отмечено отсутствие образования лазериндуцированных скотом в центральном поле зрения, что свидетельствует об интактности сетчатки после проведения YAG-лазерного витреолизиса [27]. Тем не менее, необходимо проведение дальнейших исследований в данном направлении.

Заключение

Важность точной диагностики и совершенствования современных методов лечения помутнений стекловидного тела обусловлена высоким уровнем субъективных жалоб пациентов и их потребностью в высоком качестве зрения. Отсутствие общепринятых стандартов диагностики органа зрения при ПСТ, оценки их влияния на зрительные функции представляет определенные трудности при выборе необходимого метода лечения пациентов. Разработка алгоритма обследования пациентов с применением современных методов несомненно представляется одной из важнейших задач.

Анализ имеющихся на сегодняшний день исследований в данном направлении свидетельствует о тенденции к выбору активной и неинвазивной тактики лечения ПСТ. С учетом совершенствования лазерных установок и развития диагностических методов оценки анатомо-функционального состояния глаза в настоящее время имеются все предпосылки к широкому распространению Nd:YAG – лазерного витреолизиса в клинической практике.

Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Национального медицинского исследовательского центра Межотраслевого научно-технического комплекса «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, г. Москва.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Webb BF, Webb JR, Schroeder MC, North CS. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smartphone users. *Int J Ophthalmol.* 2013 Jun 18;6(3):402-5. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27. Print 2013.
2. 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):2123-29. doi: 10.1074/jbc.275.3.2123
3. Насникова ИЮ, Харлап СИ, Круглова ЕВ. Пространственная ультразвуковая диагностика заболеваний глаза и орбиты: клин рук. Москва: РАМН; 2004. 156 с.
4. Sebag J. Age-related changes in human vitreous structure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1987;25(2):89-93. doi: 10.1007/BF02160337
5. Sebag J. To see the invisible: the quest of imaging vitreous. In: Meyer CH, ed. *Vital Dyes in Vitreoretinal Surgery.* *Dev Ophthalmol.* Basel: Karger; 2008;42. p. 5-28. <http://www.vmrinstitute.com/wp-content/uploads/2013/09/To-See-the-Invisible-2008.pdf>
6. Eisner G. Biomicroscopy of the peripheral fundus. New York: Springer Verlag; 1973. 97 p.
7. Theopold H, Faulborn J. Scanning electron microscopic aspects of the vitreous body: technique of preparation. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* 1980;214(1):33-38. doi: 10.1007/BF00414534
8. Wang J, McLeod D, Henson DB, Bishop PN. Age-dependent changes in the basal retinovitreal adhesion. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003 May;44(5):1793-800. doi:10.1167/iovs.02-0802
9. Foos RY. Vitreoretinal juncture over retinal vessels. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* 1977 Dec 31;204(4):223-34. doi: 10.1007/BF00415316
10. Sebag J. Anatomy and pathology of the vitreo-retinal interface. *Eye.* 1992; 6(6):541-52. doi: 10.1038/eye.1992.119
11. Worst J, Los LI, eds. Cisternal anatomy of the vitreous. New York: Kugler Publication – Amsterdam; 1995. 148 p.
12. Кислицына НМ, Новиков СВ, Колесник СВ, Веселкова МП. Анатомо-топографические особенности передних кортикальных слоев стекловидного тела. *Офтальмохирургия.* 2017;(1):66-71. doi: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-1-66-71>
13. Sebag J, Yee KM, Wa CA, Huang LC, Sadun AA. Vitrectomy for floaters: prospective efficacy analyses and

- retrospective safety profile. *Retina*. 2014 Jun;34(6):1062-68. doi: 10.1097/IAE.0000000000000065
14. Foos RY, Wheeler NC. Vitreoretinal juncture. Synchysis senilis and posterior vitreous detachment. *Ophthalmology*. 1982 Dec;89(12):1502-12. doi: 10.1016/S0161-6420(82)34610-2
15. Saxena S, Jalali S, Verma L, Pathengay A. Management of vitreous haemorrhage. *Indian J Ophthalmol*. 2003;51(2):189-96. <http://www.ijo.in/text.asp?2003/51/2/189/14702>
16. Spraul CW, Grossniklaus HE. Vitreous Hemorrhage. *Surv Ophthalmol*. 1997 Jul-Aug;42(1):3-39. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0039-6257\(97\)84041-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0039-6257(97)84041-6)
17. Coupland SE. The pathologist's perspective on vitreous opacities. *Eye (Lond)*. 2008 Oct;22(10):1318-29. doi: 10.1038/eye.2008.31
18. Johnson MW. Posterior vitreous detachment: evolution and complications of its early stages. *Am J Ophthalmol*. 2010 Mar;149(3):371-82.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2009.11.022
19. Kador PF, Wyman M. Asteroid hyalosis: pathogenesis and prospects for prevention. *Eye (Lond)*. 2008 Oct;22(10):1278-85. doi: 10.1038/eye.2008.35
20. 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 Jan 22;56(3):1611-17. doi: 10.1167/iov.14-15414
21. Karickhoff JR, ed. Laser treatment of eye floaters. Washington: Washington medical publishing; 2005. 203 p.
22. Tsai WF, Chen YC, Su CY. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser. *Br J Ophthalmol*. 1993 Aug;77(8):485-88. doi: 10.1136/bjo.77.8.485
23. Педанова ЕК, Крыль ЛА, Качалина ГФ. Первые результаты YAG-лазерного витреолизиса на установке Ultra Q Reflex. *Соврем Технологии в Офтальмологии*. 2016;(1):179-81. <http://www.eyepress.ru/article.aspx?20114>
24. Schwartz SG, Flynn HW Jr, Fisher YL. "Floater scotoma" demonstrated on spectral-domain optical coherence tomography and caused by vitreous opacification. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2013 Jul-Aug;44(4):415-18. doi: 10.3928/23258160-20130715-14
25. Wagle AM, Lim WY, Yap TP, Neelam K, Au Eong KG. Utility values associated with vitreous floaters. *Am J Ophthalmol*. 2011 Jul;152(1):60-65.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2011.01.026
26. de Nie KF, Crama N, Tilanus MA, Klevering BJ, Boon CJ. Pars plana vitrectomy for disturbing primary vitreous floaters: clinical outcome and patient satisfaction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013 May;251(5):1373-82. doi: 10.1007/s00417-012-2205-3
27. Дога АВ, Педанова ЕК, Клепинина ОБ, Буряков ДА, Нормав БА. Анализ функциональных показателей у пациентов с помутнениями стекловидного тела после YAG – лазерного витреолизиса. *Соврем Технологии в Офтальмологии*. 2017;(1):73-77. <http://www.eyepress.ru/article.aspx?23279>
28. Elliott DB, Sanderson K, Conkey A. The reliability of the Pelli-Robson contrast sensitivity chart. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1990 Jan;10(1):21-24. doi: 10.1111/j.1475-1313.1990.tb01100.x
29. Hohberger B, Laemmer R, Adler W, Juennemann AG, Horn FK. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC 6500: influence of age and glare. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007 Dec;245(12):1805-14. doi: 10.1007/s00417-007-0662-x
30. Bach M. The Freiburg Visual Acuity Test - automatic measurement of visual acuity. *Optom Vis Sci*. 1996 Jan;73(1):49-53. doi: 10.1007/s00417-006-0474-4
31. Tan JC, Spalton DJ, Arden GB. The effect of neodymium: YAG capsulotomy on contrast sensitivity and the evaluation of methods for its assessment. *Ophthalmology*. 1999 Apr;106(4):703-9. doi:10.1016/S0161-6420(99)90154-9
32. Woods RL, Tregear SJ, Mitchell RA. Screening for ophthalmic disease in older subjects using visual acuity and contrast sensitivity. *Ophthalmology*. 1998 Dec;105(12):2318-26. doi:10.1016/S0161-6420(98)91235-0
33. Нормав БА, Дога АВ, Буряков ДА, Клепинина ОБ. Сравнительная оценка энергетических параметров YAG-лазерного воздействия при лечении различных типов помутнений стекловидного тела. *Соврем Технологии в Офтальмологии*. 2017;(4):153-57. <http://www.eyepress.ru/article.aspx?24752>
34. Khoshnevis M, Sebag J. Pharmacologic vitreolysis with ocriplasmin: rationale for use and therapeutic potential in vitreo-retinal disorders. *BioDrugs*. 2015 Apr;29(2):103-12. doi: 10.1007/s40259-015-0120-y
35. Stalmans P, Benz MS, Gandorfer A, Kampik A, Pakola S, Haller JA. Enzymatic vitreolysis with ocriplasmin for vitreomacular traction and macular holes. *N Engl J Med*. 2012; 367(7): 606-15. doi:10.1056/NEJ-Moa1110823
36. Tan HS, Mura M, LesnikOberstein SY, Bijl HM. Safety of vitrectomy for floaters. *Am J Ophthalmol*. 2011 Jun;151(6):995-98. doi: 10.1016/j.ajo.2011.01.005
37. Delaney YM, Oyinloye A, Benjamin L. Nd:YAG vitreolysis and pars plana vitrectomy: surgical treatment for vitreous floaters. *Eye (Lond)*. 2002 Jan;16(1):21-26. doi: 10.1038/sj.eye.6700026
38. Kunimoto DY, Kaiser RS; Wills Eye Retina Service. Incidence of endophthalmitis after 20-and 25-gauge vitrectomy. *Ophthalmology*. 2007 Dec;114(12):2133-7. doi:10.1016/j.ophtha.2007.08.009
39. Little HL, Jack RL. Q-switched neodymium: YAG laser surgery of the vitreous. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1986;224(3):240-46. doi:10.1007/BF02143063
40. Vandorselaer T, Van De Velde F, Tassignon MJ. Eligibility criteria for Nd-YAG laser treatment of highly symptomatic vitreous floaters. *Bull Soc Belge Ophthalmol*. 2001;(280):15-19. http://lnx.miodesopsie.it/miodesopsie_php/Docs/Tassignon.pdf
41. Aron-Rosa D, Greenspan DA. Neodymium:YAG laser vitreolysis. *Int Ophthalmol Clin*. 1985 Fall;25(3):125-34.
42. Fankhauser F, Kwasniewska S, van der Zypen E. Vitreolysis with the Q-switched laser. *Arch Ophthalmol*. 1985 Aug;103(8):1166-71. doi:10.1001/archophth.1985.01050080078025
43. Алиева НИ, Касимов ЭМ. Оценка эффективности лечения диабетического гемофтальма. *Офтальмология*. 2013;(3):21-24. <http://www.oftalmologiya.az/journal/articles/2013/13/21-25.pdf>
44. Иванов АН. Создание оптимальных условий методом Nd:YAG-лазерной деструкции перед витректомией. *Вестн Оренбург гос ун-та*. 2014;(12):140-42. http://vestnik.osu.ru/2014_12/34.pdf
45. Иванов АН, Танковский ВЭ, Мизерова ОВ. YAG – лазерная деструкция экссудата в передней камере с артефакцией и YAG – лазерный витреолизис у больных с увеитами. *Вестн Оренбург Гос Ун-та*. 2013; (4):102-4. http://vestnik.osu.ru/2013_4/26.pdf

REFERENCES

1. Webb BF, Webb JR, Schroeder MC, North CS. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smartphone users. *Int J Ophthalmol*. 2013 Jun 18;6(3):402-5. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27. Print 2013.
2. 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):2123-29. doi: 10.1074/jbc.275.3.2123
3. Nasnikova Iiu, Kharlap SI, Kruglova EV. Prostranstvennaia ul'trazvukovaia diagnostika zabolevaniia glaza i orbity: klin ruk. Moscow: RAMN; 2004. 156 p. (in Russ.)
4. Sebag J. Age-related changes in human vitreous structure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1987;25(2):89-93. doi: 10.1007/BF02160337
5. Sebag J. To see the invisible: the quest of imaging vitreous. In: Meyer CH, ed. *Vital Dyes in Vitreoretinal Surgery*. Dev Ophthalmol. Basel: Karger; 2008;42. p. 5-28. <http://www.vmrinstitute.com/wp-content/uploads/2013/09/To-See-the-Invisible-2008.pdf>
6. Eisner G. Biomicroscopy of the peripheral fundus. New York: Springer Verlag; 1973. 97 p.
7. Theopold H, Faulborn J. Scanning electron microscopic aspects of the vitreous body: technique of preparation. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1980;214(1):33-38. doi: 10.1007/BF00414534
8. Wang J, McLeod D, Henson DB, Bishop PN. Age-dependent changes in the basal retinovitreal adhesion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003 May;44(5):1793-800. doi:10.1167/iovs.02-0802
9. Foos RY. Vitreoretinal juncture over retinal vessels. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1977 Dec 31;204(4):223-34. doi: 10.1007/BF00415316
10. Sebag J. Anatomy and pathology of the vitreo-retinal interface. *Eye*. 1992; 6(6):541-52. doi: 10.1038/eye.1992.119
11. Worst J, Los LI, eds. Cisternal anatomy of the vitreous. New York: Kugler Publication – Amsterdam; 1995. 148 p.
12. Kislitsyna NM, Novikov SV, Kolesnik SV, Veselkova MP. Anatomical and topographical features of anterior vitreous cortex. *Oftal'mokhirurgii*. 2017;(1):66-71. doi: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-1-66-71> (in Russ.)
13. Sebag J, Yee KM, Wa CA, Huang LC, Sadun AA. Vitrectomy for floaters: prospective efficacy analyses and retrospective safety profile. *Retina*. 2014 Jun;34(6):1062-68. doi: 10.1097/IAE.0000000000000065
14. Foos RY, Wheeler NC. Vitreoretinal juncture. Synchrony senilis and posterior vitreous detachment. *Ophthalmology*. 1982 Dec;89(12):1502-12. doi: 10.1016/S0161-6420(82)34610-2
15. Saxena S, Jalali S, Verma L, Pathengay A. Management of vitreous haemorrhage. *Indian J Ophthalmol*. 2003;51(2):189-96. <http://www.ijo.in/text.asp?2003/51/2/189/14702>
16. Spraul CW, Grossniklaus HE. Vitreous Hemorrhage. *Surv Ophthalmol*. 1997 Jul-Aug;42(1):3-39. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0039-6257\(97\)84041-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0039-6257(97)84041-6)
17. Coupland SE. The pathologist's perspective on vitreous opacities. *Eye (Lond)*. 2008 Oct;22(10):1318-29. doi: 10.1038/eye.2008.31
18. Johnson MW. Posterior vitreous detachment: evolution and complications of its early stages. *Am J Ophthalmol*. 2010 Mar;149(3):371-82.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2009.11.022
19. Kador PF, Wyman M. Asteroid hyalosis: pathogenesis and prospects for prevention. *Eye (Lond)*. 2008 Oct;22(10):1278-85. doi: 10.1038/eye.2008.35
20. 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 Jan 22;56(3):1611-17. doi: 10.1167/iovs.14-15414
21. Karickhoff JR, ed. Laser treatment of eye floaters. Washington: Washington medical publishing; 2005. 203 p.
22. Tsai WF, Chen YC, Su CY. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser. *Br J Ophthalmol*. 1993 Aug;77(8):485-88. doi: 10.1136/bjo.77.8.485
23. Pedanova EK, Kryl' LA, Kachalina GF. Per-vye rezul'taty YAG-lazernogo vitreolizisa na ustanovke Ultra Q Reflex. *Sovrem Tekhnologii v Oftal'mologii*. 2016;(1):179-81. <http://www.eyepress.ru/article.aspx?20114>. (in Russ.)
24. Schwartz SG, Flynn HW Jr, Fisher YL. "Floater scotoma" demonstrated on spectral-domain optical coherence tomography and caused by vitreous opacification. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2013 Jul-Aug;44(4):415-18. doi: 10.3928/23258160-20130715-14
25. Wagle AM, Lim WY, Yap TP, Neelam K, Au Eong KG. Utility values associated with vitreous floaters. *Am J Ophthalmol*. 2011 Jul;152(1):60-65.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2011.01.026
26. de Nie KF, Crama N, Tilanus MA, Klevering BJ, Boon CJ. Pars plana vitrectomy for disturbing primary vitreous floaters: clinical outcome and patient satisfaction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013 May;251(5):1373-82. doi: 10.1007/s00417-012-2205-3
27. Doga AV, Pedanova EK, Klepinina OB, Buriakov DA, Normaev BA. Analiz funkcional'nykh pokazatelei u patsientov s pomutneniiami steklovidnogo tela posle YAG – lazernogo vitreolizisa. *Sovrem Tekhnologii v Oftal'mologii*. 2017;(1):73-77. <http://www.eyepress.ru/article.aspx?23279>. (in Russ.)
28. Elliott DB, Sanderson K, Conkey A. The reliability of the Pelli-Robson contrast sensitivity chart. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1990 Jan;10(1):21-24. doi: 10.1111/j.1475-1313.1990.tb01100.x
29. Hohberger B, Laemmer R, Adler W, Juene-mann AG, Horn FK. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC 6500: influence of age and glare. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007 Dec;245(12):1805-14. doi: 10.1007/s00417-007-0662-x
30. Bach M. The Freiburg Visual Acuity Test - automatic measurement of visual acuity. *Optom Vis Sci*. 1996 Jan;73(1):49-53. doi: 10.1007/s00417-006-0474-4
31. Tan JC, Spalton DJ, Arden GB. The effect of neodymium: YAG capsulotomy on contrast sensitivity and the evaluation of methods for its assessment. *Ophthalmology*. 1999 Apr;106(4):703-9. doi:10.1016/S0161-6420(99)90154-9
32. Woods RL, Tregear SJ, Mitchell RA. Screening for ophthalmic disease in older subjects using visual acuity and contrast sensitivity. *Ophthalmology*. 1998 Dec;105(12):2318-26. doi:10.1016/S0161-6420(98)91235-0
33. Normaev BA, Doga AV, Buriakov DA, Klepinina OB. Sravnitel'naia otsenka energeticheskikh parametrov YAG-lazernogo vozdeistviia pri lechenii razlichnykh tipov pomutnenii steklovidnogo tela. *Sovrem Tekhnologii v Oftal'mologii*. 2017;(4):153-57. <http://>

www.eyepress.ru/article.aspx?24752 (in Russ.)

34. Khoshnevis M, Sebag J. Pharmacologic vitreolysis with ocriplasmin: rationale for use and therapeutic potential in vitreo-retinal disorders. *BioDrugs*. 2015 Apr;29(2):103-12. doi: 10.1007/s40259-015-0120-y
35. Stalmans P, Benz MS, Gandorfer A, Kampik A, Pakola S, Haller JA. Enzymatic vitreolysis with ocriplasmin for vitreomacular traction and macular holes. *N Engl J Med*. 2012; 367(7): 606-15. doi:10.1056/NEJMoa1110823
36. Tan HS, Mura M, Lesnik Oberstein SY, Bijl HM. Safety of vitrectomy for floaters. *Am J Ophthalmol*. 2011 Jun;151(6):995-98. doi: 10.1016/j.ajo.2011.01.005
37. Delaney YM, Oyinloye A, Benjamin L. Nd:YAG vitreolysis and pars plana vitrectomy: surgical treatment for vitreous floaters. *Eye (Lond)*. 2002 Jan;16(1):21-26. doi: 10.1038/sj.eye.6700026
38. Kunimoto DY, Kaiser RS, Wills Eye Retina Service. Incidence of endophthalmitis after 20- and 25-gauge vitrectomy. *Ophthalmology*. 2007 Dec;114(12):2133-7. doi:10.1016/j.ophtha.2007.08.009
39. Little HL, Jack RL. Q-switched neodymium: YAG laser surgery of the vitreous. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1986;224(3):240-46. doi:10.1007/BF02143063
40. Vandorselaer T, Van De Velde F, Tassignon MJ.

- Eligibility criteria for Nd-YAG laser treatment of highly symptomatic vitreous floaters. *Bull Soc Belge Ophthalmol*. 2001;(280):15-19. http://Inx.miodesopsie.it/miodesopsie_php/Docs/Taussignon.pdf
41. Aron-Rosa D, Greenspan DA. Neodymium:YAG laser vitreolysis. *Int Ophthalmol Clin*. 1985 Fall;25(3):125-34.
42. Fankhauser F, Kwasniewska S, van der Zypen E. Vitreolysis with the Q-switched laser. *Arch Ophthalmol*. 1985 Aug;103(8):1166-71. doi:10.1001/archophth.1985.01050080078025
43. Alyeva NI, Kasimov EM. Estimation of the efficiency of the treatment of diabetic vitreous hemophthalmos. *Oftal'mologiya*. 2013;(3):21-24. <http://www.ofthalmologiya.az/journal/articles/2013/13/21-25.pdf>. (in Russ.)
44. Ivanov A.N. Creation of optimal conditions by ND-YAG laser destruction before vitrectomy. *Vestn Orenburg gos un-ta*. 2014;(12):140-42. http://vestnik.osu.ru/2014_12/34.pdf (in Russ.)
45. Ivanov AN, Tankovskiy VE, Mizerova OV. YAG laser destruction of exudate in anterior chamber with pseudophakia and yag laser vitreolysis in patients with uveitis. *Vestn Orenburg Gos Un-ta*. 2013; (4):102-4. http://vestnik.osu.ru/2013_4/26.pdf (in Russ.)

Адрес для корреспонденции

127486, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Бескудниковский бульвар, 59А,
Национальный медицинский исследовательский
центр «Межотраслевой научно-технический
комплекс «Микрохирургия глаза»
имени акад. С.Н.Федорова»,
отдел лазерной хирургии сетчатки,
тел.моб. +79651896925,
E-mail: normaev.b.a@mail.ru,
Нормаев Бадма Аркадьевич

Address for correspondence

127486, The Russian Federation,
Moscow, Beskudnikovsky Boul., 59A,
S. Fyodorov Eye Microsurgery
Federal State Institution,
Department of the Retinal Laser Surgery,
Tel. mobile +79651896925,
e-mail: normaev.b.a@mail.ru,
Badma A. Normaev

Сведения об авторах

Дога Александр Викторович, д.м.н., профессор,
заместитель генерального директора по научно-клинической работе, ФГАУ МНИЦ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.
<http://orcid.org/0000-0003-2519-8941>

Буряков Дмитрий Анатольевич, к.м.н., младший научный сотрудник отдела лазерной хирургии сетчатки, ФГАУ МНИЦ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.
<http://orcid.org/0000-0002-4528-1446>

Нормаев Бадма Аркадьевич, очный аспирант отдела лазерной хирургии сетчатки, ФГАУ МНИЦ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.
<http://orcid.org/0000-0003-3627-2908>

Информация о статье

Поступила 3 ноября 2017 г.
Принята в печать 7 мая 2018 г.
Доступна на сайте 30 август 2018 г.

Information about the authors

Doga Alexander V., MD, Professor, Deputy General Director for Scientific and Clinical Work, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation.
<http://orcid.org/0000-0003-2519-8941>

Buryakov Dmitry A., PhD, Junior Researcher of the Department of the Retinal Laser Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation.
<http://orcid.org/0000-0002-4528-1446>

Normaev Badma A., Day-Time Post-Graduate Student of the Department of the Retinal Laser Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation.
<http://orcid.org/0000-0003-3627-2908>

Article history

Arrived 03 November 2017
Accepted for publication 7 May 2018
Available online 30 August 2018